

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
МИНИСТЕРСТВА ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР

\_\_\_\_\_Криницин В.В.

“ “ \_\_\_\_\_2007г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ И ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ (ДС.08)

(наименование, шифр по ГОС)

**Специальность (специализация)** Аэронавигационное обслуживание и  
использование воздушного пространства (160505)

(шифр по ГОС)

**Факультет** Механический

**Кафедра** Аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов

**Курс** II, **Форма обучения** дневная. **Семестр** 4

**Общий объем учебных часов на дисциплину** 140 (час)

**Лекции** 40 (час)

**Практические занятия** 16 (час)

**Лабораторные занятия** 16 (час)

**Самостоятельная работа** 68 (час)

**Курсовая работа** \_\_\_\_\_ (курс, семестр)

**Экзамен** \_\_\_\_\_ диф. зачет, 4 \_\_\_\_\_ (курс, семестр)

Москва - 2007

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности 160505 “ Аэронавигационное обслуживание и использование воздушного пространства ”.

Рабочую программу составил:

Ципенко В.Г., проф., д.т.н.

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры, протокол №  10  от  “15” мая 2007г.

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

(Ф.И.О., звание, степень)

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа одобрена методическим советом специальности 160505  «Аэронавигационное обслуживание и использование воздушного пространства»

\_(наименование)

Протокол №   от  “ ”  2007г.

Председатель методического совета  Нечаев Е.Е., проф., д.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 законов аэродинамики, исследования траекторий движения, устойчивости и управляемости воздушных судов ГА с целью обеспечения безопасности и регулярности их полетов, а также высоких экономических показателей авиационных перевозок. Учебная дисциплина "Основы аэродинамики и летно-технические характеристики воздушных судов" необходима для подготовки авиационных специалистов, способных решать проблемы летной эксплуатации, связанные с аэродинамикой и динамикой полета ВС, и является базой для изучения и освоения технологии управления воздушным движением.

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

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

#### **1.2.2. Знать:**

- базовые понятия дисциплин «Аэродинамика» и «Динамика полета»;
- основные летно-технические характеристики и характеристики устойчивости и управляемости ВС;
- основные методы анализа аэродинамических и летно-технических характеристик ВС;
- эксплуатационные ограничения режимов движения ВС на различных его этапах полета 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:**

- рассчитать с использованием соответствующих пособий аэродинамические и летно-технические характеристики, характеристики устойчивости и управляемости ВС в ожидаемых условиях эксплуатации;

- объяснить в части аэродинамики и 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 1. Основы аэродинамики.**

#### Лекция 1.1.

Основные физические свойства газов. Международная стандартная атмосфера (МСА). Основные уравнения движения потока газов. Особенности дозвуковых и сверхзвуковых течений газа.

СРС: Сжимаемость, упругость и вязкость газов. Уравнения движения и энергии движущегося газа.

Литература [ 1 ], гл.1, 2, 4,5 с. 8-44, 66-119.

#### Лекция 1.2.

Аэродинамические силы и моменты профиля и крыла самолета. Геометрические характеристики профиля и крыла. Теорема Н.Е. Жуковского о подъемной силе крыла. Центр давления и фокус профиля и крыла.

СРС: Подъемная сила и сила лобового сопротивления профиля и крыла. Аэродинамическое качество. Продольный момент профиля и крыла самолета.

Литература [ 1 ], гл.6 и 7, с. 120-170..

#### Лекция 1.3.

Аэродинамические характеристики крыла и самолета. Поляра крыла и самолета. Влияние механизации крыла на аэродинамические характеристики самолета.

СРС: Особенности обтекания крыла конечного размаха несжимаемым и сжимаемым воздушным потоком. Исходные аэродинамические характеристики для расчета летно-технических характеристик, взлетно-посадочных и прочностных характеристик самолета.

Литература [ 1 ], гл.8, 9, 12, с. 170-191, 215-242.

### **Часть 2. Полет самолета по траектории.**

#### Лекция 2.1.( 4 час.)

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.

Ориентация ЛА. Связанная система осей 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 [ 2 ], гл. 1, с. 5-11.

### Лекция 2.2. Уравнения движения ЛА.

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 [ 1 ], гл. 2, с.12-32.

### Лекция 2.3. Горизонтальный полет.

Уравнения движения. Потребная скорость горизонтального полета. Кривые потребных и располагаемых тяг (мощностей) Н.Е. 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 [ 1 ], гл. 3, с. 33-69.

### Лекция 2.4. Набор высоты и снижение самолета

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 при снижении самолета 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 ], гл. 4,5, с. 69-97.

#### Лекция 2.5. Дальность и продолжительность полета.

Техническая и практическая дальность. Часовой и километровой расходы топлива. Дальность и продолжительность горизонтального полета. Метод В.С. 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 ], гл. 6 , с. 98-116.

#### Лекция 2.6. Криволинейное движение самолета.

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

СРС: Криволинейное движение в вертикальной плоскости.

Литература [ I ], гл. 7, с. 116-134.

#### Лекция 2.7. Взлет и посадка самолета.

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.

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: Особые ситуации и безопасность полетов. Особые случаи взлета самолета, прерванный и продолженный взлет. Влияние различных факторов на взлетно-посадочные характеристики и пути их улучшения. Особые ситуации при посадке самолета.

Литература [ I ], гл. 8, с. I35-I66.

### **Часть 3. Устойчивость и управляемость самолета.**

#### Лекция 3.1.

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 ], гл. 9,10, с. I67-I92.

#### Лекция 3.2.

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 ], гл. 11,12, с. 193-217.

#### Лекция 3.3.

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 (путевая) 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 ], гл. 13,14, с. 217-234.

#### Лекция 3.4.

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 ] , гл. 15, с. 234-246.

### Лекция 3.5.

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

Литература [ I ] , гл. 16, с. 246-254.

### Лекция 3.6.

Основы анализа возмущенного движения. Уравнения возмущенного движения. Продольное возмущенное движение самолета. Короткопериодическое и длиннопериодическое возмущенное движение. Анализ характеристического уравнения. Боковое возмущенное движение.

Литература [ I ] , гл. 17, с. 254-271.

### Лекция 3.7.

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 ] , гл. 18, с. 271-289.

## Часть 4. Основы динамики полета вертолета.

### Лекция 4.1.

Уравнения движения центра масс вертолета. Методы решения уравнений движения вертолета. 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 ] , гл.19, с. 290-322.

## **2.2. Тематика практических занятий и их объем в часах.**

- ПР-1. Прямолинейное движение самолета – 4 часа.  
 ПР-2. Дальность и продолжительность полета самолета – 4 часа.  
 ПР-3. Взлет и посадка самолета – 4 часа.  
 ПР-4 Устойчивость и управляемость самолета – 4 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 - 2 часа.  
 ЛР-3. Определение скорости наивыгоднейшего набора высоты - 2 часа.  
 ЛР-4. Исследование посадки самолета - 2 часа.  
 ЛР-5. Исследование взлета самолета - 2 часа.  
 ЛР-6. Изучение свойства статической устойчивости самолета с помощью демонстрационной модели в аэродинамической трубе - 2 часа.  
 ЛР-7. Определение моментной диаграммы модели самолета в аэродинамической трубе - 2 часа.

## **3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **3.1. Основная литература**

1. Гарбузов В.М., Ермаков А.Л., Кубланов М.С., Ципенко В.Г. Аэромеханика. Учебник.- М.: Транспорт, 2000.
2. Жуков А.Я., Ёгоров В.И., Ермаков А.Л., Журавлев В.Н., Ципенко В.Г. Динамика полета транспортных ЛА. Учебник.- М.: Транспорт, 1996.
3. Ермаков А.Л., Жуков А.Я., Ципенко В.Г. Полет самолета по траектории: Учебное пособие.-М.:МИИГА,1992.
4. Ермаков А.Л., Жуков А.Я., Ципенко В.Г. Устойчивость и управляемость самолета: Учебное пособие.-М.:МИИГА,1990.

### 3.2. Учебно-методическая литература

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.

### 3.3. Дополнительная литература

8. Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран - членов СЭВ.- М.: Межведомственная комиссия по НЛГ гражданских самолетов и вертолетов СССР, 1985.
9. Динамика ЛА в атмосфере. Термины, определения и обозначения. ГОСТ 20058-80.-М.:Издательство стандартов, 1981.
10. Атмосфера стандартная. Параметры. ГОСТ 4401-81.-М.: Издательство стандартов,1981.
11. 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 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.).