

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНТРАНС РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-проректор по  
учебной работе  
Н.Н.Сухих

«14» февраля 2018 года



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Аэродинамика и динамика полёта

Специальность  
25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация  
воздушного движения

Специализация  
Организация аэронавигационного обеспечения полётов воздушных судов

Квалификация (степень) выпускника  
инженер

Форма обучения  
очная

Санкт-Петербург  
2018

## 1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у студента необходимого комплекса качеств (объёма знаний) в области аэродинамики и динамики полёта воздушных судов.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение основных законов и положений аэродинамики и динамики полёта;
- понимание физической сущности сложных аэродинамических процессов, происходящих в полёте;
- знание характеристик устойчивости и управляемости воздушных судов, их зависимости от различных конструктивных и эксплуатационных факторов.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к эксплуатационно-технологическому виду профессиональной деятельности.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Аэродинамика и динамика полёта» представляет собой дисциплину вариативной части профессионального цикла дисциплин.

Дисциплина «Аэродинамика и динамика полёта» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин «Математика», «Физика».

Дисциплина «Аэродинамика и динамика полёта» является обеспечивающей для дисциплины «Безопасность полётов».

Дисциплина изучается в 6-ом семестре.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Способность и готовность приобретать новые знания, использовать различные формы обучения, информационно образовательные технологии (ОК-21)	<b>Знать:</b> - источники информации по аэродинамике и динамике полёта. <b>Уметь:</b> - самостоятельно находить информацию по аэродинамике и динамике полёта. <b>Владеть:</b> - навыками поиска информации по аэродинамике и динамике полёта.

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>Способность использовать полученные знания для аргументированного обоснования своих решений с точки зрения безопасности (ОК-47)</p>	<p>Знать:  - особенности устойчивости и управляемости воздушных судов на предельных режимах полёта, в особых условиях и особых случаях в полёте.  Уметь:  - оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность полётов.  Владеть:  - навыками принятия решений с учетом знаний по аэродинамике и динамике полёта.</p>
<p>Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ПК-21).</p>	<p>Знать:  - основные законы аэродинамики.  Уметь:  - оценивать влияние эксплуатационных факторов на эффективность полётов воздушных судов.  Владеть:  - методикой расчета сил, действующих на воздушное судно на различных этапах полёта.</p>
<p>Способность и готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию ответственных решений в рамках своей профессиональной компетенции (ПК-22).</p>	<p>Знать:  - физическую природу образования аэродинамических сил и моментов.  Уметь:  - оценивать возможности воздушных судов на различных этапах полёта и в различных эксплуатационных условиях.  Владеть:  - навыками учёта возможностей воздушных судов на различных этапах полёта и в различных эксплуатационных условиях.</p>

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестры
		6
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа	56,5	56,5
лекции	36	36
практические занятия	18	18
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	–	–
другие виды аудиторных занятий	–	–
Самостоятельная работа студента	18	18
Промежуточная аттестация	36	36
контактная работа	2,5	2,5
самостоятельная работа по подготовке к экзамену	33,5	33,5

#### 5 Содержание дисциплины

##### 5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы дисциплины	Количество часов	Компетенции				Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-21	ОК-47	ПК-21	ПК-22		
<b>Тема 1.</b> Основные уравнения аэродинамики	8	*		*		ВК, Л, ПЗ, СРС	У
<b>Тема 2.</b> Аэродинамические характеристики	16	*	*		*	Л, ПЗ, СРС	У
<b>Тема 3.</b> Траекторные задачи динамики полёта	16	*		*	*	Л, ИЛ, ПЗ, СРС	У
<b>Тема 4.</b> Устойчивость и управляемость ВС	16	*	*	*	*	Л, ИЛ, ПЗ, СРС	У
<b>Тема 5.</b> Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях	16	*	*		*	Л, ИЛ, ПЗ, СРС	У
Итого по дисциплине	72						
Промежуточная аттестация	36						
Всего по дисциплине	108						

Сокращения: Л– лекция, ИЛ - интерактивная лекция, ПЗ - практические занятия, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, У – устный опрос.

## 5.2 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Тема 1. Основные уравнения аэродинамики	4	2	–	–	2	–	8
Тема 2. Аэродинамические характеристики	8	4	–	–	4	–	16
Тема 3. Траекторные задачи динамики полёта	8	4	–	–	4	–	16
Тема 4. Устойчивость и управляемость ВС	8	4	–	–	4	–	16
Тема 5. Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях	8	4	–	–	4	–	16
Итого по дисциплине	36	18	–	–	18	–	72
Промежуточная аттестация							36
Всего по дисциплине							108

Условные сокращения: ЛР – лабораторная работа, С – семинар, КР – курсовая работа

## 5.3 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные уравнения аэродинамики

Физико-механические свойства воздуха. Характерные параметры воздушного потока и их зависимости. Зависимость параметров воздушного потока от скорости и площади поперечного сечения. Физический смысл уравнения неразрывности. Уравнения Эйлера. Интеграл Бернулли. Уравнения Бернулли для несжимаемой жидкости и сжимаемого газа и их практическое применение. Параметры торможения потока газа. Особенности сверхзвуковых течений газа. Пограничный слой.

### Тема 2. Аэродинамические характеристики

Аэродинамика несущих поверхностей при малых скоростях и числах  $M$ . Физическая картина взаимодействия воздушного потока с обтекаемым телом. Понятие об аэродинамических силах, моментах и их коэффициентах. Системы

координат. Геометрические параметры профиля, крыла, фюзеляжа (тела вращения). Режимы обтекания тел потоком вязкого газа (жидкости). Профиль в потоке несжимаемого газа, основные аэродинамические характеристики профиля. Крыло конечного размаха в потоке несжимаемого газа. Особенности аэродинамики несущих поверхностей на больших числах  $M$ . Аэродинамические характеристики современных гражданских ВС. Аэродинамические характеристики самолёта. Понятие об аэродинамической интерференции частей и аэродинамической компоновке самолёта. Механизация крыла. Особенности аэродинамики перспективных ВС ГА. Влияние состояния поверхности на аэродинамические характеристики самолёта.

### **Тема 3. Траекторные задачи динамики полёта**

Системы координат, используемые в динамике полёта. Уравнения движения самолета в проекциях на оси координат. Силы, действующие на самолет в полёте. Прямолинейный полёт. Влияние конфигурации ВС, величины полетной массы, режима работы двигателей, высоты полёта, температуры и давления наружного воздуха, турбулентности атмосферы на кривые потребных и располагаемых тяг (мощностей) и характеристики горизонтального полёта, набора высоты и снижения. Дальность и продолжительность полёта. Основные положения и определения. Дальность и продолжительность полёта при наборе, снижении и в горизонтальном полёте. Криволинейный полёт. Правильный вираж (разворот). Взлет и посадка ВС. Взлёт. Общая характеристика взлёта. Схема взлёта. Посадка ВС. Схема захода на посадку и посадки.

### **Тема 4. Устойчивость и управляемость ВС**

Устойчивость и управляемость, как средство обеспечения полёта по заданной программе. Роль характеристик устойчивости и управляемости в обеспечении безопасности полёта ВС. Продольная устойчивость ВС. Два типа продольного возмущенного движения: быстро развивающееся (короткопериодическое) и медленно развивающееся (длиннопериодическое) движение. Устойчивость по перегрузке и по скорости. Боковая устойчивость ВС. Силы и моменты, действующие на воздушное судно в боковом движении. Боковые статические и динамические силы и моменты. Зависимость боковых сил и моментов от аэродинамической компоновки, конструктивных и эксплуатационных факторов. Пути уменьшения усилий на штурвале. Боковая управляемость ВС. Балансировочные кривые. Пути улучшения характеристик устойчивости и управляемости современных ВС.

### **Тема 5. Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях**

Особенности аэродинамики и динамики ВС при полёте на больших углах атаки. Сваливание самолета. Вывод самолета из сваливания. Изменение условий работы силовой установки на больших углах атаки. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости ВС ГА при полете на предельных скоростях и числах  $M$ . Особенности устойчивости и управляемости ВС при выходе за ограничения (всплывание элеронов, реверс элеронов,

самопроизвольное кренение, затягивание в пикирование, обратная реакция по крену на отклонение руля направления, снижение эффективности рулей и т.п.). Экстренное снижение ВС. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости ВС при попадании в условия обледенения, атмосферной турбулентности, сдвига ветра, ливневых осадков. Наземное обледенение, его влияние на безопасное выполнение взлёта. Особенности аэродинамики и динамики ВС при попадании в спутный след за самолётами и вертолётами. Отказ двигателя, его влияние на аэродинамические характеристики ВС.

#### 5.4 Практические занятия (семинары)

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоёмкость (часы)
1	Практическое занятие №1. Уравнение неразрывности.	1
1	Практическое занятие №2. Уравнение Бернулли.	1
2	Практическое занятие №3. Аэродинамические характеристики крыла.	2
2	Практическое занятие №4. Аэродинамические характеристики самолёта.	1
2	Практическое занятие №5. Волновой кризис.	1
3	Практическое занятие №6. Установившиеся режимы полёта.	2
3	Практическое занятие №7. Взлёт и посадка ВС.	2
4	Практическое занятие №8. Устойчивость ВС.	2
4	Практическое занятие №9. Управляемость ВС.	2
5	Практическое занятие №10. Аэродинамика и динамика ВС при полёте на предельных режимах.	2
5	Практическое занятие №11. Аэродинамика и динамика ВС при полете в сложных атмосферных условиях.	2
Итого по дисциплине		18

#### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

## 5.6. Самостоятельная работа

№темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	Изучение теоретического материала. Основные уравнения аэродинамики [1, 4]. Подготовка к устному опросу.	2
2	Изучение теоретического материала. Аэродинамические характеристики [1, 4, 5]. Подготовка к устному опросу.	4
3	Изучение теоретического материала. Траекторные задачи динамики полёта [2, 3, 4, 6]. Подготовка к устному опросу.	4
4	Изучение теоретического материала. Устойчивость и управляемость ВС [1, 2]. Подготовка к устному опросу.	4
5	Изучение теоретического материала. Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях [1, 2, 4]. Подготовка к устному опросу.	4
Итого по дисциплине		18

## 5.7 Курсовые работы

Курсовые работы 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 полёта**: 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. Ефимов М.Г., Ципенко В.Г. **Основы аэродинамики и лётно-технические характеристики воздушных судов**: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2010. – 116 с. – ISBN 978-5-86311-750-8. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный.

### б) дополнительная литература:

5. **Основы аэродинамики и динамики полёта** [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.

8. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный.

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

Microsoft Windows XP, Microsoft Office 2007.

### **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

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 как традиционные **лекции**, так и интерактивные лекции.

**Интерактивные лекции** (12 часов, п.5.1) проводятся в нескольких вариантах:

- **проблемная лекция** начинается с постановки проблемы, которую необходимо решить в процессе изложения материала.

- **лекция-визуализация** учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения.

- **лекция-беседа** предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией, позволяет привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, вовлечь в двусторонний обмен мнениями, выяснить уровень их осведомленности по рассматриваемой теме, степени их готовности к восприятию последующего материала, позволяет адресовать вопрос к конкретному студенту, спросить его мнение по обсуждаемой проблеме.

- **лекция-дискуссия**. Преподаватель при изложении лекционного материала не только использует ответы студентов на свои вопросы, но и

организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.

Интерактивные лекции проводятся по теме №3 (4 часа), теме №4 (4 часа) и теме №5 (4 часа).

**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 [1, 3].

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины 3 зачетные единицы, 108 академических часов

№ п/п	Раздел (тема) / Вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
		Минимальное значение	Максимальное значение		
<b>Обязательные виды занятий</b>					
<i>Аудиторные занятия</i>					
1	Практическое занятие 1	4	6	1	
2	Практическое занятие 2	4	6	2	
3	Практическое занятие 3	4	6	3	
4	Практическое занятие 4	4	6	4	
5	Практическое занятие 5	4	6	5	
6	Практическое занятие 6	5	6	6	
7	Практическое занятие 7	5	6	7	
8	Практическое занятие 8	5	7	8	
9	Практическое занятие 9	5	7	9	
10	Практическое занятие 10	5	7	10	
11	Практическое занятие 11	5	7	11	
<b>Итого баллов по разделам</b>		<b>50</b>	<b>70</b>		
<b>Экзамен</b>		<b>10</b>	<b>30</b>		
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>		
<b>Перевод балльно-рейтинговой системы в зачетную оценку</b>					
<b>Количество баллов по балльно-рейтинговой оценке</b>		<b>Результат сдачи экзамена</b>			
90 - 100		5 - «отлично»			

№ п/п	Раздел (тема) / Вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
		Минимальное значение	Максимальное значение		
75 – 89		4 - «хорошо»			
60 – 74		3 – «удовлетворительно»			
менее 60		2 – «неудовлетворительно»			

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

**Устный опрос:** предназначен для выявления уровня текущего освоения компетенций обучающимся по мере изучения дисциплины.

**Экзамен:** промежуточный контроль, оценивающий уровень освоения компетенций за семестр и за весь период изучения дисциплины.

## 9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

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

**Пример тестового задания, оценивающего готовность студента к освоению дисциплины «Аэродинамика и динамика полёта»**

1. Координаты.
2. Прямоугольная система координат.
3. Тригонометрические функции.
4. Определение производной функции.
5. Производные простейших функций.
6. Частная производная.
7. Полный дифференциал функции.
8. Дифференциалы простейших функций.
9. Максимум и минимум функции.
10. Неопределённый интеграл.
11. Определённый интеграл.
12. Теорема Остроградского – Гаусса.
13. Таблица простейших интегралов.
14. Газодинамические параметры.
15. Адиабатический процесс.
16. Уравнение адиабаты.
17. Уравнение состояния идеального газа.

18. Скорость звука.
19. Сила, работа, мощность.
20. Импульс, энергия.
21. Законы Ньютона.
22. Законы сохранения массы, импульса, энергии.
23. Центр масс.
24. Сила тяжести.
25. Масса и вес твёрдого тела.

**9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для балльно-рейтинговой оценки**

Критерии	Показатели	Описание шкалы оценивания
<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- источники информации по аэродинамике и динамике полёта;</li> <li>- основные законы аэродинамики;</li> <li>- физическую природу образования аэродинамических сил и моментов;</li> <li>- особенности устойчивости и управляемости воздушных судов на предельных режимах полета, в особых условиях и особых случаях в полёте.</li> </ul>	<p>Перечисляет аэродинамические силы и характеристики, даёт их определение, обосновывает их влияние на устойчивость и управляемость воздушных судов, в том числе, на предельных режимах полета, в особых условиях и особых случаях в полёте.</p>	<p><b>1 балл:</b> правильно формулирует законы аэродинамики, но допускает неточности в определении характеристик.</p> <p><b>2 балла:</b> демонстрирует знание аэродинамических сил и характеристик после дополнительных уточняющих вопросов.</p> <p><b>3 балла:</b> демонстрирует полное знание аэродинамических сил и может объяснить их природу и физический смысл.</p>
<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно находить информацию по аэродинамике и динамике полёта;</li> </ul>	<p>Обосновывает зависимость аэродинамических сил от эксплуатационных условий с точки зрения</p>	<p><b>1 балл:</b> правильно понимает сущность аэродинамических сил, не может объяснить</p>

Критерии	Показатели	Описание шкалы оценивания
<p>- оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность полётов;</p> <p>- оценивать влияние эксплуатационных факторов на эффективность полётов воздушных судов;</p> <p>- оценивать возможности воздушных судов на различных этапах полёта и в различных эксплуатационных условиях.</p>	<p>безопасности и эффективность полётов воздушных судов с учётом возможностей воздушных судов на различных этапах полёта и в различных эксплуатационных условиях.</p>	<p>зависимость аэродинамических сил от эксплуатационных условий.</p> <p><b>2 балла:</b> правильно понимает и обосновывает зависимость аэродинамических сил характеристик от эксплуатационных условий, самостоятельно устраняет незначительные ошибки в определениях.</p> <p><b>3 балла:</b> демонстрирует полное знание зависимостей аэродинамических сил характеристик от эксплуатационных условий.</p>
<p>Владеть:</p> <p>- навыками поиска информации по аэродинамике и динамике полёта;</p> <p>- навыками принятия решений с учетом знаний по аэродинамике и динамике полёта;</p> <p>- методикой расчета сил, действующих на воздушное судно на различных этапах</p>	<p>Способен выбрать необходимые для решения профессиональных задач методы расчёта и исходные данные, сформировать требования к информационным системам.</p>	<p><b>1 балл:</b> правильно записывает уравнения и объясняет порядок расчёта, делает незначительные ошибки в расчётах.</p> <p><b>2 балла:</b> правильно записывает уравнения и объясняет порядок расчёта аэродинамических характеристик.</p>

Критерии	Показатели	Описание шкалы оценивания
полёта; - навыками учёта возможностей воздушных судов на различных этапах полёта и в различных эксплуатационных условиях.		Самостоятельно выявляет и устраняет незначительные ошибки в расчётах. <b>3 балла:</b> правильно выполняет необходимые расчёты и формирует требования к информационным системам.

## 9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине

### Примерный перечень контрольных вопросов для проведения текущего контроля успеваемости

1. Физико-механические свойства воздуха.
2. Параметры воздушного потока.
3. Физический смысл уравнения неразрывности.
4. Уравнения Эйлера.
5. Уравнения Бернулли.
6. Параметры торможения потока газа.
7. Особенности сверхзвуковых течений газа.
8. Пограничный слой.
9. Обтекание несущих поверхностей при малых скоростях и числах  $M$ .
10. Взаимодействия воздушного потока с обтекаемым телом.
11. Аэродинамические силы
12. Аэродинамические моменты.
13. Коэффициенты аэродинамических сил.
14. Системы координат.
15. Геометрические параметры профиля крыла.
16. Режимы обтекания тел потоком вязкого газа (жидкости).
17. Основные аэродинамические характеристики профиля.
18. Крыло конечного размаха в потоке несжимаемого газа.
19. Особенности обтекания несущих поверхностей на больших числах  $M$ .
20. Аэродинамические характеристики самолёта.
21. Аэродинамическая интерференция частей самолёта.
22. Аэродинамическая компоновка самолёта.
23. Механизация крыла.

24. Системы координат, используемые в динамике полёта.
25. Уравнения движения самолета в проекциях на оси координат.
26. Силы, действующие на самолет в полёте.
27. Прямолинейный полёт.
28. Кривые потребных и располагаемых тяг (мощностей).
29. Характеристики горизонтального полёта.
30. Характеристики набора высоты.
31. Характеристики снижения.
32. Дальность и продолжительность горизонтального полёта.
33. Дальность и продолжительность полёта при наборе и снижении.
34. Криволинейный полёт.
35. Правильный вираж (разворот).
36. Общая характеристика взлёта.
37. Схема взлёта.
38. Схема захода на посадку и посадки.
39. Определения устойчивости и управляемости.
40. Продольная устойчивость ВС.
41. Два типа продольного возмущенного движения.
42. Устойчивость по перегрузке и по скорости.
43. Боковая устойчивость ВС.
44. Силы и моменты, действующие на ВС в боковом движении.
45. Боковые статические и динамические силы и моменты.
46. Зависимость сил и моментов от аэродинамической компоновки.
47. Пути уменьшения усилий на штурвале.
48. Боковая управляемость ВС.
49. Балансировочные кривые.
50. Пути улучшения характеристик устойчивости и управляемости ВС.
51. Особенности полёта на больших углах атаки.
52. Сваливание самолета.
53. Вывод самолета из сваливания.
54. Особенности работы силовой установки на больших углах атаки.
55. Реверс элеронов.
56. Самопроизвольное кренение.
57. Затягивание в пикирование,
58. Обратная реакция по крену на отклонение руля направления.
59. Снижение эффективности рулей.
60. Экстренное снижение ВС.
61. Особенности полёта в условиях обледенения.
62. Особенности полёта в условиях атмосферной турбулентности.
63. Особенности полёта в условиях сдвига ветра
64. Особенности полёта в условиях ливневых осадков.
65. Наземное обледенение, его влияние на безопасное выполнение взлёта.
66. Особенности полёта при попадании в спутный след.
67. Особенности полёта при отказе двигателя.

## Примерный перечень контрольных вопросов для экзамена

1. Физико-механические свойства воздуха.
2. Стандартная атмосфера.
3. Методы исследования движения жидкости.
4. Основные понятия кинематики сплошной среды.
5. Вихревое течение жидкости. Основные определения и понятия.
6. Циркуляция скорости.
7. Потенциальное течение жидкости.
8. Уравнение неразрывности.
9. Уравнения Эйлера.
10. Интеграл Бернулли.
11. Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости.
12. Уравнение Бернулли для сжимаемого газа.
13. Два режима течения вязкой жидкости.
14. Пограничный слой.
15. Отрыв пограничного слоя.
16. Распространение слабых возмущений в воздушной среде.
17. Обтекание углов сверхзвуковым потоком газа.
18. Основные соотношения для прямых скачков уплотнения.
19. Косые скачки уплотнения.
20. Уравнение Гюгонио. Сопло Лавалья.
21. Параметры торможения газа.
22. Критические параметры газа. Максимальная скорость течения газа.
23. Аэродинамические силы.
24. Аэродинамические моменты.
25. Геометрические параметры крыла.
26. Аэродинамическая и геометрическая крутки крыла.
27. Характерные хорды крыла.
28. Углы атаки, скольжения, крена.
29. Аэродинамические характеристики (определение).
30. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки.
31. Зависимость коэффициента лобового сопротивления от угла атаки.
32. Поляра крыла.
33. Зависимость аэродинамического качества от угла атаки.
34. Центр давления и аэродинамический фокус.
35. Зависимость коэффициента момента тангажа от угла атаки.
36. Распределение давления по поверхности крыла.
37. Волновой кризис.
38. Зависимости коэффициента подъемной силы и лобового сопротивления от числа Маха.
39. Особенности аэродинамики стреловидного крыла.
40. Суперкритический профиль крыла.
41. Геометрические характеристики фюзеляжа.
42. Аэродинамические характеристики самолета.

43. Аэродинамическая интерференция.
44. Механизация передней кромки крыла.
45. Механизация задней кромки крыла.
46. Интерцепторы.
47. Виды воздушных винтов.
48. Геометрические характеристики воздушных винтов.
49. Кинематические характеристики воздушных винтов.
50. Режимы работы воздушного винта.
51. Образование отрицательной тяги винта при работающей силовой установке (ТВД).
52. Работа винта при отказе турбовинтового двигателя.
53. Уравнения движения самолета в векторной форме.
54. Скоростная система координат.
55. Связанная система координат.
56. Траекторная система координат.
57. Уравнения движения самолёта в связанной системе координат.
58. Уравнения движения самолёта в траекторной системе координат.
59. Продольное и боковое движения самолёта.
60. Силы, действующие на самолет в полёте.
61. Перегрузка.
62. Установившийся горизонтальный полёт. Схема сил и уравнения движения.
63. Скорость, необходимая для выполнения установившегося горизонтального полёта.
64. Тяга и мощность, необходимые для выполнения установившегося горизонтального полёта.
65. Индикаторная скорость.
66. Кривые необходимых и располагаемых тяг установившегося горизонтального полёта.
67. Кривые необходимых и располагаемых мощностей установившегося горизонтального полёта.
68. Изменение характерных скоростей горизонтального полёта (теоретически минимальной, экономической, наивыгоднейшей и максимальной) с высотой.
69. Эксплуатационные ограничения минимальной и максимальной скоростей полёта.
70. Установившийся набор высоты. Схема сил и уравнения движения.
71. Скорость, необходимая для установившегося набора высоты.
72. Тяга и мощность, необходимые для установившегося набора высоты.
73. Угол наклона траектории и вертикальная скорость набора высоты.
74. Теоретический и практический потолок самолета.
75. Установившееся снижение самолета. Схема сил и уравнения движения.
76. Планирование (установившееся снижение с неработающими двигателями) самолёта. Схема сил и уравнения движения.
77. Дальность планирования.

78. Правильный вираж, схема сил.
79. Перегрузка, скорость, тяга и мощность на правильном вираже.
80. Взлёт самолета. Этапы взлёта.
81. Способы улучшения взлётно-посадочных характеристик самолётов.
82. Посадка самолета. Схема посадочной дистанции.
83. Равновесие самолёта.
84. Устойчивость самолёта. Основные понятия и определения.
85. Продольная статическая устойчивость по углу атаки (перегрузке).
86. Продольная статическая устойчивость по скорости.
87. Дальность и продолжительность полёта. Основные понятия и определения.
88. Влияние конструктивных особенностей и эксплуатационных факторов на дальность и продолжительность полёта.
89. Путевая (флюгерная) устойчивость.
90. Угол наклона траектории и вертикальная скорость набора высоты.
91. Поперечная устойчивость.
92. Характеристики динамической устойчивости.
93. Взаимосвязь путевой и поперечной устойчивости. Боковая устойчивость.
94. Продольная управляемость.
95. Путевая управляемость.
96. Поперечная управляемость.
97. Способы уменьшения шарнирного момента.
98. Полёт в турбулентной атмосфере.
99. Полёт в условиях спутного следа.
100. Расчёт взлётной дистанции.
101. Полёт в условиях ливневых осадков.
102. Полёт в условиях обледенения.
103. Взлёт и посадка в условиях сдвига ветра.
104. Полёт на больших углах атаки.
105. Полёт на больших числах Маха.
106. Отказ двигателя в полёте.
107. Отказ управления переставным стабилизатором.
108. Упругие деформации. Дивергенция крыла и оперения, реверс органов управления.
109. Самовращение крыла на больших углах атаки. Штопор.
110. Упругие колебания частей летательного аппарата. Бафтинг. Флаттер.
111. Особенности устойчивости и управляемости самолёта при движении по ВПП, покрытой атмосферными осадками.

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

Важнейшей частью образовательного процесса дисциплины «Аэродинамика и динамика полёта» являются аудиторные 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 теоретических занятий. Допуск в аудиторию опоздавших студентов запрещается. Никакие вызовы студентов и преподавателей с занятий не допускаются. 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, консультации. 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 законченное целое и иметь конкретную целевую установку. Основным методом лекции является 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, подчеркивать новизну проблем, указывать ее роль и место в системе (структурно-логической схеме) изучения других дисциплин, раскрывать учебные и воспитательные цели 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.

Кроме традиционных лекций, используются интерактивные лекции, которые проводятся в нескольких вариантах:

- проблемная лекция начинается с постановки проблемы, которую, необходимо решить в процессе изложения материала;

- лекция-визуализация учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения;

- лекция-беседа предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией, позволяет привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, вовлечь в двусторонний обмен мнениями, выяснить уровень их осведомленности по рассматриваемой теме, степени их готовности к восприятию последующего материала, позволяет адресовать вопрос к конкретному студенту, спросить его мнение по обсуждаемой проблеме;

- лекция-дискуссия. Преподаватель при изложении лекционного материала не только использует ответы студентов на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.

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 профессиональные необходимые умения, навыки и компетенции.

Консультации являются одной из форм руководства работой студентов и оказания им помощи в самостоятельном изучении учебного материала. Они проводятся регулярно в процессе всего периода обучения (по мере возникновения потребности) по предварительной договоренности студентов с лектором (преподавателем) в часы самостоятельной работы и носят в основном

индивидуальный характер. При необходимости разъяснения общих вопросов нескольким или всем обучающимся учебной группы проводятся групповые консультации.

Преподаватель имеет право вызывать на консультацию тех студентов, которые не показывают глубоких знаний и не пользуются консультациями по своей инициативе. В этих случаях преподаватель выясняет, работает ли студент систематически над учебным материалом, в какой степени усваивает его, в чём встречает наибольшие трудности. Установив фактическое положение дела, преподаватель даёт рекомендации по самостоятельному изучению материала, решению трудных вопросов и при необходимости назначает срок повторной консультации.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по специальности 162001 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №14 «Аэродинамики и динамики полёта» «22» января 2018 года, протокол № 5

Разработчик:

ст. преподаватель



Левин С. А.

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

Заведующий кафедрой №14 «Аэродинамики и динамики полёта»

к.т.н., доцент



Опара Ю. С.

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

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент



Сарайский Ю. Н.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы декана факультета)*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета 14 февраля 2018 года, протокол № 5.