

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР и К

\_\_\_\_\_Криницин В.В.

“\_\_” \_\_\_\_\_ 2010г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИНАМИКА ПОЛЕТА (СД.03)

(наименование, шифр по ГОС)

Специальность (направление) Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники (160900), бакалавры

Факультет Механический

Кафедра Аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов

Курс III, Форма обучения дневная. Семестр 5

Общий объем учебных часов на дисциплину 100 (час)

Лекции 24 (час)

Практические занятия 8 (час)

Лабораторные занятия 24 (час)

Самостоятельная работа 44 (час)

Курсовая работа III, 5 (курс, семестр)

Экзамен III, 5 (курс, семестр)

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по направлению 552000 «Эксплуатация авиационной и космической техники» (бакалавры).

Рабочую программу составили:

Ципенко В.Г., проф., д.т.н.

\_\_\_\_\_ (подпись)

Ермаков А.Л., проф., к.т.н.

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры,

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2010 г.

Заведующий кафедрой Ципенко В.Г., проф., д.т.н.

(Ф.И.О., звание, степень)

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа одобрена методическим советом по направлению 160900

“Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники”

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2010 г..

Председатель методического совета \_\_\_\_\_

Полякова И.Ф., доц., к.т.н.  
(Ф.И.О., звание, степень)

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением (УМУ)

Начальник УМУ Логачев В.П.  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель преподавания дисциплины.

Цель дисциплины - раскрыть основополагающие современные научные концепции, понятия и идеи исследования траекторий движения, устойчивости и управляемости воздушных судов ГА с целью обеспечения безопасности и регулярности полетов, а также высоких экономических показателей авиационных перевозок. Учебная дисциплина "Динамика полета" необходима для подготовки бакалавров, способных решать проблемы технической эксплуатации, связанные с динамикой полета ВС, и является базой для изучения и освоения технологии производства и ремонта ВС, эксплуатации ВС, конструкции и прочности ВС, безопасности полетов и ряда других профилирующих дисциплин.

1.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений):

1.2.1. Иметь представление о взаимосвязи динамики движения ВС со средствами бортовой автоматики и УВД, использовании прикладных программ для решения задач динамики конкретных воздушных судов ГА.

1.2.2. Знать:

- базовые понятия дисциплины;
- основные летно-технические характеристики и характеристики устойчивости и управляемости ВС;
- основные методы анализа летно-технических характеристик ВС;
- эксплуатационные ограничения режимов полета ВС на различных его этапах при нормальной работе и отказах функциональных систем;
- влияние внешних условий и технико-экономических факторов на экономичность полетов ВС;
- методы повышения экономичности полетов ВС;
- методы моделирования динамики полета ВС при исследовании влияния отказов функциональных систем и ошибок личного состава на развитие ситуаций.

1.2.3. Уметь:

- пересчитать с использованием соответствующих пособий летно-технические характеристики, характеристики устойчивости и управляемости ВС в ожидаемых условиях эксплуатации;
- объяснить в части динамики полета требования РЛЭ, НЛГС, НЛГВ, НПП.

1.2.4. Иметь опыт:

- проведения простейших измерений в аэродинамической трубе;
- использования вычислительной техники при моделировании полета ВС.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Наименование разделов, объем в часах. Содержание лекций, ссылки на литературу.

### Часть I. Полет самолета по траектории.

#### Раздел 1. Общие положения и допущения. Системы координат

##### Лекция 1.1.

Введение в динамику полета. Предмет курса, связь с другими учебными дисциплинами. Структура дисциплины, краткая характеристика её частей. Место дисциплины в системе знаний инженера-механика по эксплуатации самолетов, краткий исторический очерк развития динамики полета.

Положение ЛА. Нормальная земная система координат. Допущение о том, что земля является плоской.

Ориентация ЛА. Связанная система оси координат. Углы Эйлера связанной системы координат: рыскания, тангажа и крена.

Направление движения ЛА. Скоростная и траекторная системы координат. Ориентация вектора скорости ЛА относительно Земли. Углы Эйлера скоростной системы координат: скоростной угол рыскания, угол наклона траектории, скоростной угол крена. Ориентация вектора скорости относительно ЛА. Угол скольжения и угол атаки. Уравнения кинематических связей линейных скоростей.

СРС: Скорость самолета - воздушная, земная, путевая. Составляющие скорости. Модель ветра.

Литература [ I ], с. 5-11.

#### Раздел 2. Уравнения движения ЛА.

##### Лекция 2.1.

Угловая скорость движения ЛА. Уравнения кинематических связей угловых скоростей. Силы, действующие на ЛА, и их задание. Уравнения сил. Уравнения моментов. Общая система уравнений движения ЛА и её анализ. Уравнения движения ЛА как материальной точки. Упрощение уравнений движения ЛА. Разделение движения ЛА на продольное и боковое.

СРС: Преобразование уравнений движения ЛА методом малых возмущений.

Литература [ I ], с.12-32.

#### Раздел 3. Горизонтальный полет.

##### Лекция 3.1.

Уравнения движения. Потребная скорость горизонтального полета. Кривые потребных и располагаемых тяг (мощностей) Жуковского. Характерные скорости горизонтального полета: теоретически минимальная, экономическая, наивыгоднейшая, крейсерская, практически минимальная, максимальная.

Характерные режимы горизонтального полета. Влияние высоты полета на характерные скорости горизонтального полета. Диаграмма диапазона истинных скоростей. Теоретический потолок самолета.

Литература [ I ], с. 33-69.

#### Раздел 4. Набор высоты и снижение самолета.

##### Лекция 4.1.

Уравнения движения самолета при наборе высоты. Особенности набора высоты по сравнению с горизонтальным полетом. Характерные режимы набора высоты: режим наиболее быстрого и наиболее крутого набора высоты. Влияние высоты полета на скорость набора высоты и максимальную вертикальную скорость. Барограмма подъема самолета и дальность набора высоты.

Уравнения движения самолета при снижении и их анализ. Расчет снижения самолета. Планирование. Поляра скоростей планирования. Характерные режимы планирования, первый и второй режимы планирования.

СРС: Поляра скоростей набора высоты. Неустановившийся набор высоты. Поляра скоростей снижения. Скоростное, вынужденное и экстренное снижение самолета.

Литература [ I ], с. 69-97.

#### Раздел 5. Дальность и продолжительность полета.

##### Лекция 5.1.

Техническая и практическая дальность. Часовой и километровый расходы топлива. Дальность и продолжительность горизонтального полета. Метод Пышнова. Влияние скорости на дальность и продолжительность полета. Влияние высоты на дальность и продолжительность полета. Полет “по потолкам”.

СРС: Влияние ветра на дальность полета. Методы повышения экономичности крейсерского полета.

Литература [ I ], с. 98-116.

#### Раздел 6. Криволинейное движение.

##### Лекция 6.1.

Условия возникновения криволинейного полета самолета. Виращ. Правильный виращ. Уравнения движения и их анализ. Предельные виращи. Эксплуатационные ограничения. Область допустимых виращей. Характерные режимы виращей: минимального радиуса и минимального времени.

СРС: Криволинейное движение в вертикальной плоскости.

Литература [ I ], с. 116-134.

## Раздел 7. Взлет и посадка самолета.

### Лекция 7.1.

Взлет самолета. Основные этапы взлета. Уравнения движения при разбеге. Расчет взлетной дистанции. Потребные дистанции разбега и взлета. Вопросы безопасности полетов при взлете самолета. Влияние эксплуатационных факторов на длину разбега и взлетную дистанцию.

СРС: Особые ситуации и безопасность полетов. Особые случаи взлета самолета, прерванный и продолженный взлет.

Литература [ I ], с. 135-143.

### Лекция 7.2.

Посадка самолета. Основные этапы посадки. Уравнения движения при пробеге. Расчет посадочной дистанции. Потребная посадочная дистанция. Вопросы безопасности полетов при посадке самолета. Влияние эксплуатационных факторов на посадочную дистанцию.

СРС: Влияние различных факторов на взлетно-посадочные характеристики и пути их улучшения. Особые ситуации при посадке самолета.

Литература [ I ], с. 143-166.

## Часть II. Устойчивость и управляемость самолета.

### Раздел 8.

#### Лекция 8.1.

Понятие о равновесии, балансировке, устойчивости и управляемости. Статическая и динамическая устойчивость и управляемость. Разделение движения на продольное и боковое. Центровка самолета.

Продольная статическая балансировка самолета. Продольный момент самолета. Аэродинамические моменты тангажа частей самолета: крыла, фюзеляжа, горизонтального оперения, гондол двигателей. Продольный момент, создаваемый силовой установкой. Моментная диаграмма самолета. Балансировочная диаграмма руля высоты. Влияние различных факторов на продольный момент самолета и на балансировочную диаграмму.

Литература [ I ], с. 167-192.

### Раздел 9.

#### Лекция 9.1.

Продольная статическая устойчивость самолета. Основные понятия и определения. Продольная статическая устойчивость по перегрузке. Критерий, обеспечение и суждение о продольной статической устойчивости по перегрузке. Диапазон допустимых центровок. Продольная статическая устойчивость по скорости. Критерий устойчивости. Требования НЛГС к характеристикам продольной устойчивости.

Продольная статическая управляемость самолета. Основные понятия и определения. Шарнирный момент руля высоты и усилие на штурвале. Основные характеристики продольной статической управляемости (градиенты отклонений рулей, штурвала, усилий на штурвале). Требования НЛГС к характеристикам управляемости. Способы снижения усилий на штурвале управления рулем высоты.

Литература [ I ], с. 193-217.

## Раздел 10.

### Лекция 10.1.

Боковая статическая балансировка самолета. Боковое движение самолета. Боковые силы при скольжении и их уравнивание. Боковые моменты и их балансировка.

Боковая статическая устойчивость самолета. Основные понятия и определения. Флюгерная статическая устойчивость. Критерий устойчивости, обеспечение и достижение флюгерной статической устойчивости. Поперечная статическая устойчивость. Критерий устойчивости, обеспечение и достижение поперечной статической устойчивости. Влияние на боковую статическую устойчивость конструктивных и эксплуатационных факторов.

Литература [ I ], с. 217-234.

### Лекция 10.2.

Боковая статическая управляемость самолета. Основные понятия и определения. Шарнирные моменты и усилия на рычагах бокового управления. Основные характеристики боковой статической управляемости. Требования НЛГС к характеристикам управляемости.

СРС: Особенности боковой управляемости самолета при несимметрично остановленном двигателе.

Литература [ I ] с. 234-246.

## Раздел 11.

### Лекция 11.1.

Особенности управляемости самолета в криволинейном полете. Возникновение продольного и боковых демпфирующих моментов в криволинейном движении и их балансировка. Спиральные моменты и их балансировка. Гироскопические моменты и их балансировка.

Особенности полета самолета на больших углах атаки. Взаимодействие продольного и бокового движений. Самовращение крыла. Штопор самолета. Факторы, влияющие на штопорные свойства самолета и на его выход из штопора.

Литература [ I ], с. 246-289.

### Часть III. Основы динамики полета вертолета.

#### Раздел 12.

СРС: Уравнения движения центра масс вертолета. Методы решения уравнений. Метод мощностей, располагаемые мощности, располагаемые крутящие моменты вертолета. Потребные мощности вертолета; потребные крутящие моменты. Влияние высоты полета и других факторов на потребную мощность. Расчет ЛТХ вертолета. Диапазон скоростей, характерные скорости полета вертолета. Потолки вертолета. Особенности взлета и посадки вертолета. Балансировка, устойчивость и управляемость вертолета.

Литература [ I ], с. 290-322.

#### 2.2 Тематика практических занятий и их объем в часах :

ПР-1. Прямолинейное движение самолета – 2 часа.

ПР-2. Дальность и продолжительность полета самолета – 2 часа.

ПР-3. Взлет и посадка самолета – 2 часа.

ПР-4. Устойчивость и управляемость самолета – 2 часа.

#### 2.3. Перечень лабораторных работ (занятий) и их объем в часах :

ЛР-1. Исследование возможностей самолета в горизонтальном полете – 4 часа.

ЛР-2. Исследование прямолинейного набора высоты - 4 часа.

ЛР-3. Определение скорости наивыгоднейшего набора высоты - 4 часа.

ЛР-4. Исследование посадки самолета - 4 часа.

ЛР-5. Исследование взлета самолета - 4 часа.

ЛР-6. Изучение свойства статической устойчивости самолета с помощью демонстрационной модели - 2 часа.

ЛР-7. Определение моментной диаграммы модели самолета в аэродинамической трубе - 2 часа.

#### 2.4. Тематика курсовой работы.

Курсовая работа “Расчет ЛТХ самолета гражданской авиации” включает:

I. Расчет основных ЛТХ самолета в нормальных условиях полета:

- а) расчет и построение кривых тяг (мощностей) Жуковского;
- б) определение характерных скоростей горизонтального полета и построение диаграммы диапазона скоростей;
- в) расчет набора высоты, определение потолка и построение барограммы набора высоты;
- г) расчет планирования, построение поляры скоростей планирования;
- д) расчет дальности и продолжительности полета;
- е) расчет взлетно-посадочных характеристик самолета.

2. Расчет ЛТХ самолета с учетом эксплуатационных ограничений.



- а) определение диапазона скоростей с учетом эксплуатационных ограничений;
- б) расчет и построение границ предельных выражений.

Выполнение курсовой работы преследует следующие основные цели:

- закрепление теоретического материала;
- овладение навыками инженерных расчетов основных ЛТХ самолета гражданской авиации.

Курсовая работа выполняется в 05 семестре. Время выдачи - первая неделя, время окончания - 13 неделя. Объем расчетно-пояснительной записки 25-30 листов рукописного текста (вместе с графиками) на листах бумаги формата 210x297 мм.

При выполнении курсовой работы возможно применение ЭВМ.

### 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература

1. Жуков А.Я.,  
Ёгоров В.И.,  
Ермаков А.Л.,  
Журавлев В.Н.,  
Ципенко В.Г.                      Динамика полета транспортных ЛА. Учебник.-  
М.: Транспорт, 1996.
2. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я.,  
Ципенко В.Г.                      Полет самолета по траектории: Учебное  
пособие.-М.:МИИГА,1992.
3. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я.,  
Ципенко В.Г.                      Устойчивость и управляемость самолета:  
учебное пособие.-М.:МИИГА,1990.

#### Учебно-методическая литература

4. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я.,  
Ципенко В.Г.                      Методические указания к изучению курса  
“Динамика полета ЛА”.-М.:МИИГА, 1986.
5. Кубланов М.С.                      Методические указания к выполнению  
лабораторных работ на ПЭВМ по дисциплине  
“Динамика полета ЛА”.-М.:МГТУГА, 1997.

6. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я.,  
Кулик И.Б. Изучение свойства статической устойчивости самолета с помощью демонстрационной модели (Руководство к выполнению лабораторных по динамике полета).-М.:МИИГА,1981.
7. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я.,  
Кулик И.Б.  
Ципенко В.Г. Определение моментной диаграммы модели самолета в аэродинамической трубе. (Методические указания к лабораторным работам по динамике полета).-М.:МИИГА,1982.
8. Гарбузов В.М. Методические указания по оформлению курсовых работ и выбору варианта задания по аэромеханике и динамике полета.-М.: МГТУГА, 1995.
9. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я.  
Ципенко В.Г. Методические указания к аэродинамическим характеристикам самолетов для выполнения курсовой работы по динамике полета.- М.:МИИГА, 1984.
10. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я..  
Ципенко В.Г. Методические указания к выполнению курсовой работы по динамике полета.-М.:МИИГА,1984.
11. Ермаков А.Л.,  
Жуков А.Я..  
Ципенко В.Г. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования. Расчет ЛТХ самолетов на ЭВМ.-М.: МИИГА, часть I (1984), часть 2 (1986), часть 3 (1987).

#### Дополнительная литература

12. Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран - членов СЭВ.- М.: Межведомственная комиссия по НЛГ гражданских самолетов и вертолетов СССР, 1985.
13. Динамика ЛА в атмосфере. Термины, определения и обозначения. ГОСТ 20058-80.-М.: Издательство стандартов, 1981.
14. Атмосфера стандартная. Параметры. ГОСТ 4401-81.-М.: Издательств стандартов,1981.
15. Микеладзе В.Г.,  
Титов В.М. Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет. Справочник.- М.: Машиностроение, 1990.

#### 4. НАГЛЯДНЫЕ И ДРУГИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

При проведении лабораторных работ используются ПЭВМ и другие плакаты (10 шт.), при чтении лекций используются учебная демонстрационная модель самолета Як-40, слайды и три учебных кинофильма (КФ), поставленных на кафедре:

- КФ 1 - Устойчивость и управляемость самолета в продольном канале (авторы сценария и постановки – Ципенко В.Г., Усков В.П.)
- КФ 2 – Устойчивость и управляемость самолета в боковом канале (авторы сценария и постановки - Ципенко В.Г., Усков В.П.)
- КФ 3 - Сдвиг ветра и безопасность полета воздушных судов (автор сценария Усков В.П., научный консультант Ципенко В.Г.).

#### 5. РЕКОМЕНДУЕМОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ

##### ДИСЦИПЛИНЫ НА БЛОКИ:

Блок № 1 : Разделы 1-7;

Блок № 2 : Разделы 8-10;

Блок № 3 : Разделы 11 - 12.