

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Департамента  
Образовательных программ и  
стандартов профессионального  
образования

\_\_\_\_\_ Л.С.Гребнев  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2000 г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИНАМИКА ПОЛЕТА

Рекомендуется Минобразованием России для направления подготовки  
(специальности)

160900 «Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники»

(специальности 160901 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и  
двигателей»)

## 1. Цели и задачи 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 авиационных специалистов, 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.

Задачей дисциплины является формирование умений в определении и анализе летно-технических и взлетно-посадочных характеристик ЛА, а также его устойчивости, управляемости и балансировки в условиях балансировки.

## 2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Иметь представление:

- о взаимосвязи динамики движения ВС со средствами бортовой автоматики и УВД;
- использование прикладных программ для решения задач динамики конкретных ВС ГА.

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 отказов 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 ситуации.

Уметь:

- рассчитать 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.

Иметь опыт:

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

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины	150	5	6
Аудиторные занятия	98	5	6
Лекции	68	5	6
Лабораторные работы (ЛР)	30	5	6
Индивидуальные занятия	8	5	6
Самостоятельная работа	34	5	6
Курсовая работа	20		6
Зачет		5	
Экзамен			6

### 4. Содержание дисциплины.

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ЛР
1	2	3	4
1.	Введение в динамику полета	*	
2.	Уравнения движения ЛА	*	
3.	Горизонтальный полет	*	*
4.	Набор высоты	*	*
5.	Снижение самолета	*	
6.	Дальность и продолжительность полета	*	
7.	Криволинейное движение самолета	*	
8.	Взлет самолета	*	*
9.	Посадка самолета	*	*
10.	Особые случаи полета	*	
11.	Понятие о равновесии, балансировки, устойчивости и управляемости самолета	*	
12.	Продольная статическая балансировка самолета	*	
13.	Продольная статическая устойчивость самолета	*	*
14.	Продольная статическая управляемость самолета	*	
15.	Боковая статическая балансировка самолета	*	
16.	Боковая статическая устойчивость самолета	*	*

17.	Боковая статическая управляемость самолета	*	
1	2	3	4
18.	Особенности управляемости самолета в криволинейном полете	*	
19.	Основы анализа возмущенного движения	*	
20.	Особенности полета самолета на больших углах атаки	*	*
21.	Основы динамики полета вертолета	*	

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины.

##### Раздел 1. Введение в динамику полета.

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

Положение ЛА. Нормальная земная система координат. Допущения 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 система 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.

##### Раздел 2. Уравнения движения ЛА.

Угловая скорость движения ЛА. Уравнения кинематических связей угловых скоростей. Силы, действующие на ЛА, и их задания. Уравнения сил. Уравнения моментов. Общая система уравнений движения ЛА и ее 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.

##### Раздел 3 . Горизонтальный полет.

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.

СРС: Эксплуатационные ограничения скорости полета. Диаграмма диапазона индикаторных скоростей. Разгон и торможение самолета.

#### Раздел 4. Набор высоты.

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.

СРС: Поляра скоростей набора высоты. Неустановившийся набор высоты.

#### Раздел 5. Снижение самолета.

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

СРС: Поляра скоростей снижения. Скоростное, вынужденной и экстренное снижение самолета.

#### Раздел 6. Дальность и продолжительность полета.

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

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

#### Раздел 7. Криволинейное движение.

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.

#### Раздел 8. Взлет самолета

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

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

#### Раздел 9. 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 взлетно-посадочные характеристики и пути их улучшения. Особые ситуации при посадке самолета.

#### Раздел 10. Особые случаи полета.

Полет с отказавшим двигателем, в условиях турбулентности потока, на больших высотах, в условиях обледенения, ограниченной видимости, электрических и молниевых разрядов.

Раздел 11. Понятие о равновесии, балансировке, устойчивости и управляемости.

Статическая и динамическая устойчивость и управляемость. Разделение движения на продольное и боковое. Центровка самолета.

#### Раздел 12. 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.

#### Раздел 13. 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.

#### Раздел 14. 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.

Раздел 15. Боковая статическая балансировка самолета.

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

Раздел 16. 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.

Раздел 17. 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.

Раздел 18. 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.

Раздел 19. Основы анализа возмущенного движения.

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

Раздел 20. 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.

Раздел 21. Основы динамики полета вертолета.

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.

#### 5. Лабораторный практикум.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1.	3	Исследование возможностей самолета в горизонтальном полете
2.	4	Исследование прямолинейного набора высоты
3.	4	Определение скорости наивыгоднейшего набора высоты
4.	8	Исследование взлета самолета
5.	9	Исследование посадки самолета
6.	13	Исследование статической устойчивости самолета с помощью демонстрационной модели
7.	16, 20	Определение моментной диаграммы модели самолета в аэродинамической трубе

#### 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

##### 6.1. Рекомендуемая литература

###### а) основная литература

Жуков А.Я., Егоров В.И., Ермаков А.Л., Журавлев В.Н., Ципенко В.Г. «Динамика полета транспортных ЛА». Учебник .- М.: Транспорт, 1996.

###### б) дополнительная литература

1. Ермаков А.Л., Жуков А.Я., Ципенко В.Г. Методические указания к изучению курса «Динамика полета ЛА». – М.: МГТУ ГА, 1996.
2. Кубланов М.С. Методические указания к выполнению лабораторных работ на ПЭВМ по дисциплине «Динамика полета ЛА». – М.бМГТУ ГА, 1997.
3. Ермаков А.Л., Жуков А.Я., Ципенко В.Г. Методические указания к выполнению курсовой работы по динамике полета. – М.: МГТУ ГА 1998.

##### 6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

а) Обучающе-контролирующая программа по дисциплине «Динамика полета», МГТУ ГА, 1992.

б) Три учебных фильма по разделам динамики полета, МГТУ ГА, 1993.

в) Демонстрационные модели, плакаты по разделам курса.

#### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

а) класс ПЭВМ для выполнения лабораторных работ;

б) учебно-лабораторный комплекс УЛАК – 1 для проведения лабораторных работ с использованием аэродинамической трубы.



Программа составлена в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 160900 «Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники»,

Программу составил \_\_\_\_\_ Ципенко Владимир Григорьевич,  
профессор МГТУ ГА

Программа одобрена на заседании методического совета по специальности 160901 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методического совета по специальности 160901  
профессор Чинючин Ю.М.