

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра аэродинамики, конструкции и прочности
летательных аппаратов

В.В. Трофимов, В.Г. Ципенко

ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Учебно-методическое пособие
по изучению дисциплины

*для студентов III курса
направления 25.05.05
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2020

УДК 629.7.016
ББК 052-011
Т76

Рецензент:

Кубланов М.С. – д-р техн. наук, профессор

Трофимов В.В.

Т76

Летно-технические характеристики воздушных судов [Текст] : учебно-методическое пособие по изучению дисциплины / В.В. Трофимов, В.Г. Ципенко – М.: ИД Академии Жуковского, 2020. – 16 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Летно-технические характеристики воздушных судов» по учебному плану для студентов III курса направления 25.05.05 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 20.01.2020 г. и методического совета 14.01.2020 г.

УДК 629.7.016
ББК 052-011

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1. ВВЕДЕНИЕ.....	4
2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. СТРУКТУРА КУРСА.....	6
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5. ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	14
6. ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	14
5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	14

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие содержит общие рекомендации по изучению дисциплины "Летно-технические характеристики воздушных судов" для студентов III курса направления образования 25.05.05 *Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения*. В пособии также изложены цели и задачи дисциплины, описание структуры курса, программа дисциплины с методическими указаниями по изучению ее разделов, список рекомендуемой литературы, контрольные вопросы, а также перечень лабораторных работ и практических занятий.

Обучение – процесс перевода содержания дисциплины из внешнего носителя, учебника, конспекта, в долговременную память обучаемого. Это достигается за счет:

- понимания (уяснения) учебного материала в процессе чтения (запоминание непонятого материала будет зубрежкой);
- воспроизведения материала путем рассказа вслух или записи на бумаге.

С первого раза может не все получиться и потребуются несколько попыток, при этом необходимо опять обращаться к тесту. Выполнение такой последовательности действий приводит к уверенному запоминанию материала. Если обучаемый заинтересован в закреплении материала, то запоминание части материала может происходить и на стадии уяснения.

Самостоятельная работа студентов по освоению дисциплины должна проводиться с помощью предлагаемой основной литературы [1 - 2], а также интернета.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов при изучении аэродинамических характеристик летательного аппарата на основе

закономерностей движения газа, как результат механического и теплового взаимодействия между газом и движущегося в нем твердого тела.

Задача изучения дисциплины - формирование у обучающихся компетенций, необходимых для осуществления производственно-технологической деятельности в сфере Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Лётно-технические характеристики воздушных судов» направлен на формирование у студентов компетенций, необходимых для осуществления производственно-технологической деятельности в сфере технической эксплуатации ЛА:

профессиональные компетенции (ПК):

- способность и готовность эксплуатировать воздушные суда, силовые установки и системы воздушных судов, включая радио- и электросветотехническое оборудование, системы автоматики и управления и бортовое аварийно-спасательное оборудование, в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (ПК-56).

В результате изучения дисциплины «Лётно-технические характеристики воздушных судов» студент должен:

- по компетенции ПК-56:

знать:

- летно-технические характеристики воздушных судов; ПК-56.1.1;

уметь:

- учитывать данные о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач; ПК-56.2.1;

владеть:

- навыками учета данных о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач; ПК-56.3.1.

3. СТРУКТУРА КУРСА

В Московском государственном техническом университете гражданской авиации курс "Летно-технические характеристики воздушных судов" для направления образования 25.05.05 обеспечивается в течение шестого семестра третьего курса восемью лекциями, тремя практическими занятиями и двумя лабораторными работами и завершается сдачей зачета.

Лекции предназначены для первичного ознакомления с материалом в методически правильной постановке и последовательности. На лекциях следует стремиться к точному конспектированию и к пониманию логических связей отдельных элементов курса и его разделов. В процессе самостоятельной работы с учебными пособиями и другой литературой можно восполнить пробелы конспекта, дополнить его новым материалом, а также зафиксировать свои собственные мысли. Все это позволит в дальнейшем продуктивно использовать конспект в качестве справочника.

Лабораторные работы предназначены для ознакомления с методами экспериментального определения аэродинамических характеристик летательного аппарата, а также с его летно-техническими характеристиками. Лабораторные работы выполняются с использованием аэродинамической трубы и вычислительной техники. Отчет о выполненной лабораторной работе защищается у преподавателя.

Практические занятия позволят закрепить теоретический материал дисциплины решением задач по аэродинамике и динамике полета.

Зачет проводится после успешного выполнения всего учебного плана (после защиты отчетов по всем лабораторным работам и практическим занятиям) в объеме контрольных вопросов каждого раздела программы дисциплины.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. Основы аэродинамики

Тема 1.1. Введение в аэродинамику. Основные параметры и свойства газа. Международная стандартная атмосфера (МСА). Основные уравнения движения газов.

Введение в аэродинамику. Предмет дисциплины, 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 аэродинамики. Основные параметры газов.

Международная стандартная атмосфера (МСА). Эмпирические выражения для вычисления параметров атмосферы в соответствующих слоях. Таблицы Международной стандартной атмосферы. Уравнение неразрывности. Уравнения движения. Уравнение Бернулли для различных моделей потока газа.

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 8-44, 66-75, 75-119].

Центральные вопросы темы: физические модели сплошной среды; принципы создания подъемной силы, уравнение Бернулли.

Контрольные вопросы:

1.1.1. Что изучает аэродинамика?

1.1.2. Что изучает динамика полета?

1.1.3. Основные параметры газообразной среды.

1.1.4. Уравнение состояния для совершенного газа.

1.1.5. Упрощенные физические модели идеального, вязкого и сжимаемого газов.

1.1.6. Касательные напряжения в вязком газе.

1.1.7. Мера сжимаемости газа.

1.1.8. Скорость звука.

- 1.1.9. Число Маха.
- 1.1.10. Принципы создания подъемной силы.
- 1.1.11. Стандартная атмосфера.
- 1.1.12. Траектория частицы сплошной среды.
- 1.1.13. Линия тока.
- 1.1.14. Трубка тока.
- 1.1.15. Обращенное движение.
- 1.1.16. Уравнение неразрывности.
- 1.1.17. Интеграл Бернулли.

Тема 1.2. Околосзвуковое и сверхзвуковое движение газа. Критическое число Маха.

Число Маха – мера сжимаемости газов. Распространение малых возмущений в газе при различных скоростях движения источника возмущения. Скачки уплотнения. Критическое число Маха.

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 8-44].

Центральные вопросы темы: Скорость звука, скачки уплотнения, критическое число Маха.

Контрольные вопросы:

- 1.2.1. Изоэнтропические одномерные течения газов..
- 1.2.2. Параметры торможения.
- 1.2.3. Максимальная скорость течения газа.
- 1.2.4. Сопло Лавалья.
- 1.2.5. Слабые возмущения.
- 1.2.6. Скачки уплотнения.
- 1.2.7. Критическое число Маха.
- 1.2.8. Методы увеличения критического числа Маха.

Тема 1.3. Аэродинамические характеристики профиля, крыла и самолета.

Геометрические характеристики профиля и крыла. Распределение давления по профилю. Аэродинамические силы и моменты профиля. Теорема Н.Е. Жуковского о подъемной силе крыла. Понятие об аэродинамических характеристиках. Аэродинамические характеристики профиля. Аэродинамическое качество. Поляра.

Аэродинамические силы и моменты, действующие на самолет. Аэродинамическая компоновка. Аэродинамические характеристики самолета. Аэродинамическая интерференция.

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 120-170].

Центральные вопросы темы: Подъемная сила, лобовое сопротивление, поляра, аэродинамическое качество.

Контрольные вопросы:

- 1.3.1. Что такое профиль крыла?
- 1.3.2. Геометрические характеристики профиля и крыла.
- 1.3.3. Диаграмма распределения давления по профилю.
- 1.3.4. Аэродинамические характеристики профиля.
- 1.3.5. Теорема Н. Е. Жуковского о подъемной силе.
- 1.3.6. Аэродинамическое качество.
- 1.3.7. Крыло конечного размаха.
- 1.3.8. Индуктивное сопротивление крыла.
- 1.3.9. Методы снижения индуктивного сопротивления крыла.
- 1.3.10. Аэродинамическая компоновка.
- 1.3.11. Аэродинамическая интерференция.
- 1.3.12. Влияние интерференции крыла и фюзеляжа на подъемную силу.
- 1.3.13. Влияние интерференции крыла и фюзеляжа на силу лобового сопротивления.
- 1.3.14. Математическое описание модели поляры самолета

Раздел 2. Полет самолета по траектории.

Тема 2.1. Введение в динамику полета. Системы координат; ориентация самолета в пространстве. Уравнения движения ЛА. Горизонтальный полет.

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

Положение ЛА в пространстве. Нормальная земная система координат.

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

Угловая скорость движения ЛА. 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.

Уравнения движения горизонтального полета. 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.

Методические указания к изучению темы

Литература: [2, с. 5...69].

Центральные вопросы темы: Системы координат, горизонтальный полет, метод тяг Н. Е. Жуковского.

Контрольные вопросы:

- 2.1.1 Нормальная земная система координат.
- 2.1.2. Ориентация летательного аппарата в пространстве.
- 2.1.3. Углы Эйлера связанной системы координат.

- 2.1.4. Траекторная системы координат.
- 2.1.5. Углы Эйлера скоростной системы координат
- 2.1.6. Угол скольжения и угол атаки.
- 2.1.7. Уравнения движения горизонтального полета.
- 2.1.8. Потребная скорость горизонтального полета.
- 2.1.9. Потребная и располагаемая тяги.
- 2.1.10. Диаграмма тяг Н. Е. Жуковского.
- 2.1.11. Характерные скорости горизонтального полета.
- 2.1.12. Влияние высоты полета на характерные скорости горизонтального полета.
- 2.1.13. Теоретический потолок полета самолета.

Тема 2.2. 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.

Методические указания к изучению темы

Литература: [2, с. 69...97].

Центральные вопросы темы: Набор высоты, барограмма набора высоты, теоретический и практический потолки, снижение, планирование.

- 2.2.1. Уравнения движения при наборе высоты.
- 2.2.2. Характерные режимы набора высоты.
- 2.2.3. Влияние высоты полета на скорость набора высоты.
- 2.2.4. Влияние высоты полета на максимальную вертикальную скорость.

2.2.5. Барограмма подъема самолета.

2.2.6. Дальность при наборе высоты.

2.2.7. Уравнения движения самолета при снижении.

2.2.8. Планирование самолета.

2.2.9. Дальность при планировании.

Тема 2.3. Дальность и продолжительность полета.

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

Методические указания к изучению темы

Литература: [2, с. 98...116].

Центральные вопросы темы: Дальность полета, продолжительность полета, аэронавигационный запас топлива.

2.3.1. Располагаемый запас топлива.

2.3.2. Аэронавигационный запас топлива.

2.3.3. Из каких составляющих складывается дальность полета?

2.3.4. Из каких составляющих складывается продолжительность полета?

2.3.5. Часовой расход топлива.

2.3.6. Километровый расход топлива.

2.3.7. Дальность горизонтального полета.

2.3.8. Продолжительность горизонтального полета.

Тема 2.4. 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.

Методические указания к изучению темы

Литература: [2, с. 135...166].

Центральные вопросы темы: Взлет самолета, посадка, глиссада.

- 2.4.1. Из каких участков состоит этап взлета самолета?
- 2.4.2. Взлетная дистанция.
- 2.4.3. Длина участка разбега.
- 2.4.4. Длина воздушного участка при взлете самолета.
- 2.4.5. Скорость отрыва самолета от ВПП.
- 2.4.6. Из каких участков состоит этап посадки самолета?
- 2.4.7. Посадочная дистанция.
- 2.4.8. Длина воздушного участка при посадке самолета.
- 2.4.9. Посадочная скорость самолета.
- 2.4.10. Длина участка пробега самолета.

Раздел 3. Устойчивость и управляемость самолета.

Тема 3.1. Основные понятия и определения устойчивости и управляемости самолета

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.

Методические указания к изучению темы

Литература: [2, с. 167...192].

Центральные вопросы темы: равновесие; балансировка; устойчивость и управляемость; критерии устойчивости.

- 3.1.1. Равновесие самолета.
- 3.1.2. Балансировка самолета.

- 3.1.3. Устойчивость самолета.
- 3.1.4. Управляемость самолета.
- 3.1.5. Продольный момент самолета.
- 3.1.6. Аэродинамические моменты тангажа частей самолета.
- 3.1.7. Критерий продольной устойчивости.
- 3.1.8. Продольная статическая управляемость самолета.
- 3.1.9. Боковая статическая устойчивость самолета.
- 3.1.10. Флюгерная статическая устойчивость.
- 3.1.11. Критерий боковой статической устойчивости.
- 3.1.12. Критерий флюгерной статической устойчивости.

5. ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 1. Определение скорости воздушного потока – 4 часа.
- 2. Изучение свойств статической устойчивости летательного аппарата с помощью демонстрационной аэродинамической модели – 4 часа.

6. ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

- 1. Аэродинамические характеристики профиля крыла - 2 часа.
- 2. Горизонтальный полет. Расчет летно-технических характеристик методом тяг Н. Е. Жуковского - 2 часа.
- 3. Определение часового и километрового расхода топлива самолета при полете на дальность и продолжительность - 2 часа.

7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ пп	Автор	Наименование, издательство, год издания
Основная литература:		
1	Гарбузов В. М., Ермаков А. Л., Кубланов М. С., Ципенко В. Г.	Аэромеханика. М.: Транспорт, 2000. – 327 с.

2		Динамика полета транспортных летательных аппаратов. Под ред. Жукова А.Я. М.: Транспорт, 1996.–327 с.
Учебно-методическая литература:		
3	Трофимов В. В.	Летно-технические характеристики воздушных судов: Пособие по изучению дисциплины и выполнению лабораторных работ для студентов II курса направления образования 25.05.05 дневного обучения. – М.: МГТУ ГА, 2020..
Дополнительная литература		
4	Никитин Г. А., Баканов Е. А.	Основы авиации. М.: Транспорт, 1984. – 264 с.
5	Ефимов В. В.	Основы авиации. Часть 1. М.: МГТУ ГА, 2004. – 63 с.

В.В. Трофимов, В.Г. Ципенко

Летно-технические характеристики
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 29.06.2020 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 1 Усл. печ. л. 0,93
Заказ № 567/0225-УМП03 Тираж 70 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru