



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**



**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор

 Ю.Ю. Михальчевский

2021 год

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основы теории полета**

Направление подготовки  
**25.03.03 Аэронавигация**

Профиль:  
**Летная эксплуатация гражданских воздушных судов**

Квалификация выпускника:  
**бакалавр**

Форма обучения:  
**заочная**

Санкт-Петербург  
2021

## 1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у студента необходимого комплекса качеств (объема знаний) в области основных принципов и законов аэродинамики и динамики полета самолета.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение основных законов и положений аэродинамики и динамики полета;
- понимание физической сущности сложных аэродинамических процессов, происходящих в полете;
- знание режимов полета самолета и их характеристик;
- знание характеристик устойчивости и управляемости самолета, их зависимости от различных эксплуатационных факторов.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к эксплуатационно-технологической деятельности.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Основы теории полета» представляет собой дисциплину, относящуюся к обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина «Основы теории полета» базируется на курсах следующих дисциплин: «Высшая математика», «Физика».

Дисциплина «Основы теории полета» является обеспечивающей для дисциплин «Аэродинамика и динамика полета», «Практическая аэродинамика однодвигательного учебного самолета тип 1», «Практическая аэродинамика однодвигательного учебного самолета тип 2 ».

Дисциплина «Основы теории полета» изучается во 2-ом семестре.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Основы теории полета» направлен на формирование следующих компетенций:

| Код компетенции / индикатора   | Результат обучения: наименование компетенции; индикаторы компетенции  |
|--------------------------------|---|
| ПК-2                           | <b>Способен обеспечивать безопасное выполнение полетов на соответствующем виде и типе воздушного судна.</b> |
| ИД <sub>ПК2</sub> <sup>1</sup> | Соблюдает требования, предъявляемые к частному пилоту.  |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Код компетенции / индикатора   | Результат обучения: наименование компетенции; индикаторы компетенции  |
| ИД <sub>ПК2</sub> <sup>2</sup> | Соблюдает требования, предъявляемые к коммерческому пилоту.   |
| ИД <sub>ПК2</sub> <sup>3</sup> | Применяет знания и умения, требуемые для обеспечения безопасного выполнения полетов на соответствующем виде и типе воздушных судов. |

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основные понятия, законы и модели аэродинамики;
- физическую природу образования аэродинамических сил и моментов;
- способы управления аэродинамическими силами и моментами.

Уметь:

- оценивать возможности самолета на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях;
- оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность и эффективность полета.

Владеть:

- методикой расчета сил и моментов, действующих на самолет на различных этапах полета.
- методами анализа влияния эксплуатационных факторов на безопасность и эффективность полета.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

| Наименование                                  | Всего часов | Семестр |
|---|-------------|---------|
|   |             | 2       |
| Общая трудоемкость дисциплины                 | 72          | 72      |
| Контактная работа, всего                      | 36,5        | 36,5    |
| лекции  | 18          | 18      |
| практические занятия                          | 18          | 18      |
| семинары                                      | -           | -       |
| лабораторные работы                           | -           | -       |
| курсовой проект (работа)                      | -           | -       |
| Самостоятельная работа студента               | 27          | 27      |
| Промежуточная аттестация:                     | 9           | 9       |
| контактная работа                             | 0,5         | 0,5     |
| самостоятельная работа по подготовке к зачету | 8,5         | 8,5     |

## 5 Содержание дисциплины

### 5.1. Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

| Темы дисциплины                                | Количество часов | Компе-<br>тенции | Образовательные<br>технологии | Оценочные<br>средства |
|--|------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|
|  |                  | ПК-2             |                               |                       |
| Тема 1. Основные понятия аэродинамики.         | 7                | +                | ВК, Л, ПЗ, СРС                | УО,<br>РЗ, СЗ         |
| Тема 2. Общие сведения о самолете.             | 10               | +                | Л, ПЗ, СРС                    | УО                    |
| Тема 3. Аэродинамические характеристики крыла. | 11               | +                | Л, ПЗ, СРС                    | УО,<br>РЗ             |
| Тема 4. Характеристики воздушного винта.       | 7                | +                | Л, ПЗ, СРС                    | УО                    |
| Тема 5. Устойчивость и управляемость самолета. | 14               | +                | Л, ПЗ, СРС                    | УО                    |
| Тема 6. Основные режимы полета.                | 14               | +                | Л, ПЗ, СРС                    | УО,<br>РЗ, СЗ         |
| Итого по дисциплине                            | 63               |                  |                               |                       |
| Промежуточная аттестация                       | 9                |                  |                               | ЗаО                   |
| Всего по дисциплине                            | 72               |                  |                               |                       |

Сокращения: ВК – входной контроль; Л – лекция; ПЗ – практическое занятие; СРС – самостоятельная работа студента; УО – устный опрос, РЗ – расчетная задача, СЗ – ситуационная задача, ЗаО – зачет с оценкой.

### 5.2. Темы дисциплины и виды занятий

| Наименование темы дисциплины                   | Л | ПЗ | СРС | Всего часов |
|--|---|----|-----|-------------|
| Тема 1. Основные понятия аэродинамики.         | 2 | 2  | 3   | 7           |
| Тема 2. Общие сведения о самолете.             | 2 | 2  | 6   | 10          |
| Тема 3. Аэродинамические характеристики крыла. | 4 | 4  | 3   | 11          |
| Тема 4. Характеристики воздушного винта.       | 2 | 2  | 3   | 7           |
| Тема 5. Устойчивость и управляемость самолета. | 4 | 4  | 6   | 14          |

| Наименование темы дисциплины    | Л  | ПЗ | СРС | Всего часов |
|---------------------------------|----|----|-----|-------------|
| Тема 6. Основные режимы полета. | 4  | 4  | 6   | 14          |
| Итого по дисциплине             | 18 | 18 | 27  | 63          |
| Промежуточная аттестация        |    |    |     | 9           |
| Всего по дисциплине             |    |    |     | 72          |

Сокращения: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие; СРС – самостоятельная работа студента.

### 5.3. Содержание дисциплины

#### Тема 1. Основные понятия аэродинамики

Строение атмосферы. Физические свойства воздуха: температура, давление, плотность, сжимаемость, вязкость. Зависимость параметров воздуха от высоты. Основные законы аэродинамики. Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли для несжимаемого газа. Принцип обратимости движения. Воздушная скорость. Принцип измерения воздушной скорости. Истинная и приборная воздушные скорости. Пограничный слой. Определение пограничного слоя. Виды пограничного слоя: ламинарный и турбулентный. Условия перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный.

#### Тема 2. Общие сведения о самолете

Основные агрегаты самолета и их назначение. Фюзеляж. Крыло, элероны, закрылки. Хвостовое оперение: стабилизатор, руль высоты, триммер руля высоты, киль, руль направления. Шасси. Силовая установка: двигатель, воздушный винт. Системы координат. Земная система координат. Связанная система координат. Углы, определяющие пространственное положение самолета: угол тангажа, угол наклона траектории, угол атаки, угол крена, угол рыскания, угол скольжения. Силы, действующие на самолет в полете. Сила тяжести (вес). Подъемная сила. Тяга винта. Лобовое сопротивление. Масса и центровка самолета. Определения рулежной, взлетной и посадочной масс самолета. Расчет массы самолета. Понятие центровки самолета, ограничения. Расчет центровки относительно средней аэродинамической хорды. Расчет центровки относительно базовой (опорной) плоскости. Перегрузка. Определение перегрузки. Виды перегрузки: вертикальная, продольная, боковая.

#### Тема 3. Аэродинамические характеристики крыла

Геометрические характеристики крыла. Форма крыла в плане (прямоугольная, трапециевидная). Профиль крыла (симметричный, плосковыпуклый,

двоковыпуклый). Размах, хорда, площадь, удлинение, сужение, угол установки, угол поперечного V. Расположение крыла (низкоплан, высокоплан). Подъемная сила крыла. Формула подъемной силы, значение её компонентов. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки. Критический угол атаки. Центр давления крыла, зависимость его положения от угла атаки и скорости полета. Аэродинамический фокус крыла. Лобовое сопротивление. Формула лобового сопротивления, значение её компонентов. Зависимость коэффициента лобового сопротивления от угла атаки. Профильное и индуктивное сопротивление. Лобовое сопротивление самолета, его отличие от сопротивления крыла. Поляра крыла и самолета, аэродинамическое качество. Принцип построения поляры. Понятие аэродинамического качества. Определение аэродинамического качества с помощью поляры. Физический смысл аэродинамического качества. Элероны. Назначение и расположение элеронов. Принцип работы элеронов. Закрылки. Назначение и расположение закрывков. Типы закрывков и щитков (простые, щелевые). Влияние выпуска закрывков на аэродинамические характеристики крыла: подъемную силу, лобовое сопротивление, аэродинамическое качество, критический угол атаки.

#### **Тема 4. Характеристики воздушного винта**

Геометрические характеристики винта. Число и форма лопастей, диаметр. Угол установки лопастей, геометрический шаг. Винты фиксированного и изменяемого шага. Работа воздушного винта. Принцип создания тяги. Зависимость тяги винта от скорости полета и частоты вращения, преимущества винта изменяемого шага. Режимы работы винта: положительная тяга, отрицательная тяга, авторотация.

#### **Тема 5. Устойчивость и управляемость самолета**

Основные определения. Понятия устойчивости, управляемости, равновесия, балансировки. Взаимосвязь характеристик устойчивости и управляемости. Управление самолетом. Принцип работы аэродинамического руля. Аэродинамическая компенсация рулей. Назначение и принцип работы триммера. Продольное движение самолета. Условия продольного равновесия самолета, возможные возмущения. Продольная устойчивость самолета по углу атаки и по скорости. Продольная управляемость самолета. Продольная балансировка самолета, работа триммера руля высоты. Боковое движение самолета. Условия поперечного равновесия самолета, возможные возмущения. Поперечная устойчивость самолета, способы её обеспечения. Поперечная управляемость и балансировка самолета. Условия путевого равновесия самолета, возможные возмущения. Путевая устойчивость самолета. Путевая управляемость и балансировка самолета. Взаимосвязь поперечного и путевого движений самолета.

## Тема 6. Основные режимы полета

Горизонтальный полет. Схема действующих сил и уравнения равновесия самолета. Понятия о потребной и располагаемой тяге горизонтального полета. Характерные скорости горизонтального полета: скорость сваливания, экономическая скорость, крейсерская скорость, максимальная скорость. Первый и второй режимы горизонтального полета. Дальность и продолжительность горизонтального полета. Набор высоты. Схема действующих сил и уравнения равновесия самолета. Характеристики набора высоты: вертикальная скорость (скороподъемность), угол наклона траектории, градиент набора. Теоретический и практический потолок самолета. Снижение. Моторное снижение, схема действующих сил и уравнения равновесия самолета. Планирование, схема действующих сил и уравнения равновесия самолета. Расчет дальности планирования, влияние направления и скорости ветра. Вираж самолета. Правильный и неправильный вираж. Схема действующих сил и уравнения равновесия самолета при выполнении виража. Радиус и время виража, влияние скорости и угла крена. Вертикальная перегрузка при выполнении виража. Взлет самолета. Определение, этапы взлета, длина разбега, взлетная дистанция. Характерные скорости при взлете. Влияние массы и конфигурации самолета на его взлетные характеристики. Влияние характеристик ВПП и метеоусловий на взлетные характеристики самолета. Посадка самолета. Определение, этапы посадки, длина пробега, посадочная дистанция. Влияние массы и конфигурации самолета на его посадочные характеристики. Влияние характеристик ВПП и метеоусловий на посадочные характеристики самолета. Особые (сложные) условия полета. Обледенение. Атмосферная турбулентность. Сдвиг ветра. Критические режимы (сваливание, штопор).

### 5.4. Практические занятия

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий   | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 1                     | Практическое занятие № 1. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли.      | 2                   |
| 2                     | Практическое занятие № 2. Масса и центровка самолета.                       | 2                   |
| 3                     | Практическое занятие № 3. Аэродинамические силы крыла.                      | 2                   |
| 3                     | Практическое занятие № 4. Аэродинамическое качество крыла и самолета.       | 2                   |
| 4                     | Практическое занятие № 5. Режимы работы воздушного винта.                   | 2                   |
| 5                     | Практическое занятие № 6. Продольная устойчивость и управляемость самолета. | 2                   |

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| 5                    | Практическое занятие № 7. Боковая устойчивость и управляемость самолета.          | 2  |
| 6                    | Практическое занятие № 8. Горизонтальный полет, набор высоты и снижение самолета. | 2  |
| 6                    | Практическое занятие № 9. Взлет и посадка самолета.                               | 2  |
| Итого по дисциплине: |   | 18 |

### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### 5.6. Самостоятельная работа

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы   | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 1                     | Повторение темы «Основные понятия аэродинамики», подготовка к устному опросу. [1 - 9]         | 3                   |
| 2                     | Повторение темы «Общие сведения о самолете», подготовка к устному опросу. [1 - 9]             | 6                   |
| 3                     | Повторение темы «Аэродинамические характеристики крыла», подготовка к устному опросу. [1 - 9] | 3                   |
| 4                     | Повторение темы «Характеристики воздушного винта», подготовка к устному опросу. [1 - 9]       | 3                   |
| 5                     | Повторение темы «Устойчивость и управляемость самолета», подготовка к устному опросу. [1 - 9] | 6                   |
| 6                     | Повторение темы «Основные режимы полета», подготовка к устному опросу. [1 - 9]                | 6                   |
| Итого по дисциплине   |   | 27                  |

### 5.7. Курсовые работы

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.



## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Мхитарян А.М. **Аэродинамика**. Учебник для вузов. [Текст] – М., Машиностроение, 1976. 446 с. Количество экземпляров – 72.
2. **Динамика полета**: Учеб. для вузов [Текст]/Мхитарян А.М., ред. – М.: Машиностроение, 1978. 424 с. Количество экземпляров – 176.
3. Матвеев Ю.И. **Траекторные задачи динамики полета гражданских воздушных судов**. [Текст] - Л.: ОЛАГА, 1981, 110с. Количество экземпляров – 214.
4. Ефимова М.Г., Ципенко В.Г. **Основы аэродинамики и летно-технические характеристики воздушных судов**: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2010. – 116 с. – ISBN 978-5-86311-750-8. [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://elibrary.ru/item.asp?id=19642971> свободный (дата обращения – 29.12.2017).

б) дополнительная литература:

5. **Основы аэродинамики и динамики полета** [Текст]. Часть 1. – Рига: Ин-т транспорта и связи, 2010. – 105 с. Количество экземпляров – 140.
6. Матвеев Ю.И. **Аэродинамика и динамика полета. Ч. 1. Аэродинамика гражданских воздушных судов**. Учебное пособие. [Текст]/ – СПб, Академия ГА, 2001, 120 с. Количество экземпляров – 468.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

7. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный.

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Microsoft Windows XP, Microsoft Office 2007.

8. **Электронно-библиотечная система «Лань»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>, свободный (дата обращения – 29.12.2017).
9. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения – 29.12.2017).

## **7 Материально-техническое обеспечение преподавания дисциплины**

1. Компьютерный класс кафедры. Ауд.254.
2. Средства для компьютерной презентации учебных материалов в аудиториях кафедры.

## **8 Образовательные и информационные технологии**

Входной контроль проводится в форме устных опросов с целью оценивания остаточных знаний по ранее изученным дисциплинам или разделам изучаемой дисциплины.

При изучении дисциплины используются лекции, практические занятия и самостоятельная работа студента.

Лекции являются одним из важнейших видов образовательных технологий и составляют основу теоретической подготовки студентов по дисциплине. Они должны давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных, проблемных вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления.

Практические занятия проводятся с использованием специальных компьютерных программ и предназначены для закрепления полученных знаний, а также выработки необходимых умений и навыков.

Самостоятельная работа студента проводится с целью закрепления и совершенствования осваиваемых компетенций, предполагает сочетание самостоятельных теоретических занятий и самостоятельное выполнение практических заданий, описанных в рекомендованной литературе.

## **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы теории полета» предназначен для выявления и оценки уровня и качества знаний студентов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачета с оценкой во втором семестре.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает устные опросы, решение расчетных и ситуационных задач.

Устный опрос проводится на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся. Также устный опрос проводится для входного контроля по вопросам (п. 9.4).

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Основы теории полета» проводится во втором семестре в форме зачета с оценкой. Этот вид

промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины. Зачет с оценкой предполагает устные ответы на 2 теоретических вопроса из перечня вопросов для промежуточной аттестации и решение расчетной и ситуационной задач.

Методика формирования результирующей оценки в обязательном порядке учитывает активность студентов на лекциях и практических занятиях, участие студентов в конференциях и подготовку ими публикаций. Описание шкалы оценивания, используемой для проведения промежуточных аттестаций, приведено в п. 9.5.

### **9.1. Балльно–рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов**

Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов учебным планом не предусмотрена.

### **9.2. Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Зачет с оценкой проводится в объеме материала рабочей программы дисциплины, изученного студентами в семестре «2» в устной форме. Перечень вопросов, выносимых на зачет, обсуждается на заседании кафедры и утверждается заведующим кафедрой.

Устный опрос оценивается:

- «зачет», обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;
- «не зачет», обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

### **9.3. Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине**

В учебном плане рефератов и курсовых работ не предусмотрено.

### **9.4. Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам**

Примерный перечень контрольных вопросов:

1. Прямоугольная система координат.
2. Тригонометрические функции.
3. Определение производной функции.
4. Производные простейших функций.

5. Частная производная.
6. Полный дифференциал функции.
7. Дифференциалы простейших функций.
8. Максимум и минимум функции.
9. Неопределенный интеграл.
10. Определенный интеграл.
11. Теорема Остроградского – Гаусса.
12. Таблица простейших интегралов.
13. Газодинамические параметры.
14. Адиабатический процесс.
15. Уравнение адиабаты.
16. Уравнение состояния идеального газа.
17. Скорость звука.
18. Сила, работа, мощность.
19. Импульс, энергия.
20. Законы Ньютона.
21. Законы сохранения массы, импульса, энергии.
22. Центр масс.
23. Сила тяжести.
24. Масса и вес твердого тела.

**9.5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения компетенций)               | Критерии оценивания   |
|-------------|---|---|
| ПК-2        | <p>ИД<sub>ПК2</sub><sup>1</sup></p> <p>ИД<sub>ПК2</sub><sup>2</sup></p> | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, законы и модели аэродинамики;</li> <li>- физическую природу образования аэродинамических сил и моментов;</li> <li>- способы управления аэродинамическими силами и моментами.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать возможности самолета на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях;</li> </ul> |

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания   |
|-------------|---|---|
|             | ИД <sup>3</sup> <sub>ПК2</sub>                            | <p>- оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность и эффективность полета. Владеет:</p> <p>- методикой расчета сил и моментов, действующих на самолет на различных этапах полета.</p> <p>- методами анализа влияния эксплуатационных факторов на безопасность и эффективность полета.</p> |

## 9.6. Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### Перечень типовых вопросов для текущего контроля

1. Физико-механические свойства воздуха.
2. Параметры воздушного потока.
3. Физический смысл уравнения неразрывности.
4. Уравнение Бернулли.
5. Параметры торможения потока газа.
6. Ламинарный пограничный слой.
7. Турбулентный пограничный слой.
8. Обтекание несущих поверхностей при малых скоростях.
9. Взаимодействие воздушного потока с обтекаемым телом.
10. Аэродинамические силы
11. Аэродинамические моменты.
12. Коэффициенты аэродинамических сил.
13. Геометрические параметры профиля крыла.
14. Режимы обтекания тел потоком вязкого газа.
15. Основные аэродинамические характеристики профиля.
16. Крыло конечного размаха в потоке несжимаемого газа.
17. Аэродинамические характеристики самолета.
18. Аэродинамическая интерференция частей самолета.
19. Аэродинамическая компоновка самолета.
20. Механизация крыла.
21. Системы координат, используемые в динамике полета.
22. Уравнения движения самолета в проекциях на оси координат.
23. Силы, действующие на самолет в полете.
24. Прямолинейный полет.

25. Кривые потребных и располагаемых тяг.
26. Характеристики горизонтального полета.
27. Характеристики набора высоты.
28. Характеристики моторного снижения.
29. Характеристики планирования.
30. Дальность и продолжительность горизонтального полета.
31. Дальность и продолжительность полета при наборе и снижении.
32. Криволинейный полет.
33. Правильный вираж (разворот).
34. Общая характеристика взлета.
35. Схема взлета.
36. Схема захода на посадку и посадки.
37. Определения устойчивости и управляемости.
38. Продольная устойчивость самолета.
39. Два типа продольного возмущенного движения.
40. Устойчивость по перегрузке и по скорости.
41. Боковая устойчивость самолета.
42. Силы и моменты, действующие на самолет в боковом движении.
43. Боковые статические и динамические силы и моменты.
44. Зависимость сил и моментов от аэродинамической компоновки.
45. Пути уменьшения усилий на штурвале.
46. Боковая управляемость самолета.
47. Балансировочные кривые.
48. Пути улучшения устойчивости и управляемости самолета.
49. Особенности полета на больших углах атаки.
50. Сваливание самолета.
51. Вывод самолета из сваливания.
52. Особенности работы силовой установки на больших углах атаки.
53. Обратная реакция по крену на отклонение руля направления.
54. Снижение эффективности рулей.
55. Экстренное снижение самолета.
56. Особенности полета в условиях обледенения.
57. Особенности полета в условиях атмосферной турбулентности.
58. Особенности полета в условиях сдвига ветра
59. Особенности полета в условиях ливневых осадков.
60. Наземное обледенение, его влияние на безопасное выполнение взлета.

### **Типовые расчетные задачи для решения на практических занятиях**

1. Определить скорость несжимаемого воздушного потока, если давление торможения равно 99500 Па, а статическое давление равно 97000 Па при температуре воздуха 12 °С.

2. Найти аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы, если коэффициент полной аэродинамической силы равен 0,5, аэродинамическое качество профиля 25.

3. Какое различие будет в максимальных скоростях полета самолета в зимний период при температуре  $-35^{\circ}\text{C}$  и летом при температуре  $+35^{\circ}\text{C}$ , если максимальное допустимое число Маха для данного самолета равно 0,75?

4. При каких числах Маха будет совершаться полет самолета со скоростью 1050 км/ч на высотах 5 и 9 км?

5. Самолет летит на высоте 5 км. Измерение полного давления с помощью насадки Пито дает величину давления 91192 Па (давление заторможенного потока). С какой скоростью выполняется полет и насколько ее надо увеличить, чтобы лететь со скоростью звука на данной высоте?

6. Определить потребную скорость горизонтального полета самолета при стандартных условиях у земли, если полетная масса самолета 5250 кг, площадь крыла  $71,5\text{ м}^2$ , коэффициент подъемной силы 0,7.

7. Определить угол набора высоты самолета с полетной массой 5250 кг, если при равных условиях в ГП избыток тяги составляет 3690 Н.

8. Определить аэродинамическое качество самолета на некотором угле атаки, если самолет планирует на скорости 140 км/ч с тягой  $P = 0$  и вертикальной скоростью  $V_y = 4\text{ м/с}$ .

9. Определите скорость отрыва самолета массой 5250 кг при следующих условиях: площадь крыла  $71,5\text{ м}^2$ , плотность воздуха  $1,225\text{ кг/м}^3$ ,  $C_{y_{\text{отр}}} = 1,25$ .

10. Определите посадочную скорость самолета массой 5250 кг при следующих условиях: площадь крыла  $71,5\text{ м}^2$ , плотность воздуха  $1,225\text{ кг/м}^3$ ,  $C_{y_{\text{пос}}} = 1,12$ .

11. Ознакомьтесь с чертежом крыла (рис. 1), выполненном в масштабе 1:400 к крылу реального ЛА. Перечертите заданное крыло в масштабе 1:1. Поставьте размерные линии для следующих геометрических характеристик: размах крыла, корневая хорда, концевая хорда, средняя геометрическая хорда, углы стреловидности по передней и задней кромкам и по линии четвертей хорд.

Пользуясь масштабом, определите геометрические характеристики реального крыла и поставьте размеры на чертеже. Определите площадь, удлинение и сужение крыла.

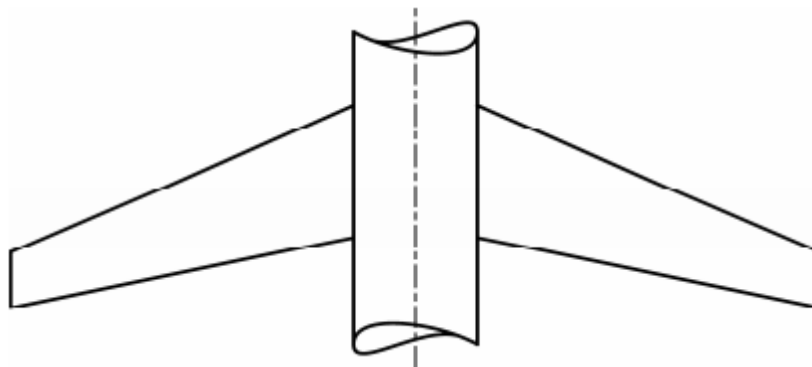


Рис. 1. Крыло самолета

## Типовые ситуационные задачи для решения на практических занятиях

### Задача 1.

1. По исходным данным таблицы 1 определите аэродинамическое качество заданного профиля и постройте графики  $C_x = f(\alpha)$ ,  $C_y = f(\alpha)$ ,  $C_y = f(C_x)$ ,  $K = f(\alpha)$ . Как изменится аэродинамическое качество при применении механизации крыла? Сделайте соответствующие выводы и обоснуйте их.

2. По построенным графикам определите следующие значения:  $C_{y_{\max}}$ ,  $C_{x_{\min}}$ ,  $K_{\max}$ ,  $\alpha_0$ ,  $\alpha_{кр}$ ,  $\alpha_{нв}$ . Отметьте все возможные точки на графике поляры, сделав для этого необходимые построения. Как изменятся значения основных углов атаки при применении механизации крыла? Сделайте соответствующие выводы и обоснуйте их.

Таблица 1.

| Профиль НАСА 2213      |        |        | Профиль НАСА 2315      |        |        |
|------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|
| Угол атаки<br>$\alpha$ | $C_y$  | $C_x$  | Угол атаки<br>$\alpha$ | $C_y$  | $C_x$  |
| -4                     | -0,181 | 0,0120 | -4                     | -0,19  | 0,013  |
| -2                     | -0,012 | 0,0090 | -2                     | -0,01  | 0,010  |
| 0                      | 0,136  | 0,0091 | 0                      | 0,13   | 0,011  |
| 2                      | 0,298  | 0,0142 | 2                      | 0,30   | 0,014  |
| 4                      | 0,44   | 0,0204 | 4                      | 0,42   | 0,020  |
| 6                      | 0,597  | 0,0300 | 6                      | 0,58   | 0,030  |
| 8                      | 0,740  | 0,0420 | 8                      | 0,72   | 0,040  |
| 10                     | 0,890  | 0,0560 | 10                     | 0,86   | 0,054  |
| 12                     | 1,030  | 0,0731 | 12                     | 1,15   | 0,090  |
| 16                     | 1,313  | 0,1145 | 16                     | 1,44   | 0,134  |
| 18                     | 1,460  | 0,1410 | 18                     | 1,53   | 0,162  |
| 20                     | 1,554  | 0,1710 | 20                     | 1,54   | 0,177  |
| 22                     | 1,410  | 0,2460 | 22                     | 1,44   | 0,230  |
| Профиль НАСА 0009      |        |        | Профиль НАСА 2315      |        |        |
| Угол атаки<br>$\alpha$ | $C_y$  | $C_x$  | Угол атаки<br>$\alpha$ | $C_y$  | $C_x$  |
| -6                     | -0,45  | 0,020  | -12                    | -0,572 | 0,0948 |
| -4                     | -0,30  | 0,014  | -8                     | -0,388 | 0,0254 |
| -2                     | -0,16  | 0,0085 | -2                     | 0,000  | 0,0116 |
| 0                      | 0,00   | 0,0064 | 0                      | 0,130  | 0,0126 |
| 2                      | 0,16   | 0,0085 | 2                      | 0,266  | 0,0162 |
| 4                      | 0,30   | 0,014  | 4                      | 0,400  | 0,0226 |
| 6                      | 0,45   | 0,020  | 8                      | 0,656  | 0,0428 |
| 8                      | 0,60   | 0,032  | 10                     | 0,792  | 0,0592 |
| 10                     | 0,74   | 0,042  | 12                     | 0,924  | 0,0768 |



|    |       |       |    |       |        |
|----|-------|-------|----|-------|--------|
| 12 | 1,05  | 0,077 | 16 | 1,166 | 0,1176 |
| 16 | 1,09  | 0,098 | 18 | 1,258 | 0,1462 |
| 18 | 1,030 | 0,140 | 20 | 1,280 | 0,1800 |
| 20 | 1,17  | 0,162 | 22 | 1,240 | 0,2386 |

### Задача 2.

1. Рассчитать кривую потребных тяг Жуковского и построить ее график для самолета с ТРД. Самолет имеет массу 90 т, высоту полета 11 км, площадь крыла 180 м<sup>2</sup>. Задана поляра самолета:

|          |        |        |        |        |        |        |        |       |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| $C_{ya}$ | 0      | 0,1    | 0,2    | 0,4    | 0,6    | 0,8    | 1,0    | 1,09  |
| $C_{xa}$ | 0,0194 | 0,0196 | 0,0208 | 0,0270 | 0,0381 | 0,0559 | 0,0891 | 0,123 |

2. По кривой Жуковского определить графическим способом характерные скорости горизонтального полета. Дать пояснения, чем характерна каждая скорость. Как изменятся характерные скорости горизонтального полета при изменении высоты полета? Сделайте соответствующие выводы и обоснуйте их.

### Задача 3.

1. Самолет массой 10 тонн с площадью крыла 71,5 м<sup>2</sup>, и величиной  $C_{ya_{отр}} = 1,05$  заходит на посадку. Оцените влияние на основные посадочные характеристики самолета следующих параметров:

- изменение взлетной массы;
- появление встречного ветра;
- появление попутного ветра;
- появление бокового ветра;
- обледенение взлетно-посадочной полосы;
- изменение температуры воздуха;
- изменение давления окружающей среды.

Свой ответ обоснуйте.

### Задача 4.

1. Самолет массой 10 тонн с площадью крыла 71,5 м<sup>2</sup>, и величиной  $C_{ya_{отр}} = 1,15$  готовится к взлету. Оцените влияние на основные посадочные характеристики самолета следующих параметров:

- изменение взлетной массы;
- появление встречного ветра;
- появление попутного ветра;
- появление бокового ветра;
- обледенение взлетно-посадочной полосы;

- изменение температуры воздуха;
- изменение давления окружающей среды.

Свой ответ обоснуйте.

### **Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации**

1. Состав и строение атмосферы.
2. Основные физические свойства воздуха.
3. Принцип обратимости движения.
4. Уравнение неразрывности потока.
5. Уравнение Бернулли.
6. Пограничный слой.
7. Основные геометрические характеристики крыла.
8. Подъемная сила крыла.
9. Зависимость подъемной силы от угла атаки.
10. Центр давления и аэродинамический фокус крыла.
11. Лобовое сопротивление крыла и самолета.
12. Зависимость лобового сопротивления от угла атаки.
13. Поляра крыла.
14. Аэродинамическое качество крыла и самолета.
15. Устройство и принцип работы закрылков.
16. Устройство и принцип работы элеронов.
17. Назначение и принцип работы стабилизатора.
18. Назначение и принцип работы кия.
19. Устройство и принцип работы руля высоты.
20. Устройство и принцип работы руля направления.
21. Аэродинамическая компенсация рулей и элеронов.
22. Устройство и принцип работы триммера.
23. Системы координат, применяемые в динамике полета.
24. Углы, характеризующие пространственное положение самолета.
25. Продольная устойчивость самолета.
26. Продольная управляемость и балансировка самолета.
27. Поперечная устойчивость самолета.
28. Поперечная управляемость самолета.
29. Путевая устойчивость самолета.
30. Путевая управляемость самолета.
31. Силы, действующие на самолет в полете. Перегрузка.
32. Условия равновесия сил в горизонтальном полете.
33. Графики потребных и располагаемых тяг.
34. Характерные скорости горизонтального полета.
35. Условия равновесия самолета в наборе высоты.
36. Условия равновесия самолета при моторном снижении.
37. Условия равновесия самолета при планировании.
38. Взлет самолета, длина разбега, взлетная дистанция.

39. Характерные скорости при взлете.
40. Посадка самолета, длина пробега, посадочная дистанция.
41. Виращ самолета, радиус и время виража.
42. Скольжение самолета, условия равновесия.

### **Типовые задачи для проведения промежуточной аттестации**

1. Определить требуемую тягу горизонтального полета самолета при некотором угле атаки, если полетная масса самолета 5250 кг, а аэродинамическое качество  $K=10$ .

2. С какой воздушной скоростью самолет может лететь на теоретическом потолке 5000 м, если его экономическая скорость у земли составляет 33,34 м/с?

3. Определить тягу, необходимую для набора высоты самолета с углом наклона траектории  $\theta=4^\circ$ , если при равных условиях в ГП потребная тяга составляет 5240 Н, полетная масса 5250 кг.

4. Определить вертикальную скорость набора высоты самолета с полетной массой 5250 кг, если при равных условиях горизонтального полета избыток мощности составляет 154560 Вт.

5. При некотором угле атаки потребная скорость горизонтального полета составляет 38,39 м/с. Определить потребную скорость планирования с тем же углом атаки, если угол наклона траектории при планировании  $\theta=8^\circ$ .

6. Определить угол планирования самолета, если при планировании на некотором угле атаки аэродинамические коэффициенты составляют  $C_{ya}=0,58$ ;  $C_{xa}=0,058$ .

### **Типовые ситуационные задачи для проведения промежуточной аттестации**

1. Самолет совершает установившийся горизонтальный полет на высоте  $H$  со скоростью  $V$ . Каким образом изменятся летно-технические характеристики самолета при изменении следующих параметров:

- массы самолета;
- метеорологической обстановки;
- высоты полета.

Свой ответ обоснуйте.

2. Каким образом изменятся основные взлетные характеристики самолета при изменении следующих параметров:

- массы самолета;
- метеорологической обстановки;
- качества ВПП;

- тяги силовой установки;
- конфигурации самолета.

Свой ответ обоснуйте.

3. Каким образом изменятся основные посадочные характеристики самолета при изменении следующих параметров:

- массы самолета;
- метеорологической обстановки;
- качества ВПП;
- тяги силовой установки;
- конфигурации самолета.

Свой ответ обоснуйте.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

По итогам освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой. Форма зачета предполагает устный ответ студента.

Зачет с оценкой является заключительным этапом изучения дисциплины и имеет целью проверить и оценить учебную работу студентов, уровень полученных ими знаний, умение применять их к решению практических задач, овладение практическими навыками в объеме требований образовательной программы на промежуточном этапе формирования компетенции ПК-2.

Зачет по дисциплине проводится во 2-ом семестре. К зачету допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы. Зачет принимается преподавателем, ведущим занятия в данной группе по данной дисциплине, а также лектором данного потока, в помощь, решением заведующего кафедрой, могут назначаться преподаватели, ведущие занятия по данной дисциплине.

Важнейшей частью образовательного процесса дисциплины являются учебные занятия. В ходе занятий осуществляется теоретическое обучение студентов, привитие им необходимых умений и практических навыков по дисциплине.

Учебные занятия начинаются и заканчиваются по времени в соответствии с утвержденным режимом СПб ГУГА в аудиториях согласно семестровым расписаниям. На занятиях, предусмотренных расписанием, обязаны присутствовать все обучающиеся. Освобождение студентов от занятий может проводиться только деканатом. Преподаватель обязан лично контролировать наличие студентов на занятиях.

Основными видами учебных занятий по дисциплине являются лекции, практические занятия. Виды учебных занятий определяются рабочей программой дисциплины.

Лекции являются одним из важнейших видов образовательных технологий и составляют основу теоретической подготовки студентов по дисциплине. Они должны давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине,

концентрировать внимание студентов на наиболее сложных, проблемных вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления.

Каждая лекция должна представлять собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы как логически законченного целого и иметь конкретную целевую установку. Лекции должны носить, как правило, проблемный характер. Основным методом в лекции выступает устное изложение лектором учебного материала, сопровождающееся демонстрацией схем, плакатов, моделей.

Порядок изложения материала лекции отражается в плане ее проведения.

Особое место в лекционном курсе по дисциплине занимают вводная и заключительная лекции.

Вводная лекция должна давать общую характеристику изучаемой дисциплины и кратко знакомить студентов с содержанием и структурой курса, а также с организацией учебной работы по нему.

Заключительная лекция должна давать научно-практическое обобщение изученной дисциплины, показывать перспективы развития изучаемой области знаний, навыков и практических умений.

Практические занятия по дисциплине имеют целью:

- углубление, расширение и конкретизацию теоретических знаний, полученных на лекции, до уровня, на котором возможно их практическое использование;
- экспериментальное подтверждение положений и выводов, изложенных в теоретическом курсе, и усиление доказательности обучения;
- отработку навыков и умений в пользовании графиками, схемами, матрицами информационно-аналитической работы;
- отработку умения использования ПК;
- проверку теоретических знаний.

Основу практических занятий составляет работа каждого обучаемого (индивидуальная и/или коллективная), по приобретению умений и навыков использования закономерностей, принципов, методов, форм и средств, составляющих содержание дисциплины в профессиональной деятельности и в подготовке к изучению дисциплин, формирующих компетенции выпускника. Практическим занятиям предшествуют лекции и целенаправленная самостоятельная подготовка студентов, поэтому практические занятия нужно начинать с краткого обзора цели занятия, напоминания о его связи с лекциями, и формирования контрольных вопросов-заданий, которые должны быть решены на данном занятии.

По результатам контроля знаний и умений преподаватель должен провести анализ хода и итогов практических занятий, отметить успехи студентов в решении учебной задачи, а также недостатки и ошибки, разобрать их причины и дать методические указания по их устранению. Таким образом, практические занятия являются важной формой обучения, в ходе которого знания студентов превращаются в необходимые профессиональные умения, навыки и компетенции.

Самостоятельная работа—это вид учебной деятельности, выполняемой студентом без непосредственного контакта с преподавателем, с помощью специальных учебных материалов. Самостоятельная работа студентов представляет собой неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее, прежде всего, индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности: 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения», специализации: «Организация лётной работы».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №14 «Аэродинамики и динамики полёта» «19» Мая 2021 года, протокол №10

Разработчик:

к.т.н., доцент

Садовников Г.С.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Заведующий кафедрой № 14 «Аэродинамики и динамики полёта»

к.т.н., доцент

Баранов Н. Е.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент

Костылев А.Г.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета «16» 06 2021 года, протокол № 7