

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»

Утверждаю  
Руководитель НОЦ  
д.т.н. профессор  
Е.П. Федосеев



**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания в аспирантуру ФГУП «ГосНИИАС»**  
**по специальной дисциплине**

по направленности программы подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

**05.07.07 Контроль и испытание летательных аппаратов и их систем**

Москва – 2017 г.

## 1. Введение

Программы вступительных испытаний формируются на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета и (или) программам магистратуры.

В основу настоящей программы положены фундаментальные дисциплины: теория оптимального планирования эксперимента; теория вероятности и математическая статистика; математическая теория оптимальной фильтрации и теория надежности и эффективности.

Программа разработана с учетом курсов, изучаемых в МАИ (НИУ) и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

## 2. Содержание программы вступительного испытания

### Раздел 1. Основные характеристики объектов испытаний

#### *Тема № 1.1 Назначение объектов испытаний*

Объект испытаний как элемент комплексной системы. Основные характеристики, параметры и режимы работы объекта. Параметры движения и управления летательного аппарата (перегрузки, угловые и линейные скорости, углы и др.), определяемые в процессе проведения испытаний. Возмущения и внешние воздействия на летательный аппарат. Основные маневры, выполняемые летательным аппаратом. Характеристики атмосферы и космического пространства.

#### *Тема № 1.2. Математическое моделирование движения ЛА*

Классификация моделей движения: детерминированные, стохастические, неопределенные; линейные и нелинейные; стационарные и нестационарные; формальные, факторные, смешанные (комбинированные); дифференциальные и аналитические. Требования, предъявляемые к моделям. Критерии адекватности.

Использование метода размерностей и теории подобия при построении моделей.  $\pi$ -теорема теории размерностей.

### Раздел № 2. Методы проведения эксперимента и анализа результатов испытаний

#### *Тема № 2.1. Теория и методы измерений*

Уравнения измерений. Прямые, косвенные и совокупные измерения. Погрешности измерения: полные и частные, инструментальные и методические, статические и динамические, случайные и систематические.

Классификация методов измерений по назначению, выходному сигналу, способу представления информации, по дистанционности действия. Физические принципы измерения скорости и высоты полета, числа  $M$ , положения объекта в пространстве, углов тангажа, углов атаки и скольжения, угловых скоростей, перегрузки, вибраций, температуры наружного воздуха и поверхности, давления, расхода и температуры жидкостей.

### *Тема № 2.2. Информационно-измерительные системы*

Классификация информационно-измерительных систем по назначению, степени автоматизации, принципам построения. Основные характеристики информационно-измерительных систем: функциональность, точность, быстродействие, помехозащищенность.

Принцип действия и характеристика бортовых измерительных систем, радиотелеметрических систем, оптических и радиотехнических систем определения траектории.

Назначение, функции и структура автоматизированных систем обработки данных, алгоритмы и программное обеспечение обработки.

### *Тема № 2.3. Методы испытаний и анализа результатов*

Основные этапы и программы испытаний летательных аппаратов, двигательных установок и оборудования. Виды и средства испытаний, моделирование, стендовые и натурные испытания, летающие лаборатории, аналоги, летающие модели, сертификационные испытания на соответствие нормам летной годности. Пассивный и активный эксперимент. Методы пересчета результатов испытаний на другие условия.

Случайные величины. Законы распределения случайных величин. Определение закона распределения случайной величины по статическим данным. Критерии согласия. Методы нахождения оценок параметра закона распределения по результатам экспериментов. Состоятельность, несмещенность и эффективность оценок.

Характеристика случайных процессов: средние значения, среднеквадратические значения и дисперсии, матрицы ковариационных и взаимных ковариационных функций. Свойства стационарности и эргодичности. Многомерные нормальные случайные процессы. Спектральное представление случайного стационарного процесса.

Методы оценивания параметров моделей: метод максимального правдоподобия, байесовские оценки, оценки метода наименьших квадратов. Доверительные интервалы для параметров модели. Проверка гипотез, ошибки первого и второго рода. Модели рассеивания. Модели досягаемости. Оценка точности системы по единичным реализациям. Методы проверки адекватности модели.

Понятие наблюдаемости и идентифицируемости. Оценивание параметров по настраиваемой модели. Поисковые и градиентные методы настройки. Метод дифференциальной аппроксимации. Идентификация линейных динамических систем. Типы тестовых сигналов. Идентификация методами стохастической аппроксимации и последовательного обучения. Идентификация методами квазилинеаризации и инвариантного погружения. Эвристические методы идентификации.

Автоматизация процессов натуральных испытаний. Принципы проведения управляемого эксперимента.

#### *Тема № 2.4. Планирование эксперимента*

Основные понятия планирования эксперимента: информационная матрица, ротатабельные и ортогональные планы эксперимента, центральные планы, область планирования. Полные факторные и дробные факторные планы эксперимента. Рандомизация переменных. Оптимальные планы эксперимента. Последовательное планирование.

### **Раздел № 3. Оценка эффективности ЛА по результатам испытаний**

#### *Тема № 3.1. Контроль состояния и техническая диагностика*

Назначение, классификация, структура построения средств контроля и технической диагностики. Основные технические характеристики средств контроля как информационно-измерительных средств. Эффективность средств контроля. Определение и оценка эффективности. Методы определения и оценка технических характеристик средств контроля. Принципы обеспечения заданных показателей достоверности контроля работоспособности.

#### *Тема № 3.2. Оценка эффективности ЛА в условиях отсутствия и наличия априорной информации*

Точность оценки эффективности. Влияние недостоверной информации о результатах испытаний. Определение доверительного интервала для оценки эффективности системы по результатам испытаний ее компонент. Анализ степени взаимного влияния отдельных компонент комплекса. Учет условий получения априорной информации на достоверность оценки эффективности системы.

#### *Тема № 3.3. Испытания на надежность*

Основные понятия. Показатели надежности. Методические основы обеспечения и оценки надежности ЛА и его отдельных элементов при экспериментальной отработке.

## **Раздел № 4. Специальные виды экспериментальной отработки ЛА в процессе летных испытаний**

### *Тема № 4.1. Летные испытания самолета*

Целевые полеты по программе заводских испытаний. Устранение дефектов динамики и управляемости скоростных самолетов при летных испытаниях. Специальные виды измерений и калибровок. Методы определения основных летно-технических и пилотажных характеристик самолета. Испытания в предельной области режимов полета. Методы установления эксплуатационных ограничений для самолета. Летные исследования критических режимов современного скоростного самолета.

### *Тема № 4.2. Летные испытания объектов ракетно-космического комплекса (РКК)*

Нормы и режимы испытаний ракет-носителей. Нормативно-методическое обеспечение безопасности полета пилотируемых РКК. Особенности летной отработки спускаемых аппаратов. Летные испытания РКК единичного применения. Анализ особых, нештатных ситуаций в процессе космического полета.

## **3. Литература**

1. Знаменская А.М., Шведов В.П., Лимар П.С. Информационные измерительные системы для летных испытаний самолета и его оборудования. М.: Машиностроение, 1984. – 152 с.
2. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы. М. «Энергия», 1974.
3. Махонькин Ю.Е., Павлова З.А., Фальков А.И. и др. Автоматизированная обработка результатов измерения при летных испытаниях. М.: Машиностроение, 1983.
4. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: «Мир», 1975.
5. Миронов А.Д., Лапин А.А., Меерович Г.Ш., Зайцев Ю.И. Задачи и структура летных испытаний самолетов и вертолетов. - М.: Машиностроение, 1982.
6. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента (Планирование регрессионных экспериментов). М.: «Наука», 1971.
7. Летные испытания ракет и космических аппаратов: Учебн.пособие для втузов /Под ред.Е.И.Кринецкого, - М.: Машиностроение, 1979.
8. Брандин В.Н., Васильев А.А., Худяков С.Т. Основы экспериментальной космической баллистики. - М.: Машиностроение, 1974.
9. Техническая диагностика. ГОСТ 20911-75. М.: 1976.

10. Волков Л.Н., Шишкевич А.М. Надежность летательных аппаратов. – М.: Высшая школа, 1975.
11. Варфоломеев В.И., Копытов М.И. и др. Проектирование и испытания баллистических ракет. – М.: Воениздат, 1970.
12. Пашковский И.М., Леонов В.А., Поплавский Б.К. Летные испытания самолетов и обработка результатов испытаний: Уч. пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 1985.
13. Гроп Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1979.
14. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. Том 6. Экспериментальная отработка и испытания. /Под ред. Р.С.Судакова и О.И.Тескина. - М.: Машиностроение, 1989.
15. Методы отработки научных и научно-хозяйственных ракетно-космических комплексов /Под общей ред. В.Ф.Грибанова. - М.: Машиностроение, 1995.
16. Экспериментальная баллистика ракетно-космических средств: Учебник для слушателей военных академий /Под ред. Л.Н.Лысенко, В.В.Бетанова, И.В.Лысенко. - М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2000.
17. Летные испытания самолетов: Учебник для вузов /Васильченко К.К., Леонов В.А., Паликовский И.М. и др. М.: Машиностроение, 1996.
18. ГОСТ 8.011-72 Показатели точности измерений и формы представления измерений. М.: Изд-во «Стандарты», 1972.
19. «КС СРПП ВТ», серии ГОСТ РВ 15.XXX-XX
20. «Положение о создании АТ ВН». редакция 2000г.
21. «Положение о создании РКТ» (РК-98КТ). редакция 1998г.
22. «ОТТ ВВС-86».

Программу разработали:

Руководитель службы качества  
ФГУП «ГосНИИАС», начальник  
подразделения 7020, д.т.н., профессор



В.В. Бочаров

Начальник подразделения 3200



О.В. Соколов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании научно-методического совета ФГУП «ГосНИИАС» протокол от «02» 02 2017 г. № 7

Заведующий аспирантурой,  
к.т.н., доцент



В.В. Безнощенко