

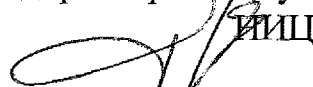


Акционерное общество
«Летно-исследовательский институт имени М.М.Громова»

АСПИРАНТУРА

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора по науке - начальник


ИИЦ

К.В. Деев

« 27 » 09 2021 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

по

«СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ»


Направление подготовки: 24.06.01 – «Авиационная и ракетно-космическая техника»,
специальность 05.07.07 - «Контроль и испытание летательных аппаратов и их систем»;
специальность 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Форма обучения: заочная

Жуковский – 2021 г.

СОГЛАСОВАНО:
Заведующий Аспирантурой

Разработана в соответствии с
Федеральными государственными
требованиями, утвержденными
приказом Минобрнауки
от 16.03.2011 № 1365



(подпись, ФИО) Е.Г.Харин

« 26 » Июня 2021 года

Разработчики: преподаватели аспирантуры: Копылов И.А., д.т.н.
Поплавский Б.К., д.т.н., Якушев А.Ф., к.т.н., Сироткин Г.Н., к.т.н.,
Степаненко А.Н., к.т.н., Арнаутов Е.В., к.т.н.,

1. Общие положения

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине для направления подготовки: 24.06.01. «Авиационная и ракетно-космическая техника» разработана в соответствии с федеральными требованиями государственного стандарта.

2. Цель вступительного испытания

Целью проведения вступительного испытания по специальной дисциплине является — определение уровня фундаментальных знаний у поступающего в аспирантуру, сформированных универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций по избранной специальности, способности креативного мышления и умения применять практические знания для решения научно-практических задач.

3. Знания, умения и навыки, оцениваемые на вступительном испытании

Знать:

- методологию теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники;
- теорию исследований математических и программных моделей изделий и процессов, связанных с функционированием объектов авиационной и ракетно-космической техники;
- перспективные методы исследований и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники;

Уметь:

- использовать новейшие информационно-коммуникационные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники;
- создавать и исследовать математические и программные модели изделий и процессов, связанных с функционированием объектов авиационной и ракетно-космической техники;
- проводить разработку и исследование методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования авиационной и ракетно-космической техники;

Владеть:

- способностью выбирать и преобразовывать математические модели явлений, процессов и систем в области ракетно-космической техники с целью их исследования и реализации средствами вычислительной техники;

4. Структура и содержание испытания

4.1. Экзаменационное задание

Экзаменационное задание состоит из трех частей:

1. *Защита реферата по специальной дисциплине.*
2. *Задания по избранной научной специальности;*
3. *Задания по высшей математике.*

Такая структура соответствует традиции и тому уровню требований, сложившийся в аспирантуре со дня ее основания.

1. часть: Реферат (требования к вступительному реферату в аспирантуру)

Написание реферата является обязательным условием допуска к сдаче вступительных экзаменов в аспирантуру.

Реферат пишется *только в случае отсутствия печатных работ* поступающего.

Если есть печатные работы, то они предъявляются вместо реферата (список опубликованных работ оформлять в соответствии с формой, представленной на стенде).

При выборе темы реферата необходимо исходить, прежде всего, из ее актуальности, а также собственных научных интересов по выбранному для обучения в аспирантуре направлению подготовки.

Тема реферата определяется поступающим самостоятельно исходя из темы предполагаемого диссертационного исследования.

Реферат для поступления в аспирантуру выполняется в объеме от 20 до 25 машинописных страниц с полями 3 см. с левого края, 1,5 см. с правого края, по 2 см. сверху и снизу листа.

Выравнивание по ширине.

Интервал – 1,5, кегль – 14, шрифт – TimesNewRoman, отступ абзаца – 1 см.

Цель написания реферата:

-показать, что поступающий в аспирантуру имеет необходимые теоретические и практические знания по выбранному направлению научной деятельности;

-продемонстрировать соответствующий уровень владения основами научной методологии;

-продемонстрировать наличие самостоятельного исследовательского мышления.

Структура реферата:

- Содержание.
- Аннотация (3-4 абзаца).
- Введение (не более 3-4 страниц).

Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект и предмет исследования, основные цели и задачи исследования.

- Основная часть состоит из 2-3 разделов.

В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор литературы по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению.

Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы.

Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.

- Заключение (1-2 страницы).

В заключении кратко излагаются методы дальнейшего исследования, а также предполагаемые научные результаты.

- Список использованной литературы (не меньше 15 источников) в алфавитном порядке, оформленный в соответствии с принятыми правилами.

В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет.

- Приложение (при необходимости).

Акционерное общество
«Летно-исследовательский институт имени М.М.Громова»



РЕФЕРАТ

к вступительному экзамену по направлению подготовки:
24.06.01. «АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА»
Научная специальность: _____

ТЕМА

Исполнитель:

Проверил

Жуковский - 20__ г.

Образец
Оформления списка опубликованных работ

СПИСОК
научных и учебно-методических работ
поступающего в аспирантуру на направление подготовки
24.06.01. «Авиационная и ракетно-космическая техника»

(Фамилия, имя, отчество)

Наименование работы	Форма работы (печат., рук. или электрон.)	Выходные данные (город, изд-во, год, стр.)	Объем в п.л. или с.	Соавторы (фамилия, инициалы)
1	2	3	4	5
<i>а) научные работы</i>				

Поступающий в аспирантуру
(фамилия, имя, отчество)

Дата, подпись

2 часть: Задания по избранной научной специальности;

ЗАДАНИЕ I. ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ

1. Скорость и ускорение, элементарной частицы. Координаты Эйлера. Полная и локальная (местная) производные. Линии тока и траектории. Установившееся и неустойчивое движение.
2. Идеальная и несжимаемая жидкость. Уравнение движения, уравнение неразрывности, уравнение Бернулли.
3. Двухмерное безвихревое движение. Функции тока, потенциал. Присоединенный вихрь. Теорема Жуковского, происхождение подъемной силы.
4. Индуктивное сопротивление, скос за крылом.
5. Уравнение состояния газа. Газовая постоянная. Теплоемкость, удельная теплоемкость для постоянного «Р» и «V». Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия газов и теплосодержание (энтальпия). Понятие энтропии как функции состояния. Обратимые и необратимые процессы. Изменение энтропии при обратимых и необратимых процессах.
6. Ударная волна. Скачок уплотнения. Скорость звука.
7. Адиабатическое течение газа в струйке. Зависимость температуры, ρ и Р от скорости. Измерение скорости при помощи приемника воздушного давления в дозвуковом и сверхзвуковом потоке. Формула Релея.
8. Стреловидные и треугольные крылья и оперения, их аэродинамические характеристики.
9. Поляра, $C_y(\alpha)$, лобовое сопротивление самолета. Влияние сжимаемости.
10. Основные летно-технические характеристики самолета.

ЗАДАНИЕ II. УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ САМОЛЕТА

1. Системы осей координат: земная, связанная, скоростная; переход от одной системы к другой. Угловые координаты: угол тангажа, угол рыскания, угол крена. Углы атаки и скольжения. Вектор скорости, его ориентировка относительно земли (путевой угол, угол наклона траектории) и осей координат. Проекции угловых скоростей на связанные оси, их связь с углами тангажа, крена, рыскания.
2. Силы и моменты, действующие на самолет в неустойчивом движении. Их зависимость от основных параметров: числа М и угла атаки.
3. Уравнения движения самолета в общем случае. Метод малых возмущений, и уравнения в вариациях. Разделение на продольное и боковое движение. Физические основы возможности разделения.
4. Уравнение продольного движения в вариациях. Характеристическое уравнение. Разделение на короткопериодическое и длиннопериодическое движение. Физические основы разделения.
5. Шарнирные моменты органов управления самолетом. Усилия на рычагах управления. Способы уменьшения шарнирных моментов. Устойчивость самолета с освобожденным управлением.
6. Продольная статистическая устойчивость самолета по скорости полета и по перегрузке. Аэродинамический фокус крыла и самолета. Нейтральные

центровки по скорости и перегрузке. Балансировочные кривые самолета по скорости и перегрузке, суждение по ним об устойчивости самолета.

7. Уравнения бокового движения самолета. Характеристическое уравнение. Статическая путевая и поперечная устойчивость. Влияние их соотношения на боковую устойчивость, зависимость коэффициентов путевой и поперечной устойчивости от числа M , формы крыльев и угла атаки. Три типа бокового возмущенного движения: спиральное, колебательное, апериодическое движение крена. Границы устойчивости в боковом движении. Критерии и показатели боковой динамической устойчивости.

8. Балансировочные кривые в установившемся полете с креном.

9. Характеристики поперечной управляемости. Реакция самолета по крену на отклонение руля направления.

10. Продольная динамическая устойчивость. Критерии продольной динамической устойчивости. Частотные характеристики.

11. Системы дистанционного управления (СДУ) и системы улучшения устойчивости (СУУ). Улучшение характеристик устойчивости и управляемости с помощью СУУ.

12. Основные понятия об устойчивости линейных систем регулирования. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости. Построение областей устойчивости. D -разбиение.

13. Особенности устойчивости и управляемости современных самолетов при больших угловых скоростях крена. Критические угловые скорости крена.

14. Основные методы определения характеристик устойчивости и управляемости при летных испытаниях.

15. Особенности устойчивости и управляемости самолетов на больших углах атаки.

16. Сваливание самолета. Классификация типов сваливания. Методы вывода самолетов из сваливания.

17. Штопор самолета. Классификация типов штопора и методов вывода из них.

ЗАДАНИЕ III. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

1. Случайные явления. Вероятности событий. Статистический подход. Определение вероятностей. Аксиомы теории вероятности. Условные вероятности. Вероятности сложных событий. Распределение Пуассона.

2. Случайные величины. Основные свойства функции распределения случайной величины. Непрерывные и дискретные распределения случайных величин. Функции случайных величин.

3. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание. Дисперсия. Теоремы о математическом ожидании и дисперсии. Другие числовые характеристики случайных величин. Одномерное нормальное распределение.

4 Понятие выборки. Определение выборки случайных величин. Распределения выборки и выборочные характеристики.

5 Оценивание параметров распределений. Основные задачи математической статистики. Оценивание статических характеристик. Оценки математического ожидания и дисперсии случайной величины.

ЗАДАНИЕ IV. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

1. Понятие надежности. Классификация изделий при оценке надежности. Отказы, виды отказов и их классификация. Количественные характеристики и показатели надежности: вероятность безотказной работы, параметр потока и интенсивность отказов, среднее время безотказной работы, наработка на отказ.

2. Надежность элемента. Внезапные отказы элемента и экспоненциальный закон распределения. Постепенные отказы элемента и нормальный закон распределения. Совместное действие внезапных и постепенных отказов. Закон Вейбулла и его использование. Стареющие элементы. Применение экспоненциального закона при оценке надежности стареющих элементов. Пуассоновский поток отказов.

3. Основные понятия теории резервирования. Нагруженный резерв. Расчет надежности нагруженного резерва. Оптимальное резервирование.

ЗАДАНИЕ V ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

1 Основные понятия, структура и взаимосвязь эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ). Влияние ЭТХ на эффективность эксплуатации летательного аппарата (ЛА).

2 Основные положения комплексного подхода к обеспечению ЭТХ при создании ЛА. Комплексные программы обеспечения ЭТХ. Основные направления работ по обеспечению ЭТХ.

3 Основные положения информационной поддержки жизненного цикла изделий (ИПИ/PLM-технологии). Место работ по ЭТХ в рамках интегрированной логистической поддержки жизненного цикла и послепродажного обеспечения эксплуатации ЛА и их систем.

ЗАДАНИЕ VI БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

1 Принципы обеспечения безопасности полетов ЛА в составе авиационной системы. Основные показатели и этапы работ по обеспечению безопасности полетов при проектировании и испытаниях ЛА и их систем. Нормы летной годности и охраны окружающей среды в авиации (авиационные правила).

2 Факторы, влияющие на безопасность полета. Особые ситуации в полете. Методы оценки особых ситуаций при проектировании, летных испытаниях и в эксплуатации.

3 Предотвращение авиационных происшествий. Обработка и анализ полетной информации. Статистический анализ материалов по авиационным происшествиям.

ЗАДАНИЕ VII НАДЕЖНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ СИСТЕМ

1 Основные характеристики надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем. Методы расчета надежности систем: метод структурных схем, метод логических схем, табличный метод.

2 Оценка показателей надежности по результатам испытаний и эксплуатации.

3 Понятие ресурса элемента, виды ресурсов изделий. Ресурс элемента авиационной системы как показатель его долговечности. Установление ресурса элемента с учетом экономических факторов. Понятие оптимального ресурса.

ЗАДАНИЕ VIII КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И СИСТЕМА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

1. Задачи эксплуатационного контроля и методы их реализации. Понятие контролепригодности конструкции ЛА. Принципы обеспечения контролепригодности ЛА и их систем.

2. Классификация и структура средств эксплуатационного контроля. Бортовые и наземно-бортовые средства контроля. Наземные средства контроля. Средства неразрушающего контроля.

3. Показатели контролепригодности и их расчет. Оценка контролепригодности ЛА и системы эксплуатационного контроля при испытаниях.

ЗАДАНИЕ IX ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И СИСТЕМА ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

1 Система технического обслуживания (ТО) и эксплуатационная технологичность (ЭТ) ЛА. Основные составляющие системы ТО. Принципы комплексного подхода к обеспечению и оценке характеристик системы ТО. Основные показатели для оценки эффективности системы ТО и ЭТ ЛА. Средства наземного обслуживания (СНО), их назначение и классификация. Основные факторы, определяющие выбор СНО для конкретного типа ЛА.

2 Понятие ЭТ конструкции ЛА. Влияние на уровень ЭТ конструктивных, производственно-технологических и эксплуатационных факторов. Методы расчета и определения при испытаниях показателей ЭТ.

3 Методы эксплуатации и режимы ТО, основные понятия. Факторы, определяющие выбор метода эксплуатации. Принципы выбора эффективных работ по ТО ЛА и его систем. Программа ТО ЛА. Понятие эксплуатации ЛА и его систем по техническому состоянию.

ЗАДАНИЕ X ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. Общие сведения об атмосфере. Основные летно-технические характеристики ЛА.

2. Теория указателя скорости. Поправки к показаниям указателей скорости и высоты и методы их определения.

3. Определение основных летных характеристик ЛА по измерениям в полете. Характеристики устойчивости и управляемости ЛА.

4. Основные положения методов приведения летных характеристик ЛА к стандартным условиям.

ЗАДАНИЕ XI ДИНАМИЧЕСКАЯ И СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ САМОЛЕТА

1. Понятие о подобии. Критерии подобия по вязкости и сжимаемости (числа Рейнольдса, Маха). Зависимость основных аэродинамических сил и моментов от критериев подобия.

2. Поляра крыла самолета. Лобовое сопротивление самолета, поляра самолета первого и второго рода.

3. Основные кинематические параметры движения: проекция скорости на земные и связанные оси, связь между ними. Проекции угловых скоростей на связанные оси, их связь с углами тангажа, крена, рысканья.

4. Общие уравнения движения самолета в неустановившемся движении. Метод малых возмущений и уравнения в вариациях. Разделение на продольное и боковое движение. Физические основы возможности разделения.

5. Уравнения продольного движения в вариациях. Характеристическое уравнение. Разделение на короткопериодическое и длиннопериодическое движение. Приближенные уравнения короткопериодического и длиннопериодического движения – исходное движение – горизонтальное. Физические основы возможности разделения.

6. Движение самолета при ступенчатом и импульсном отклонении руля.

7. Понятие о статической устойчивости самолета. Перерасчет с одной центровки на другую. Продольная устойчивость по скорости и перегрузке, нейтральные центровки по скорости и перегрузке.

8. Уравнения боковой устойчивости самолета. Характеристическое уравнение. Коэффициенты статической устойчивости пути и поперечной устойчивости. Их зависимость от формы крыльев, угла атаки. Три типа боковых движений: спиральное, колебательное, креновое. Границы устойчивости в боковом движении.

9. Уравнения продольного движения самолета с идеальным автопилотом, реагирующим на угол тангажа и его производные. Характеристическое уравнение. Упрощение уравнения короткопериодического движения. Изменение частоты и демпфирования колебаний для современных летательных аппаратов в зависимости от скорости и высоты полета.

10. Уравнения бокового движения в случае идеального автопилота, реагирующего на углы крена, рыскания и их производные. Методы осу-

ществления координированного разворота.

ЗАДАНИЕ XII ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

1. Передаточные Функции. Структурные схемы. Типовые звенья системы автоматического регулирования: апериодическое звено, колебательное звено, интегрирующее звено. Понятие о статизме и астатизме.
2. Соединение звеньев направленного действия: последовательное соединение, параллельное соединение.
3. Передаточные функции разомкнутой системы.
4. Обратная связь, ее значение и физический смысл. Жесткая обратная связь, гибкая обратная связь.
5. Устойчивость систем автоматического регулирования. Основные понятия об устойчивости. Критерий Гаусса. Критерий Гурвица.
6. Частотные критерии устойчивости.
7. Суждение об устойчивости по обратным амплитудно-фазовым характеристикам разомкнутой системы.
8. Суждение об устойчивости по амплитудным и фазовым характеристикам.
9. Построение области устойчивости в плоскости двух параметров.
10. Частотные характеристики линейной модели системы. Логарифмические амплитудные и фазовые характеристики звеньев.
11. Некоторые свойства стабилизации. Охват звеньев жесткой обратной связью. Охват интегрирующего звена. Охват интегрирующих звеньев. Охват апериодического звена. Введение в закон регулирования первой производной. Введение в закон второй производной. Введение в закон регулирования интегралов, их значения и физический смысл.
12. Исследование качества процесса регулирования. Связь между переходным процессом и вещественной частотной характеристикой замкнутой системы. Некоторые свойства частотных характеристик и соответствующих им переходных процессов.
13. Стационарные случайные процессы. Гауссовские случайные процессы. Корреляционная и взаимно-корреляционная функция. Спектральная плотность. Связь между спектральной плотностью случайных процессов на входе и выходе линейной системы.
14. Общие сведения о нелинейных системах. Общие сведения о периодических режимах в нелинейных системах. Условия, при которых периодические режимы близки к гармоническим: гипотеза среза. Приближенное определение параметров автоколебаний методом гармонического баланса.
15. Рулевые агрегаты различных типов (гидравлические, пневматические и электрические). Их характеристики. Максимальные скорости рулевых агрегатов. Понятие о запаздывании рулевых агрегатов.
16. Бортовые цифровые вычислительные машины. Задачи, решаемые

БЦВМ. Особенности использования БЦВМ в контуре управления.

17. Комплексная система управления полетом. Контур управления САУ: траекторный, устойчивости и управляемости. Система дистанционного управления.

18. Исследование САУ с использованием ЦВМ. Понятие языка программирования. Моделирование на ПЭВМ.

ЗАДАНИЕ XIII ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ САМОЛЕТОВОЖДЕНИЯ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ. СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ.

1. Определение задач самолетовождения. Требования к ПНС при полетах по трассам ГА. Горизонтальное и вертикальное эшелонирование. Задача оптимизации режимов полета. Маршрутный, путевой и курсовой способы полета летательного аппарата по заданной траектории.

2. Основные задачи навигации и способы их решения. Определение навигации. Способы определения местоположения летательного аппарата. Навигационные элементы полета. Форма и размеры Земли. Основные системы координат, применяемые в навигации.

3. Задачи автоматического и полуавтоматического траекторного управления. Автоматическое и полуавтоматическое управление на маршруте при заходе на посадку. Автоматический и полуавтоматический взлет.

ЗАДАНИЕ XIV ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

1. Автономные средства определения пилотажно-навигационных параметров. Принципы построения, решаемые задачи и основные характеристики систем: гироскопических, курсовых, гировертикалей, инерциальных и астроинерциальных систем и курсовертикалей; спутниковых и инерциально-спутниковых навигационных систем, радиотехнических доплеровских измерителей скорости и угла сноса, радиовысотомеров, систем воздушных сигналов.

2. Неавтономные средства определения пилотажно-навигационных параметров. Принципы построения, решаемые задачи и основные характеристики систем: автоматических радиоконпасов, радиолокаторов, радиотехнических систем дальней и ближней навигации и посадки, систем межсамолетной навигации, спутниковых навигационных систем.

3. Системы автоматического управления. Автопилоты, принцип действия автопилота при управлении креном, углом тангажа, курсом. Принцип действия автопилота при управлении продольным и боковым движением центра масс самолета. Принцип действия, построение, решаемые задачи и основные характеристики САУ. Свойства человека, как звена в системе управления. Регулирование ТРД с помощью автомата тяги.

4. Системы отображения информации и пульты управления. Взаимодействие экипажа с ПМО. Сигнализация. Электронные СОИ. Автономные индикаторы.

ЗАДАНИЕ XV ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ САМОЛЕТОВ

1. Принципы построения ПНК. Структура ПНК. Резервирование. Контроль.

2. Алгоритмы ПНК. Алгоритмы обработки информации навигационных систем. Алгоритм задач навигации и самолетовождения. Алгоритмы управления ЛА. Алгоритмы оптимизации режимов полета самолетов, их создания, отработка и реализация.

3. Основные вопросы теории измерений и определение погрешностей ПНК. Эталоны. Погрешности и оценки. Распределения случайных величин и процессов. Оценка по материалам летных испытаний. Методические вопросы испытаний и оценки.

4. Методы оптимизации полетов самолетов и реализация их в ПНК. Основы теории оптимального управления. Метод нелинейного программирования, вариационные методы, метод динамического программирования. Основы теории случайных процессов.

ЗАДАНИЕ XVI МЕТОДОЛОГИЯ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПНК

1. Летные испытания как завершающий этап создания и оценки ПНК.

2. Роль и место летающих лабораторий в процессе летных испытаний ПНО.

3. Определение объема и планирование летного эксперимента.

4. Методические основы летных испытаний ПНК.

5. Определение действительных значений пилотажно-навигационных параметров.

6. Регистрация и обработка информации в ходе летных испытаний.

7. Методы и алгоритмы оценки точностных характеристик ПНК и систем.

8. Сертификация ПНК и систем.

9. Методы моделирования при летных испытаниях ПНК и систем.

ЗАДАНИЕ XVII ГАЗО-ТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ И ЕГО ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

1. Типы ГТД. Схемы (ТРД, ТРДД, ТРДФ, ТРДДФ, ТВВД). Принцип работы. Циклы теоретические и действительные. Понятие о коэффициенте полезного действия воздушно-реактивного двигателя.

2. Компрессор (осевой). Процесс. Коэффициент полезного действия. Треугольники скоростей. Устойчивость работы. Характеристики. Регулирование.

3. Турбины (осевая). Процесс. Коэффициент полезного действия. Характеристики.

4. Камера сгорания. Типы камер. Организация процесса горения и запуска. Характеристики. Особенности процесса при наличии диссоциации и ионизации.

5. Реактивное сопло. Сопла сужающиеся и расширяющиеся. Аэродинамические (ежекторные) сопла, режимы – течения в них: Регулирование и шумоглушащие устройства.

6. Входное устройство. Входное устройство для дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета. Устойчивость работы. Характеристики. Регулирование.

7. Системы двигателя и силовой установки.

8. Основные характеристики ГТД. Удельная тяга и удельный расход топлива. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива от степени повышения давления воздуха в компрессоре, температуры газов, к.п.д. элементов двигателя, степени форсирования для ТРДФ и ТРДДФ, степени двухконтурности для ТРДД и ТРДДФ, высоты и скорости полета. Тяга, расход топлива, расход воздуха.

9. Программы регулирования двигателя. Программы для обеспечения характеристик тяги и удельного расхода топлива. Регулирование для обеспечения эксплуатации характеристик двигателя.

10. Основы теории подобия ГТД. Теория подобия для равновесных и переходных режимов. Критерии подобия. Формулы теории подобия для параметров рабочего процесса.

11. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов.

12. Динамическое нагружение ГТД. Вибрации двигателя и переменные напряжения в его элементах. Основные источники колебаний в ГТД.

13. Основные методики испытаний. Классификация летных испытаний. Летящие лаборатории. Моделирование при летных испытаниях ГТД. Оценка получаемых характеристик по заданным критериям.

14. Раздел методики летных испытаний двигателя и силовой установки по специализации поступающего в аспирантуру.

ЗАДАНИЕ XVIII КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК И ОБОРУДОВАНИЯ

1. Основные сведения об измерениях

Основное уравнение измерений. Классификация измерений. Система единиц физических величин. Цифровое выражение информации. Количественные оценки информации.

Погрешности измерений. Классификация погрешностей. Случайные погрешности. Нормальный закон распределения случайных погрешностей. Мера точности. Критерий грубых погрешностей. Систематические погрешности.

2. Основы теории информации и передачи сигналов.

Количественная мера информации. Энтропия. Избыточность сообщения. Детерминированные, случайные сигналы. Фильтрация сигналов. Передача дискретных и непрерывных сообщений.

Пропускная способность. Эффективность передачи информации. Оценка помехоустойчивости. Корректирующее кодирование информации.

3. Измерительные информационные системы.

Структура, состав и классификация измерительных информационных систем. Основные элементы ИИС: датчики физических величин, усилители, регистрирующие устройства, устройства воспроизведения и ввода информации в ЭВМ. Бортовые системы измерений.

Преобразования, выполняемые элементами ИИС. Виды преобразователей: функциональный операционный, модуляционный.

Виды обработки измерительной информации. Экспресс-обработка. Первичная обработка. Вторичная обработка. Обработка в реальном времени. Вычислительные машины. Представление результатов обработки.

4. Исследование САУ с использованием ЦВМ. Понятие языка программирования. Моделирование на ПЭВМ.

5. Бортовые цифровые вычислительные машины. Задачи, решаемые БЦВМ. Особенности использования БЦВМ в контуре управления.

ЗАДАНИЕ XIX ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Событие. Вероятность и частота события. Случайная величина. Функция и плотность распределения вероятности (одномерная). Дискретное распределение. Среднее значение (математическое ожидание), средний квадрат, дисперсия, СКО случайной величины. Равномерное распределение. Преобразование случайной величины. Моменты. Неравенство Чебышева. Вероятность отклонения. Двумерная случайная величина, двумерная функция распределения и плотность вероятности. Коэффициент корреляции, коррелированные и некоррелированные величины. Распределение суммы двух случайных величин. Взаимные моменты. Гауссово (нормальное) распределение. Центральная предельная теорема. Взаимное нормальное распределение. Выборочный метод. Размер выборки. Гистограмма. Выборочные среднее и дисперсия. Несмещенные, эффективные и состоятельные оценки. Процентные точки распределения. Степени свободы. Доверительные интервал и вероятность. Проверка гипотез. Основные положения линейного регрессионного анализа.

ЗАДАНИЕ XXI ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Стационарные случайные процессы. Корреляционные функции. Нормированная корреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Функция спектральной плотности. Определение спектров с помощью корреляционной функции и через конечное преобразование Фурье. Взаимная спектральная плотность. Функция когерентности.

Эргодические и гауссовы (нормальные) случайные процессы. Достаточные условия эргодичности. Линейные преобразования случайных процессов, соотношения для линейных систем с одним входным процессом

(корреляционные и спектральные соотношения, когерентность, модели с посторонним шумом).

Оценивание характеристик случайных процессов (среднего значения, дисперсии, плотности распределения, корреляционной функции, спектральной плотности).

Нестационарные процессы: классификация и структура. Среднее значение нестационарного процесса, независимые реализации, коррелированные реализации. Спектр нестационарного процесса.

ЗАДАНИЕ XXII ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

Количественная мера информации. Энтропия. Избыточность сообщения. Детерминированные, случайные сигналы. Фильтрация сигналов. Передача дискретных и непрерывных сообщений.

Пропускная способность. Эффективность передачи информации. Оценка помехоустойчивости. Корректирующее кодирование информации.

ЗАДАНИЕ XXIII ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

Основные уравнения измерений. Классификация измерений. Единицы измерений. Цифровое выражение информации. Количественные оценки информации.

Прямые и косвенные измерения. Погрешности измерений. Классификация погрешностей. Случайные погрешности. Законы распределения случайных погрешностей. Мера точности. Критерии грубых погрешностей. Среднеквадратичные, срединные и квантильные погрешности. Абсолютная и относительная погрешности.

Суммирование составляющих результирующей погрешности. Аддитивные и мультипликативные составляющие, корреляция составляющих. Основная и дополнительная погрешность. Расчет погрешности результатов косвенных измерений.

ЗАДАНИЕ XXIV ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Структура, состав и классификация измерительных информационных систем. Основные элементы ИИС: датчики физических величин, усилители, средства регистрации и обработки измерительной информации.

Преобразования, выполняемые элементами ИИС. Виды преобразователей: функциональный, операционный, модуляционный.

Основные параметры ИИС: статическая характеристика, чувствительность, порог чувствительности, динамическая характеристика, передаточная и переходная функции. Передаточная и переходная функции линейных систем первого и второго порядка. Амплитудно-частотная, фазово-частотная, амплитудно-фазовая характеристики, их параметры, методы определения.

ЗАДАНИЕ XXV МЕТОДЫ И АППАРАТУРА ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Общие сведения о бортовой измерительной аппаратуре.

Методы измерения скорости и высоты полета, углов тангажа, крена и курса, давлений, угловых и линейных перемещений, деформаций, усилий, ускорений (перегрузок), вибраций, угловых скоростей, оборотов и расходов, температуры.

Общие сведения о радиотелеметрических системах. Классификация. Системы многоканальной передачи и методы разделения каналов.

ЗАДАНИЕ XXVI ОСНОВЫ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Математические модели объектов исследования. Непрерывные и дискретные модели, дифференциальные модели, статистические модели.

Критерии качества оценок параметров моделей, среднеквадратичный критерий, критерий максимума правдоподобия.

Методы определения оценок параметров математической модели во временной области. Метод наименьших квадратов. Метод максимума правдоподобия. Численные методы поиска экстремумов при решении задачи идентификации.

3 часть: Вопросы по высшей математике;

1. Развитие понятия числа и математике: натуральные, целые, рациональные, вещественные (действительные) и комплексные числа. Понятие открытой и замкнутой области, одномерный и не одномерный случаи.

2. Понятие скалярной функции одного и нескольких аргументов. Способы задания функции, графическое изображение функций. Сложные, неявные и параметрически заданные функции. Предел функции в точке.

3. Непрерывность функции. Непрерывность функции в точке. Теоремы об арифметических действиях над непрерывными функциями, непрерывность сложной функции. Точки разрыва и их классификация. Непрерывность функции в открытой и замкнутой области, равномерная непрерывность.

4. Производная функции одного аргумента. Механическая и геометрическая интерпретация производной, построение касательной и нормали к кривой. Правила вычисления производных, производная сложной обратной и параметрически заданной функций. Производные высших порядков. Формула Лейбница.

5. Основные свойства дифференцируемых функций; теоремы Ферма, Ролля, Лагранжа, Коши. Раскрытие неопределенностей по правилу Лопиталя. Формулы Тейлора и Маклорена, запись остаточного члена в форме Пеано и Лагранжа. Разложение в ряд Тейлора элементарных функций.

6. Исследование поведения функций. Критерий монотонности функции. Экстремумы функции; определение наибольшего и наименьшего значений

функции, непрерывной на отрезке. Выпуклость, вогнутость, точки перегиба. Асимптоты. Построение графиков функции.

7. Частные производные функции многих переменных. Дифференциал функции. Геометрическая интерпретация для случая двух аргументов, построение касательной плоскости и нормали к поверхности. Производная по направлению, градиент функции.

8. Формула Тейлора для функции многих переменных (без вывода). Необходимые условия экстремума функции многих переменных. Случаи двух и трех аргументов, достаточные условия. Определение наибольшего и наименьшего значений функции, непрерывной в замкнутой ограниченной области. Понятие условного экстремума, метод множителей Лагранжа для нахождения точек условного экстремума.

9. Определение и свойства неопределенного интеграла. Интегрирование как действие, обратное дифференцированию. Первообразная и неопределенный интеграл. Интегрирование подстановкой, формула интегрирования по частям. Интегрирование рациональных и некоторых классов иррациональных и трансцендентных функций.

10. Определение и свойства определенного интеграла. Определение интеграла по Риману. Формула Ньютона-Лейбница. Интегрирование по частям; замена переменного. Геометрические и физические приложения определенного интеграла.

11. Двойной интеграл, его геометрическая интерпретация и вычисление. Замена переменных в двойном интеграле, геометрический смысл модуля якобиана. Тройной интеграл, его вычисление и применение.

12. Криволинейные интегралы и интегралы по поверхности, их определения и основные свойства. Механическая интерпретация криволинейного интеграла, условия независимости криволинейного интеграла от пути интегрирования. Формулы Грина, Стокса, Гаусса Остроградского. Основные теории скалярных и векторных полей.

13. Числовые ряды. Необходимый признак сходимости. Достаточные признаки сходимости рядов с положительными членами. Абсолютная и условная сходимость. Перестановка членов ряда, теорема Римана. Функциональные ряды, их равномерная сходимость. Интегрирование и дифференцирование функциональных рядов. Степенные ряды и их свойства, радиус сходимости. Разложение в степенные ряды элементарных функций.

14. Тригонометрические ряды Фурье. Формулы для коэффициентов ряда Фурье, комплексная форма записи ряда. Теорема Дирихле.

15. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Общее и частное решения. Интерпретация уравнения первого порядка как поля направлений. Классы дифференциальных уравнений. Метод Эйлера приближенного построения интегральной кривой.

16. Линейные уравнения высших порядков, общие теоремы об их интегралах. Однородное линейное уравнение с постоянными коэффициентами, его общее решение. Неоднородное линейное уравнение,

отыскание его частного решения методом вариации произвольных постоянных. Частные решения для правых частей специального вида. Нелинейные дифференциальные уравнения, понятие о решениях автоколебательного типа.

17. Основные понятия теории вероятностей. Событие, вероятность события, ее связь с частотой (частотностью). Сумма и произведение событий. Основные теоремы теории вероятностей, случаи сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Теорема гипотез (формула Байеса). Случайные величины и законы их распределения. Плотность распределения непрерывных случайных величин. Числовые характеристики законов распределения случайных величин. Нормальный закон распределения.

4.2. Требования к литературе, используемой на экзамене

Литература по специальной дисциплине

1. Л.Г. Лойцянский. «Механика жидкости и газа». Наука, 1978 г.
2. А.М. Мхитарян «Аэродинамика», Машиностроение, 1976 г.
3. И.В. Остославский «Аэродинамика самолета». Государственное издательство оборонной промышленности. Москва. 1957 г.
4. И.В. Остославский, И.В. Стражева «Динамика полета. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов». Машиностроение, 1965 г.
5. И.В. Остославский, И.В. Стражева «Динамика полета. Траектории летательных аппаратов», Машиностроение, 1969 г.
6. Г.С. Бюшгенс, Р.В. Студнев «Динамика продольного и бокового движения», Машиностроение, 1979 г.
7. Ю.Л. Снешко «Исследование в полете устойчивости и управляемости самолетов». Машиностроение, 1970 г.
8. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов «Теория систем автоматического регулирования», Наука. Москва 1975 г.
9. А.А. Фельдбаум, А.Т. Бутковский «Методы теории автоматического управления». Наука. Москва 1971 г.
10. М.Г. Котик «Динамика штопора самолета» Машиностроение. Москва 1976 г.
11. Надежность технических систем. Под ред. Ушакова И.А. - М.: Радио и связь. - 1985.
12. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. - М.: Наука. - 1965.
13. Модели отказов / Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б., под ред. Гнеденко Б.В. - М.: Сов. радио. - 1966.
14. Косточкин В.В. Надежность авиационных двигателей и силовых установок: Учеб. для студ. авиац. спец. ВУЗов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение. - 1988.

15. Методы определения эксплуатационно-технических характеристик самолета и вертолета / Бочаров В.И., Деркач О.Я., Буслаев О.Б. и др. - М.: Машиностроение. - 1991 (Справ. б-ка авиац. инж.-испытателя).
16. От анализа надежности к комплексному обеспечению эксплуатационно-технических характеристик авиационно-космической техники. Под ред. Петрова А.Н. - М.: АМИ. - 2002.
17. CALS в авиастроении. Под ред. Братухина А.Г. - М.: МАИ. - 2000.
18. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса. Под ред. Братухина А.Г. - К.: Техніка. - 2001.
19. Безопасность полетов: Учеб. для ВУЗов / Сакач Р.В., Зубков Б.В., Давиденко М.Ф. и др., под ред. Сакача Р.В. - М.: Транспорт. - 1989.
20. Руководство ИКАО по летной годности / ICAO Airworthiness Manual. - Doc. 9760, т.т. I и II. - ИКАО. - 2001.
21. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. Пер. с англ. под ред. Масловского Е.К. - М.: Мир. - 1984.
22. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации / Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. - М.: Возд. транспорт. - 2002.
23. Деркач О.Я. Формирование систем технического обслуживания самолетов при их создании. - М.: Машиностроение. - 1993.
24. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт. - 1987.
25. Авиационная наземная техника: Справочник. Под ред. Канарчука В.Е. - М.: Транспорт. - 1989.
26. Котик М.Г. Летные испытания самолетов. - М.: Машиностроение. - 1965.
27. Аэромеханика самолета. Динамика полета. А.Ф. Бочкарев, В.В. Андреевский и др. Москва. «Машиностроение», 1985г.
28. Управление полетом самолетов. Ю.П. Гуськов, Г.И. Загайнов. Москва. «Машиностроение», 1980г.
29. Основы теории автоматического управления. А.А. Воронов. Часть I. Москва. «Энергия», 1980г.
30. Основы теории автоматического управления. А.А. Воронов. Часть II. Москва. «Энергоиздат», 1981г.
31. Основы автоматики и технической кибернетики. А.А. Красовский, Г.С. Пospelов. Москва. «Энергоиздат», 1962г.
32. Бортовые цифровые вычислительные машины и системы» В.И. Матов, Ю.А. Белоусов и др. «Высшая школа», 1988г.
33. Методология летных испытаний пилотажно-навигационного оборудования самолетов и вертолетов. Под ред. Е.П. Новодворского и Е.Г. Харина. Москва. «Машиностроение», 1984г.
34. Летные испытания пилотажно-навигационных комплексов самолетов и вертолетов. Е.Г. Харин, О.В. Виноградов и др. Москва.

«Машиностроение», 1985г.

35. Летные испытания систем пилотажно-навигационного оборудования. Е.Г.Харин, П.М. Цветков и др. Москва. «Машиностроение», 1986г.

36. Теоретические основы летных испытаний пилотажно-навигационных комплексов и систем. Е.Г.Харин. Москва. Издательство МАИ, 2000г.

37. Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов. В.В.Малышев, М.Н. Красильщиков, В.И.Карлов. Москва. «Машиностроение», 1989г.

38. Программирование на персональных ЭВМ в среде Турбо-Паскаль. В.В. Фаронов. Издательство МГТУ, 1992г.

39. Навигационные приборы и системы. И. И. Помыкаев, В. П. Селезнев, Л.А. Дмитроченко. Москва. «Машиностроение», 1983г.

40. Бортовые цифровые вычислительные машины и системы. В.И. Матов, Ю.А. Белоусов, Е.П. Федосеев. Москва. «Высшая школа», 1988г.

41. Численные методы оптимизации. Единый подход. Э.Полак. Москва, «Мир», 1974г.

42. Прикладная теория оптимального управления. Хо Ю-Ши, А.Брайсон. Москва, «Мир», 1972г.

43. Методология летных испытаний пилотажно-навигационного оборудования самолетов и вертолетов. Под ред. Е.П. Новодворского и Е.Г. Харина. Москва. «Машиностроение», 1984г.

44. Летные испытания пилотажно-навигационных комплексов самолетов и вертолетов. Е.Г.Харин, О.В. Виноградов и др. Москва. «Машиностроение», 1985г.

45. Летные испытания систем пилотажно-навигационного оборудования. Е.Г.Харин, П.М. Цветков и др. Москва. «Машиностроение», 1986г.

46. Комплексная обработка информации навигационных систем летательных аппаратов. Е.Г.Харин. Москва. Издательство МАИ, 2002г.

47. Теоретические основы летных испытаний пилотажно-навигационных комплексов и систем. Е.Г.Харин. Москва. Издательство МАИ, 2000г.

48. Пилотажные манометрические приборы, компасы и автоштурманы. Г.О. Фридендер, В.П. Селезнев.

49. Навигационные устройства. В.П. Селезнев. 1974г.

50. Аэродинамика самолета. И.В. Остославский. 1957г.

51. Авиационные цифровые системы контроля и управления. В.А. Мясников, В.П. Петров. 1976г.

52. Летные испытания самолетов. В.С. Ведров, М.А. Тайц. 1951г.

53. Автоматическое управление. Я.Н. Ройтенберг. 1978г.

54. Концепция и системы CNS/АТМ в гражданской авиации. Под ред. Г.А.Крыжановского. Москва. ИКЦ «Академкнига», 2003г.

55. Теория воздушно-реактивных двигателей. Под редакцией доктора тех. наук С.М. Шляхтенко. Машиностроение, 1975 г.

56. Нечаев Ю. Н., Р. М. Федоров. Теория авиационных газотурбинных двигателей, Часть 1 и 2. Машиностроение, 1977 и 1978 г.
57. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Наука, 1976 г.
58. Нечаев Ю.Н. Входные и выходные устройства ВРД. ВВИ, 1971 г.
59. Кирилин В.А. Техническая термодинамика. Наука, 1979 г.
60. Вукалович М.Н., И.И. Новиков. Техническая термодинамика. Наука, 1979г.
61. Локай В.И., Бодунов М.Н., Жуйков В.В., Шукин А.В. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов. Машиностроение, 1985 г.
62. Хронин Д. В. Теория и расчет колебаний в двигателях летательных аппаратов. Машиностроение, 1970г.
63. Летные испытания газотурбинных двигателей. Под редакцией Г.П. Долголенко. Москва, Машиностроение, 1983 г.
64. Маликов С.Ф., Тюрин Н.И. Введение в метрологию, 1965 г.
65. Цапенко М.П. Измерительно-информационные системы, М. "Энергия", 1974 г.
66. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов, М., "Радио и связь", 1969 г.
67. Фаронов В.В. Программирование на персональных ЭВМ в среде Турбо-Паскаль. Издательство МГТ, 1992 г.
68. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М. Высшая школа. 2000.
69. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математической статистики. М. Физматлит. 2002.
70. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М. Мир. 1989.
71. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М. Статистика. 1973.
72. Игнатов В.А. Теория информации и передача сигналов. М. Радио и связь. 1991.
73. Рид Р. Основы теории информации. М. Мир. 2005.
74. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л. Энергоатомиздат. 1991.
75. Алабина О.М. и др. Техническое регулирование: теория и практика в вопросах и ответах. М. МНПАА. 2005.
76. Назаров Н.Г. Метрология. Основные понятия и математические модели. М. Высшая школа. 2002.
77. Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров. М. Мир. 1989.
78. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешностей измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроля их параметров.

80.ГОСТ Р8.563-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений.

81.Знаменская А.М. и др. Информационно-измерительные системы для летных испытаний самолетов и вертолетов (справочная библиография авиационного инженера-испытателя). М. Машиностроение. 1984.

82.Цапенко М.П. Измерительно-информационные системы. М. Энергоатомиздат. 1985.

83.Павлов А.В. Аппаратура и методы измерений при летных испытаниях самолетов. М. Машиностроение. 1967.

84.Измерительная аппаратура для летных исследований. Каталог. Жуковский. ЛИИ. 2009.

85.Эйккофф. Основы идентификации систем управления. М. Мир. 1975.

86.Гроп Д. Методы идентификации систем. М. Мир. 1979.

87.Берестов Л.М. и др. Управление летным экспериментом (справочная библиография авиационного инженера-испытателя). М. Машиностроение. 1990.

88.Васильченко К.К. и др. Летные испытания самолетов. М. Машиностроение. 1996.

Специальная литература по высшей математике

1. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. «Наука». М., 1985.

2. Кудрявцев Л.Д. Математический анализ. Т.1-2. «Высшая школа». М., 1973.

3. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. Дифференциальные уравнения. «Наука». М.,1980.

4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. «Наука». М.,1988