

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт гражданской защиты  
Кафедра специальных технических средств

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института гражданской  
защиты  Малкин В.Ю.  
«07» февраля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«АЭРОДИНАМИКА»**

По направлению подготовки 25.03.03 Аэронавигация

Профиль «Эксплуатация беспилотных авиационных систем»

Луганск 2024

## Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Аэродинамика» для бакалавров по направлению подготовки 25.03.03 Аэронавигация профиль «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» – 24 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Аэродинамика» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 25.03.03 Аэронавигация, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «21» августа 2020 года № 1084.

### СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Сыровой Г.В.

к.т.н., доцент Победа Т.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры специальные технические средства

«16» 01 2024 года, протокол № 1.

Заведующий кафедрой  
специальных технических средств  Т.В. Победа

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

### Согласована:

Директор Института гражданской защиты  В.Ю. Малкин

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института  
«06» 02 2024 г., протокол № 6.

Председатель учебно-методической  
комиссии института гражданской защиты  Д.В. Михайлов

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель освоения дисциплины «Аэродинамика» – формирование профессиональных знаний и навыков у слушателей в области теории и практики, техники и технологии (летающие роботы, управление беспилотными летательными аппаратами), необходимых для реализации профессиональной деятельности студентов по профилю подготовки.

Задачами освоения дисциплины являются:

- определение статических и динамических нагрузок на элементы конструкций беспилотных воздушных судов;
- основы аэродинамики беспилотных воздушных судов самолетного и вертолетного типа, их центровку и этапы полета;
- летно-технические характеристики беспилотных ВС, основные конструкции беспилотных ВС (планер, системы управления, энергетические системы, топливные системы);
- классификация авиадвигателей и принципов работы, компоновку различных типов беспилотных ВС, системы защиты беспилотных ВС (противопожарная, противообледенительная).

Дисциплина «Аэродинамика» обеспечивает подготовку выпускника к эксплуатационно-технологическому и сервисному виду профессиональной деятельности.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «Аэродинамика» относится к базовой части, формируемой участниками образовательных отношений модуля образовательных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

*знания:*

технологических процессов их применения (модели материала, формы сил, отказов);

физической сущности явлений, происходящих в условиях изменения динамики и эксплуатации БПЛА под воздействием внешних факторов (нагрева, охлаждения, давления и т.д.);

*умения:*

оценивать и прогнозировать поведение БПЛА во время полета и причин отказов прохождения полета под воздействием на них различных эксплуатационных факторов;

определять технологические режимы и показатели качества функционирования ЛА, рассчитывать основные характеристики и оптимальные режимы полета;

выполнять анализ технологических процессов, оборудования и его управления;

*владеть навыками:*

решения научных, технических, организационных и экономических проблем по повышению надежности и эксплуатации аэродинамики полета БПЛА.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Осуществляет сбор, изучение, анализ и обобщение научно-технической информации, показателей и результатов работы в области летной эксплуатации БАС СВТ; УК-1.2. Применяет принципы системного подхода для расчета параметров течения жидкостей и газов; УК-1.3. Применяет принципы системного подхода при расчете летно-технических характеристик БВС СВТ	Знать: основные законы аэродинамики
		Уметь: Оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность полета;
		Владеть: навыками принятия решений с учетом знаний по аэродинамике и динамике полета.
ПК-1 Способен применять методы анализа и расчета в аэродинамических механических, электромагнитных и комбинированных системах для решения профессиональных задач	ПК-1.1. Использует методы решения задач механики для оценки прочности авиационных конструкций ПК-1.2. Проводит расчет аэродинамических характеристик БВС СВТ, используя методы теоретической и экспериментальной аэродинамики. ПК-1.3. Проводит расчет этапов полета БВС СВТ, используя методы динамики полета.	Знать: физическую природу образования аэродинамических сил и моментов;
		Уметь: оценивать возможность воздушных судов на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях;
		Владеть: навыками учета возможностей воздушных судов на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях

### 4. Структура и содержание дисциплины

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

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	216 (6 зач. ед.)	216 (6 зач. ед.)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	102	12

<b>в том числе:</b>		
Лекции	68	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	34	4
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>72</b>	<b>204</b>
Форма аттестации	зачет, экзамен	зачет, экзамен

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Семестр 2

#### **Тема 1. Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.**

Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи. 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 полета**

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 М. 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.

### **Семестр 3**

#### **Тема 6. Установившееся движение летательного аппарата**

Определение и условия установившегося движения летательного аппарата. Режимы установившегося полета, характеристики. Горизонтальный полет: определение режима полета, схема сил (связь между подъемной силой, весом, тягой и сопротивлением) и уравнения движения, потребные для горизонтального полета, скорость, тяга, мощность.

#### **Тема 7. Неустановившегося движения летательного аппарата**

Определение и признаки неустановившегося движения летательного аппарата. Взлет и посадка летательного аппарата: этапы взлета и посадки, их назначение, схема сил и уравнения движения. Способы улучшения взлетно-посадочных характеристик летательного аппарата.

## **Тема 8. Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата**

Равновесие летательного аппарата. Центровка самолета: центр масс, понятие о САХ и ее нахождение для трапециевидного крыла, факторы, влияющие на центровку летательного аппарата, влияние центровки на летные свойства летательного аппарата. Пределы допустимых центровок и их влияние на безопасность полета. Равновесие летательного аппарата: определение и условия равновесия, продольное, поперечное, путевое равновесие летательного аппарата, признаки и условия каждого вида равновесия.

## **Тема 9. Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов.**

Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов: понятие о шарнирном моменте, его связь с усилием на командном рычаге. Назначение аэродинамической компенсации, принцип действия, преимущества и недостатки осевой, внутренней (аэродинамические панели компенсаторов) и сервокомпенсации; средства балансировки летательного аппарата (триммер и управляемый стабилизатор).

## **Тема 10. Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА**

Взлет. Траектория движения и основные участки взлета. Горизонтальный полет. Уравнение движения горизонтального полета. Потребная скорость горизонтального полета. Потребная тяга и мощность. Влияние эксплуатационных факторов. Снижение БПЛА. Траектория движения и основные участки посадки.

### **4.3. Лекции**

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.	6	0,5
2	Аэродинамические характеристики	6	0,5
3	Траекторные задачи динамики полета	7	0,5
4	Устойчивость и управляемость ВС	7	0,5
5	Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях	7	1
6	Установившееся движение летательного аппарата	7	1
7	Неустановившегося движения летательного аппарата	7	1
8	Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата	7	1
9	Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов	7	1
10	Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА	7	1
<b>Итого:</b>		<b>68</b>	<b>8</b>

#### 4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.	3	0,25
2	Аэродинамические характеристики	3	0,25
3	Траекторные задачи динамики полета	3	0,25
4	Устойчивость и управляемость ВС	3	0,25
5	Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях	3	0,5
6	Установившееся движение летательного аппарата	3	0,5
7	Неустановившегося движения летательного аппарата	4	0,5
8	Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата	4	0,5
9	Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов	4	0,5
10	Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА	4	0,5
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>4</b>

#### 4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрены планом

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.	Подготовка к практическому занятию и к промежуточной аттестации.	7	20
2	Аэродинамические характеристики	Подготовка к практическому занятию и к промежуточной аттестации.	7	20
3	Траекторные задачи динамики полета	Подготовка к практическим занятиям и к промежуточному контролю. Самостоятельный поиск источников информации.	7	20
4	Устойчивость и управляемость ВС	Подготовка к практическим занятиям и к промежуточному	7	20

		контролю. Самостоятельный поиск источников информации.		
5	Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	7	20
6	Установившееся движение летательного аппарата	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	7	20
7	Неустановившегося движения летательного аппарата	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	7	21
8	Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	7	21
9	Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	8	21
10	Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	8	21
<b>Итого:</b>			<b>72</b>	<b>204</b>

#### **4.7 Курсовые работы/проекты.**

Не предусмотрено планом

#### **5. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

## **6. Учебно-методическое и программно-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.

5. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Рэндал Биард У., Тимоти МакЛэйн У.; перевод А. И. Демьяников; под редакцией Г. В. Анцев. — Москва: Техносфера, 2015. — 312 с. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=36871> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

### **б) дополнительная литература:**

1. Беспилотные летательные аппараты, их электромагнитная стойкость и математические модели систем стабилизации: монография / В.А. Крамарь, А.Н. Володин, Е.В. Евтушенко [и др.]. - М.: ИНФРА-М, 2021. -180 с. - URL: <https://znanium.com/read?id=362113> —Режим доступа: по подписке Тюм ГУ.

2. Санников, В. А. Основы воздушного законодательства: учебное пособие / В.А. Санников. — М.: Институт аэронавигации, 2017. - 281 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=88418> Режим доступа: по подписке Тюм ГУ.

### **в) методические указания:**

1. Основы аэродинамики и динамики полёта [Текст]. Часть 1. — Рига: Ин-т транспорта и связи, 2010. — 105 с. Количество экземпляров — 140.

2. 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.

### **г) интернет-ресурсы:**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации — <http://минобрнауки.рф/>

2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки — <http://obrnadzor.gov.ru/>

3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
4. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
6. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы:**

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации:**

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**Информационные ресурсы:**

1. Предметно-ориентированный Web-портал «CALS-CAD-CAM-CAE-технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cad.tu-bryansk.ru>. – Загл. С экрана – Яз. рус.
2. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Аэродинамика» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>

Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт

#### оценочных средств по учебной дисциплине

#### «Аэродинамика»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>УК-1.1. Осуществляет сбор, изучение, анализ и обобщение научно-технической информации, показателей и результатов работы в области летной эксплуатации БАС СВТ;</p> <p>УК-1.2. Применяет принципы системного подхода для расчета параметров течения жидкостей и газов;</p> <p>УК-1.3. Применяет принципы системного подхода при расчете летно-технических характеристик БВС СВТ</p>	<p><i>Тема 1.</i> Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.</p> <p><i>Тема 2.</i> Аэродинамические характеристики</p> <p><i>Тема 3.</i> Траекторные задачи динамики полета</p> <p><i>Тема 4.</i> Устойчивость и управляемость ВС</p> <p><i>Тема 5.</i> Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях</p> <p><i>Тема 6.</i> Установившееся движение летательного аппарата</p> <p><i>Тема 7.</i> Неустановившегося движения летательного аппарата</p> <p><i>Тема 8.</i> Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата</p> <p><i>Тема 9.</i> Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов.</p> <p><i>Тема 10.</i></p>	<p>2</p> <p>3</p>

				Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА	
2.	ПК-1	Способен применять методы анализа и расчета в аэродинамических механических, электромагнитных и комбинированных системах для решения профессиональных задач	ПК-1.1. Использует методы решения задач механики для оценки прочности авиационных конструкций ПК-1.2. Проводит расчет аэродинамических характеристик БВС СВТ, используя методы теоретической и экспериментальной аэродинамики. ПК-1.3. Проводит расчет этапов полета БВС СВТ, используя методы динамики полета.	<p><i>Тема 1.</i> Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.</p> <p><i>Тема 2.</i> Аэродинамические характеристики</p> <p><i>Тема 3.</i> Траекторные задачи динамики полета</p> <p><i>Тема 4.</i> Устойчивость и управляемость ВС</p> <p><i>Тема 5.</i> Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях</p> <p><i>Тема 6.</i> Установившееся движение летательного аппарата</p> <p><i>Тема 7.</i> Неустановившегося движения летательного аппарата</p> <p><i>Тема 8.</i> Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата</p> <p><i>Тема 9.</i> Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов.</p> <p><i>Тема 10.</i> Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА</p>	

## Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Показатель оценивания (знания, умения, навыки)	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	УК-1	<p>УК-1.1. Осуществляет сбор, изучение, анализ и обобщение научно-технической информации, показателей и результатов работы в области летной эксплуатации БАС СВТ;</p> <p>УК-1.2. Применяет принципы системного подхода для расчета параметров течения жидкостей и газов;</p> <p>УК-1.3. Применяет принципы системного подхода при расчете летно-технических характеристик БВС СВТ</p>	<p>Знать: основные законы аэродинамики</p> <p>Уметь: Оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность полета;</p> <p>Владеть: навыками принятия решений с учетом знаний по аэродинамике и динамике полета.</p>	<p><i>Тема 1.</i> Введение. Основные понятия и определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.</p> <p><i>Тема 2.</i> Аэродинамические характеристики</p> <p><i>Тема 3.</i> Траекторные задачи динамики полета</p> <p><i>Тема 4.</i> Устойчивость и управляемость ВС</p> <p><i>Тема 5.</i> Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях</p> <p><i>Тема 6.</i> Установившееся движение летательного аппарата</p> <p><i>Тема 7.</i> Неустановившегося движения летательного аппарата</p> <p><i>Тема 8.</i> Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата</p> <p><i>Тема 9.</i> Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов.</p> <p><i>Тема 10.</i> Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА</p>	<p>Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, зачет</p>
2.	ПК-1	<p>ПК-1.1. Использует</p>	<p>Знать: физическую природу</p>	<p><i>Тема 1.</i> Введение. Основные понятия и</p>	<p>Вопросы для</p>

	<p>методы решения задач механики для оценки прочности авиационных конструкций ПК-1.2. Проводит расчет аэродинамических характеристик БВС СВТ, используя методы теоретической и экспериментальной аэродинамики. ПК-1.3. Проводит расчет этапов полета БВС СВТ, используя методы динамики полета.</p>	<p>образования аэродинамических сил и моментов;</p> <p>Уметь: оценивать возможность воздушных судов на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях;</p> <p>Владеть: навыками учета возможностей воздушных судов на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях</p>	<p>определения. Цели и задачи аэродинамики. Основные уравнения.</p> <p><i>Тема</i> 2. Аэродинамические характеристики</p> <p><i>Тема</i> 3. Траекторные задачи динамики полета</p> <p><i>Тема</i> 4. Устойчивость и управляемость ВС</p> <p><i>Тема</i> 5. Аэродинамика и динамика полёта ВС в особых случаях</p> <p><i>Тема</i> 6. Установившееся движение летательного аппарата</p> <p><i>Тема</i> 7. Неустановившегося движения летательного аппарата</p> <p><i>Тема</i> 8. Равновесие, устойчивость и управляемость беспилотного летательного аппарата</p> <p><i>Тема</i> 9. Аэродинамическая и весовая компенсация рулей и элеронов.</p> <p><i>Тема</i> 10. Особенности аэродинамики и динамики полета различных БПЛА</p>	<p>комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, зачет</p>
--	---	--	--	---

### Фонды оценочных средств по дисциплине «Аэродинамика»

#### Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала (устно или письменно):

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.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
комбинированный контроль усвоения теоретического материала**

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

**Задания по практическим занятиям:**

1. Предполетная подготовка коптера
2. Демонстрация полета в режиме радиоуправления
3. Программирование автономного полета
4. Демонстрация полета в автономном режиме
5. Демонстрация полета по карте
6. Аэросъемка
7. Моделирование узла коптера
8. Диагностика БПЛА
9. Ремонт узла БПЛА

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
задания по практическим занятиям**

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

**Вопросы к зачету:**

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.

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – зачет.

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
зачет	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
незачет	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

### Вопросы к экзамену

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 Лаваля.
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 потребных и располагаемых тяг установившегося горизонтального полёта.
67. Кривые потребных 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 (перезрузке).
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.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен.

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)