

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе Жаф Г.Ю. Нагорная
«16» 01 2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов

Уровень образовательной программы _____ бакалавриат _____

Направление подготовки _____ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника _____

Направленность (профиль) Электротехнические комплексы мехатронных и
робототехнических систем _____

Форма обучения _____ очная _____

Срок освоения ОП _____ 4 года _____

Институт _____ Инженерный _____

Кафедра разработчик РПД _____ Мехатронные и робототехнические системы _____

Выпускающая кафедра _____ Мехатронные и робототехнические системы _____

Начальник
учебно-методического управления _____

Семенова Л.У.

Директор института _____

Павленко Е.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой _____

Малсугенов Р.С.

Черкесск, 2026

Оглавление

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО.....	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	5
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля.....	6
4.2.2. Лекционный курс.....	6
4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ.....	12
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	12
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям.....	12
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям.....	13
5.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся.....	13
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	14
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
7.1. Перечень основной и дополнительной литературы.....	15
7.2. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение.....	Ошибка! Закладка не определена.
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий.....	17
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся.....	17
8.3. Требования к специализированному оборудованию.....	17
9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	18
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	19
1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	20
2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины.....	20
3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины.....	20
4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине.....	23
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции.....	29

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов» является формирование предметных знаний в области современной техники и технологий (летающие роботы, управление беспилотными летательными аппаратами), необходимых для реализации профессиональной деятельности студентов по профилю подготовки.

Задачами курса являются:

- помочь обучающемуся получить представление о сфере современных высоких технологий в области робототехники, расширяя их кругозор;
- изучение основных понятий, устройства и принципов функционирования летающих роботов, их конструирования и управление БПЛА;
- изучение основ программирования БПЛА;
- развитие научно-технического творчества, необходимого будущему бакалавру профессионального образования в области мехатроники и робототехники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

2.1. Дисциплина «Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Физика Механика жидкости и газа	Цифровые двойники в промышленной робототехнике

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/ индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1.	ПК-1	Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем	ПК-1.1. Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.). ПК-1.2. Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию. ПК-1.3. Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов ПК-1.4. Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Очная форма обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестр № 7
			часов
1		2	3
Аудиторная контактная работа (всего)		56	56
В том числе:			
Лекции (Л)		28	28
Лабораторные работы (ЛР)		-	-
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)		28	28
Внеаудиторная контактная работа		1,5	1,5
В том числе индивидуальные групповые консультации		1,5	1,5
Самостоятельная работа обучающегося (СРО)** (всего)		86	86
Работа с книжными и электронными источниками		28	28
Подготовка к практическим занятиям		28	28
Подготовка к текущему контролю		16	16
Подготовка к промежуточному контролю		14	14
Промежуточная аттестация	Зачет с оценкой (ЗаО)	ЗаО	ЗаО
	<i>Прием зач., час.</i>	0,5	0,5
ИТОГО:			
Общая трудоемкость	часов	144	144
	зач. ед.	4	4

4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля

Очная форма обучения

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	СРО	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	7	Раздел 1. Основы аэродинамики БПЛА	10	-	12	26	48	Тестовый контроль
2.	7	Раздел 2. Эксплуатация и полезная нагрузка БПЛА	10	-	12	26	48	
3.	7	Раздел 3. Проектирование БПЛА	8	-	4	34	46	
4.	7	Контактная внеаудиторная работа					1,5	Индивидуальные и групповые консультации
Промежуточная аттестация							0,5	Зачет
Итого			28	-	28	86	144	

4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов		
				5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
Семестр 7				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1.	Раздел 1. Основы аэродинамики БПЛА	Основы аэродинамики воздушной среды	Основы аэродинамики летательных аппаратов: строение атмосферы, принцип обращения движения и гипотеза сплошности среды, основные параметры и свойства воздуха, стандартная атмосфера, основы кинематики и динамики воздуха.	4	-	-
2.		Аэродинамические характеристики летательных аппаратов	Основы аэродинамики летательных аппаратов самолетного и вертолетного типов. Геометрические характеристики основных частей летательных аппаратов. Системы координат.	4	-	-

			Аэродинамические силы и моменты, действующие на летательный аппарат. Подъемная сила. Сила лобового сопротивления			
3.		Разработка узлов БПЛА. БПЛА: виды, назначение, устройство	Общие сведения о беспилотных летательных аппаратах: теоретические основы устройства и конструкции беспилотных летательных аппаратов. Рамы и корпуса БПЛА. Двигательные установки, бортовое оборудование и оснащение беспилотных летательных аппаратов. Электронные системы управления беспилотными летательными аппаратами.	4	-	-
4.	Раздел 2. Эксплуатация и полезная нагрузка БПЛА	Полезная нагрузка БПЛА. Летные характеристики	Телеметрическая аппаратура. Целевая нагрузка Подвесное оборудование: фото-, видеокамера. Съемка сферического видео. Использование датчиков для исследовательской деятельности.	4	-	-
5.		Управление БПЛА. Полеты по GPS-контроллеру	Состав оборудования. Бортовая аппаратура управления и стабилизации полета. Физические основы управления. Система координат движения БПЛА, Уравнение движением беспилотных летательных аппаратов. Бортовые системы стабилизации. Основы картографии. Понятие электронной карты (в средах Google Maps, Яндекс.Карты и др.). Архитектурой цифровых карт, Принцип работы GPS – навигатора. Полет БПЛА по карте.	6	-	-
6.		Юридические аспекты планирования полетов	Правовые разрешительные акты организации полетов.	2		

7.	Раздел 3. Проектирование БПЛА	Основы проектирования БПЛА	Базовые конструкционные, электромеханические и электронные модули БПЛА. Электронные узлы радиоуправления и автономного полета.	4	-	-
ИТОГО часов в семестре:				28	-	-

4.2.3. Лабораторный практикум

Не предусмотрен

4.2.4. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Содержание практического занятия	Всего часов		
				5	6	7
1	2	3	4	ОФО	ОЗФО	ЗФО
Семестр 7				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1.	Раздел 1. Основы аэродинамики БПЛА	Анализ атмосферы и элементарных аэродинамических сил	Расчет параметров (давление, плотность, температура) на заданной высоте. Расчет аэродинамических сил (подъемной силы и лобового сопротивления) для плоской пластины и профиля крыла по упрощенным формулам. Оценка влияния числа Рейнольдса на выбор профиля для малого БПЛА.	4	-	-
2.		Расчет и построение геометрических характеристик крыла	Определение геометрических характеристик крыла (удлинение, сужение, площадь, угол стреловидности) по чертежу. Расчет коэффициентов подъемной силы и сопротивления для разных углов атаки (с использованием данных из аэродинамических справочников или упрощенных моделей, например, вихревой теории).	4		
3.		Выбор силовой установки (пропеллер + двигатель)	Расчет требуемой тяги и мощности для заданного БПЛА на крейсерском режиме. Работа с каталогами	4		

			бесколлекторных двигателей и пропеллеров. Подбор пары "двигатель-пропеллер" по графикам характеристик (тяга/мощность от оборотов). Расчет времени полета от емкости аккумулятора и потребляемого тока.			
4.	Раздел 2. Эксплуатация и полезная нагрузка БПЛА	Расчет летно-технических характеристик (ЛТХ)	Составление сводной таблицы массовых характеристик БПЛА (взлетная масса, масса конструкции, ПН, топлива/аккумулятора в). Расчет основных ЛТХ: максимальная и крейсерская скорость, статический потолок, дальность/продолжительность полета по упрощенным формулам. Анализ влияния массы полезной нагрузки на изменение ЛТХ.	4	-	-
5.		Работа с данными полезной нагрузки	Основы фотограмметрии: планирование маршрута для аэрофотосъемки с заданным перекрытием снимков. Обработка тестового набора аэрофотоснимков в простом ПО (например, OpenDroneMap или облачном сервисе) для построения ортофотоплана. Анализ влияния разрешения камеры и высоты полета на	4		

			детализацию получаемого продукта.			
6.		Подготовка полетного плана	Работа с картами воздушного пространства (в т.ч. с публичными картами Росаэронавигации). Идентификация зон с ограничениями (аэродромы, запретные, опасные зоны). Разбор кейса: для заданной местности определить класс воздушного пространства, необходимость подачи уведомления/заявки, ограничения по высоте. Заполнение типовой формы заявки на выполнение полетов БПЛА (на примере).	2		
7.		Анализ отказов и действий оператора	Работа в программном симуляторе полета БПЛА. Отработка действий в нештатных ситуациях: отказ канала связи (автономный возврат), сильный порыв ветра, потеря ориентации. Практика ручного управления и посадки в различных условиях.	2		
8.	Раздел 3. Проектирование БПЛА	Оптимизация конструкции БПЛА под задачу	Выбор аэродинамической схемы (самолет vs мультикоптер?), оценка необходимой дальности, выбор полезной нагрузки (видео vs тепловизор), предварительный расчет массы и размаха крыла.	4	-	-
ИТОГО часов в семестре:				28	-	-

4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1.	Раздел 1. Основы аэродинамики БПЛА	1.1.	Работа с книжными и электронными источниками	10
		1.2.	Подготовка к текущему контролю	6
		1.3.	Подготовка к практическим занятиям	10
2.	Раздел 2. Эксплуатация и полезная нагрузка БПЛА	2.1.	Работа с книжными и электронными источниками	10
		2.2.	Подготовка к текущему контролю	6
		2.3.	Подготовка к практическим занятиям	10
3.	Раздел 3. Проектирование БПЛА	3.1.	Работа с книжными и электронными источниками	8
		3.2.	Подготовка к текущему контролю	4
		3.3.	Подготовка к практическим занятиям	8
		3.4.	Подготовка к промежуточному контролю	14
ИТОГО часов в семестре:				86

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.

В ходе лекций обучающимся даются рекомендации:

- по ведению конспектирования учебного материала;
- уделяется внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;

- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой. В случаях пропуска занятия обучающемуся необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные

вопросы по пропущенной теме во время индивидуальных консультаций.

5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям

Не предусмотрены

5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям

Практические занятия – это активная форма учебного процесса. При подготовке к практическим занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Темы теоретического содержания выносятся на практические занятия, предполагают дискуссионный характер обсуждения. Большая часть тем дисциплины носит практический характер, т.е. предполагает выполнение заданий и решение задач, анализ практических ситуаций.

5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и владений, которые должны быть усвоены и освоены будущими бакалаврами по данной дисциплине.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов		
				5	6	7
				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1	7	<i>Лекция: Аэродинамические характеристики летательных аппаратов</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-
2		<i>Лекция: Разработка узлов БПЛА. БПЛА: виды, назначение, устройство</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-
3		<i>Лекция: Управление БПЛА. Полеты по GPS-контроллеру</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	6	-	-
4		<i>Лекция: Основы проектирования БПЛА</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Список основной литературы	
1.	Аэромеханика и аэродинамика / Б. П. Елисеев, В. Г. Ципенко, Э. А. Болелов [и др.] ; под редакцией В. Г. Ципенко. — 7-е изд. — Москва : Дашков и К, 2024. — 292 с. — ISBN 978-5-394-05706-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/136447.html
2.	Парафесь С.Г. Проектирование конструкции и САУ БПЛА с учетом аэроупругости : постановка и методы решения задачи / Парафесь С.Г., Смыслов В.И.. — Москва : Техносфера, 2018. — 182 с. — ISBN 978-5-94836-515-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84701.html
3.	Подружин Е.Г. Конструкция и проектирование летательных аппаратов. Крыло : учебно-методическое пособие / Подружин Е.Г., Рябчиков П.Е.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-1427-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/44945.html
Список дополнительной литературы	
1.	Обуховский, А. Д. Аэродинамика воздушного винта : учебное пособие / А. Д. Обуховский. — 2-е изд. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-3064-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/91713.html
2.	Белов С.В. Аэродинамика и динамика полета : учебное пособие / Белов С.В., Гордиенко А.В., Проскурин В.Д.. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 110 с. — ISBN 978-5-7410-1200-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/52316.html
3.	Мотренко, П. Д. Введение в инженерную деятельность в авиационной : учебное пособие / П. Д. Мотренко, Ю. Б. Рубцов, В. Б. Васильев. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2023. — 192 с. — ISBN 978-5-7890-2170-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/144921.html

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам;
<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172,

	64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный сертификат Срок действия: с 24.12.2024 до 25.12.2025
Консультант Плюс	Договор № 272-186/С-25-01 от 30.01.2025 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01.07.2025 г. до 30.06.2026 г.
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

- набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: проектор, экран, ноутбук;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, доска ученическая, тумба кафедры.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: переносной проектор, переносной настенный экран, ноутбук, системный блок, монитор, плоттер, МФУ;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, стол компьютерный, доска ученическая.

3. Помещение для самостоятельной работы.

Библиотечно-издательский центр.

Отдел обслуживания печатными изданиями: комплект проекционный, мультимедийный оборудование: экран настенный, проектор, ноутбук; рабочие столы на 1 место, стулья.

Отдел обслуживания электронными изданиями: интерактивная система, монитор, сетевой терминал, персональный компьютер, МФУ, принтер, рабочие столы на 1 место; стулья.

Информационно-библиографический отдел: персональный компьютер, сканер, МФУ, рабочие столы на 1 место, стулья.

8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.

2. Рабочее место обучающегося, оснащенное компьютером с доступом к сети «Интернет», для работы в электронных образовательных средах, а также для работы с электронными учебниками.

8.3. Требования к специализированному оборудованию

нет

9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-1	Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем

2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)
	ПК-1
Раздел 1. Основы аэродинамики БПЛА	+
Раздел 2. Эксплуатация и полезная нагрузка БПЛА	+
Раздел 3. Проектирование БПЛА	+

3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

ПК 1. Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ПК-1.1. Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).	Анализ не выполнен или содержит грубые ошибки в понимании ТЗ и стандартов.	Выполнен базовый анализ ключевых требований ТЗ и стандартов, но с неточностями и пробелами.	Анализ выполнен полно, выявлены основные требования ТЗ, учтены ключевые положения стандартов. Имеются незначительные недочеты в деталях.	Проведен глубокий, комплексный анализ ТЗ и нормативной документации. Четко выделены и систематизированы все требования, выявлены потенциальные противоречия и предложены варианты их устранения.	текущий тестовый контроль	зачет
ПК-1.2. Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Требования не определены или определены неверно, что делает разработку невозможной.	Определены основные требования, но неполно, с упущениями по отдельным аспектам (например, не учтены условия эксплуатации).	Полно определены функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования, в целом корректно отражены в техническом решении. Имеются небольшие	Требования определены всесторонне, четко, измеримо и взаимосвязанно. Учтены критерии надежности, безопасности, ремонтпригодности и экономической эффективности.	текущий тестовый контроль	

			несоответствия.			
ПК-1.3. Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов	Выбор не обоснован или обоснован некорректно. Не учтены ключевые параметры.	Приведены базовые обоснования, но без глубокого анализа альтернатив или экономических/технологических аспектов.	Выбор обоснован по основным критериям (технические характеристики, технологичность). Анализ достаточен для принятия решения.	Выбор всесторонне обоснован с точки зрения технических, экономических, технологических и эксплуатационных факторов. Проведен сравнительный анализ альтернатив и обоснована оптимальность выбора.	текущий тестовый контроль	
ПК-1.4. Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, детализировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.	Чертежи отсутствуют или содержат грубые нарушения требований ЕСКД, не соответствуют ТЗ.	Разработан минимальный комплект чертежей с основными видами и размерами, но с ошибками в оформлении (шрифты, рамки, линии) и неполными спецификациями.	Разработан полный комплект документации в соответствии с ЕСКД. Чертежи корректны, но могут содержать мелкие неточности в оформлении или сложных узлах.	Документация разработана безупречно, в полном соответствии с требованиями ЕСКД и ТЗ. Грамотно выполнены все виды, разрезы, проставлены необходимые допуски и посадки. Спецификации составлены полностью и точно.	текущий тестовый контроль	

4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра МиРС

Вопросы к зачету

1. Основные параметры модели стандартной атмосферы (ISA) и их влияние на характеристики БПЛА при изменении высоты.
2. Определение и ключевые параметры, определяющие величину подъемной силы и силы лобового сопротивления.
3. Физический смысл числа Рейнольдса и специфика аэродинамики малых БПЛА, летающих на низких числах Рейнольдса.
4. Влияние геометрических характеристик крыла (удлинения, сужения, стреловидности) на аэродинамическое качество, устойчивость и прочность конструкции.
5. Поляра крыла как инструмент для определения аэродинамического качества, оптимального угла атаки и минимального сопротивления.
6. Понятия аэродинамического фокуса и центра тяжести летательного аппарата и их роль в обеспечении продольной статической устойчивости.
7. Сравнительный анализ ключевых преимуществ и недостатков самолетной и мультироторной аэродинамических компоновок БПЛА.
8. Взаимосвязь между назначением БПЛА и ключевыми решениями при разработке узлов его планера.
9. Алгоритм подбора компонентов силовой установки электрического БПЛА (двигатель, пропеллер, аккумулятор) под заданные требования по тяге и продолжительности полета.
10. Влияние распределения масс и смещения полезной нагрузки на центровку, устойчивость и управляемость БПЛА.
11. Факторы, определяющие основные летно-технические характеристики БПЛА: крейсерскую скорость, потолок, продолжительность и дальность полета.
12. Анализ влияния типа, массы и аэродинамики полезной нагрузки на летные характеристики БПЛА на примере гиростабилизированного подвеса.
13. Принципы управления по каналам тангажа, крена и рыскания для самолетной и мультироторной схем БПЛА.
14. Функции контроллера полета (автопилота) и сравнительная характеристика режимов ручного управления, стабилизации и автономного полета.
15. Цели и ключевые параметры планирования миссии аэрофотосъемки в наземной станции управления.
16. Ключевые характеристики оптической и тепловизионной камер как полезной нагрузки БПЛА, влияющие на их выбор под задачу.
17. Основные юридические ограничения и нормативные документы, регулирующие выполнение полетов БПЛА в РФ.
18. Порядок получения информации о зонах с особыми условиями использования воздушного пространства и процедура получения разрешения на полет.
19. Действия оператора и логика работы бортовой системы при потере радиосвязи с БПЛА в контексте функции автоматического возврата.
20. Составление комплексного чек-листа предполетной подготовки, учитывающего погодные, технические и навигационные факторы безопасности.
21. Сравнительный анализ применимости самолетной и мультикоптерной схем БПЛА для задач картографирования и точечного наблюдения.
22. Логическая цепочка проектных решений при создании БПЛА для

мониторинга протяженного линейного объекта: от ТЗ к схеме, ЛТХ и полезной нагрузке.

23. Влияние увеличения удлинения крыла на аэродинамическое качество и связанные с этим компромиссы в конструкции.

24. Описание итерационного процесса проектирования БПЛА на примере корректировки геометрических параметров по результатам расчетов центровки.

25. Применение современных композитных материалов и аддитивных технологий в производстве планеров БПЛА, их преимущества и ограничения.

26. Цели применения и типовые результаты CFD-анализа на этапе аэродинамического проектирования БПЛА.

27. Анализ технических и эксплуатационных причин возможного расхождения фактической и расчетной продолжительности полета БПЛА.

28. Связь между запасом устойчивости и управляемостью БПЛА на примере аппаратов для аэрофотосъемки и гоночных дронов.

29. Тенденции развития аэродинамических схем БПЛА на примере гибридных аппаратов и конвертопланов.

30. Ключевые аргументы для защиты проекта БПЛА, основанные на аэродинамических и технико-экономических обоснованиях его эффективности для заказчика.

Комплект тестовых заданий

по дисциплине «Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов»

1. **Что характеризует число Рейнольдса в аэродинамике?**
 - а) Отношение подъемной силы к силе сопротивления.
 - б) Отношение сил инерции к силам вязкости в потоке жидкости или газа.
 - в) Скорость потока, выраженную в числах Маха.
 - г) Угол отклонения вектора подъемной силы.
2. **Основная причина использования крыльев малого удлинения у скоростных БПЛА — это:**
 - а) Увеличение аэродинамического качества на малых скоростях.
 - б) Снижение индуктивного сопротивления.
 - в) Повышение прочности конструкции и снижение волнового сопротивления.
 - г) Улучшение устойчивости по крену.
3. **Поляра крыла — это график зависимости:**
 - а) Подъемной силы от скорости полета.
 - б) Коэффициента подъемной силы (C_y) от коэффициента лобового сопротивления (C_x).
 - в) Угла атаки от скорости потока.
 - г) Силы сопротивления от размаха крыла.
4. **Для чего у самолетного БПЛА необходимо наличие запаса продольной статической устойчивости?**
 - а) Для увеличения максимальной скорости.
 - б) Для самопроизвольного возвращения к исходному режиму полета после возмущения.
 - в) Для уменьшения разбега при взлете.
 - г) Для автоматического выполнения виражей.
5. **Какой элемент конструкции БПЛА самолетного типа НЕ является обязательным для обеспечения продольной устойчивости?**
 - а) Крыло.
 - б) Горизонтальное оперение (стабилизатор).
 - в) Киль.
 - г) Фюзеляж.
6. **Что означает аббревиатура RTH (Return-to-Home) в контексте управления БПЛА?**
 - а) Режим ручного управления.
 - б) Функция автоматического возврата на точку взлета или домой.
 - в) Название системы GPS-навигации.
 - г) Протокол передачи телеметрии.
7. **При увеличении массы полезной нагрузки БПЛА при прочих равных условиях, в первую очередь:**
 - а) Увеличивается крейсерская скорость.
 - б) Снижается аэродинамическое качество.

- в) Увеличивается необходимая подъемная сила и, как следствие, сопротивление.
г) Уменьшается индуктивное сопротивление крыла.
8. **Что НЕ входит в основные задачи контроллера полета (автопилота) БПЛА?**
- а) Стабилизация аппарата по углам тангажа, крена и рыскания.
б) Зарядка бортовой аккумуляторной батареи.
в) Выполнение полета по заранее заданному маршруту (миссии).
г) Обработка сигналов с датчиков (гироскоп, акселерометр, барометр).
9. **Какой из перечисленных датчиков является КЛЮЧЕВЫМ для работы режима «Position Hold» (удержание позиции) у мультикоптера?**
- а) Тепловизор.
б) Оптический потоковый сенсор.
в) Спутниковый приемник (GPS/ГЛОНАСС).
г) Ультразвуковой дальномер.
10. **При планировании миссии аэрофотосъемки с построением ортофотоплана, продольное и поперечное перекрытие снимков задается для:**
- а) Увеличения времени полета.
б) Уменьшения расхода энергии.
в) Последующей стыковки снимков и построения 3D-модели.
г) Повышения максимальной разрешающей способности камеры.
11. **Какой класс воздушного пространства, как правило, требует обязательной подачи плана полета и разрешения от органа ОВД для полетов БПЛА?**
- а) Класс G (неконтролируемое).
б) Класс C (контролируемое).
в) Воздушное пространство в пределах прямой видимости оператора на высоте до 150 м.
г) Любой класс в зоне аэродрома.
12. **Какой тип полезной нагрузки НАИБОЛЕЕ подходит для выполнения задач ночного мониторинга объектов?**
- а) Оптическая камера с высоким разрешением.
б) Мультиспектральная камера.
в) Тепловизионная камера.
г) Лидар.
13. **С увеличением угла атаки профиля крыла до критического значения:**
- а) Коэффициент подъемной силы монотонно уменьшается.
б) Коэффициент лобового сопротивления резко возрастает, а подъемная сила падает (срыв потока).
в) Аэродинамическое качество достигает максимума.
г) Точка приложения аэродинамических сил смещается к носку крыла.
14. **Элероны на самолетном БПЛА служат для управления:**
- а) Тангажом (наклоном вверх-вниз).
б) Рысканием (поворотом влево-вправо).
в) Креном (вращением вокруг продольной оси).
г) Силой тяги двигателя.
15. **Что подразумевается под «аэродинамическим качеством» крыла?**
- а) Отношение подъемной силы к массе БПЛА.
б) Отношение коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления (C_y/C_x).
в) Максимально достижимая скорость полета.
г) Способность создавать вихревой след.

16. **Какой фактор НЕ оказывает прямого влияния на продолжительность полета электрического мультикоптера?**
- а) Емкость аккумуляторной батареи.
 - б) Общий вес аппарата.
 - в) КПД двигателей и пропеллеров.
 - г) Разрешение видеопередачи с камеры.
17. **Функция «Geofence» (Геозона) в ПО планирования полетов предназначена для:**
- а) Улучшения качества аэрофотоснимков.
 - б) Автоматического облета препятствий.
 - в) Программного ограничения зоны полета БПЛА.
 - г) Калибровки компаса.
18. **При подборе пропеллера для бесколлекторного двигателя важными параметрами являются:**
- а) Только диаметр.
 - б) Диаметр и шаг.
 - в) Только цвет и материал.
 - г) Количество лопастей и производитель.
19. **Что из перечисленного является ПРЕИМУЩЕСТВОМ самолетной схемы БПЛА по сравнению с мультикоптерной при прочих равных условиях?**
- а) Возможность зависания на месте.
 - б) Более высокая энергоэффективность и длительность полета.
 - в) Простота конструкции и управления.
 - г) Лучшая маневренность в ограниченном пространстве.
20. **Какую информацию НЕСЕТ тепловизионное изображение, в отличие от обычного оптического?**
- а) Цвет объекта в видимом спектре.
 - б) Распределение температуры по поверхности объекта.
 - в) Текстуру и мелкие детали объекта.
 - г) Геометрические размеры объекта с высокой точностью.
21. **Перечислите три основных параметра, которые необходимо рассчитать или оценить при предварительном аэродинамическом расчете крыла БПЛА.**
22. **Объясните, почему для мультикоптера индуктивное сопротивление несущих винтов резко возрастает при полете с боковым ветром или при быстром горизонтальном перемещении.**
23. **Дайте определение продольной статической устойчивости летательного аппарата. Каково должно быть взаимное расположение центра тяжести (ЦТ) и фокуса аэродинамических сил у устойчивого аппарата?**
24. **Перечислите четыре основных компонента в кинематической схеме силовой установки электрического БПЛА самолетного типа (от источника энергии до создания тяги).**
25. **Назовите три ключевых фактора, которые ограничивают максимальную высоту полета типичного гражданского БПЛА.**
26. **Сформулируйте основную цель планирования миссии с большим перекрытием аэрофотоснимков (более 60%).**
27. **Перечислите три вида зон с особыми условиями использования воздушного пространства (ЗОУВП), в которых полеты БПЛА запрещены или строго ограничены.**

28. **Объясните, почему БПЛА самолетного типа с прямым крылом большого удлинения плохо подходит для полетов в условиях сильной турбулентности у земли.**
29. **Что такое «угол установки крыла» (угол поперечного V) и какую функцию он выполняет?**
30. **Предложите последовательность действий (3-4 шага) для оператора БПЛА, если во время полета аппарат не реагирует на команды с пульта, но сохраняет связь и стабильно зависает на месте.**

Критерии оценки тестового контроля

по дисциплине «Цифровые двойники в промышленной робототехнике»

Оценка «отлично», если правильные ответы составляют 100 - 90%

Оценка «хорошо», если правильные ответы составляют 89 – 80 %

Оценка «удовлетворительно», если правильные ответы составляют 79 – 70 %

Оценка «неудовлетворительно», если правильные ответы составляют 69 % и менее.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

№ п.п.	Оценочное средство	Процедура оценивания (методические рекомендации)
1.	Тесты	являются простейшей форма контроля, направленная на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест состоит из небольшого количества элементарных задач; может предоставлять возможность выбора из перечня ответов; занимает часть учебного занятия (10–30 минут); правильные решения разбираются на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем
2.	Лабораторная работа	является средством применения и реализации полученных обучающимся знаний, умений и навыков в ходе выполнения учебно- практической задачи, связанной с получением корректного значимого результата с помощью реальных средств деятельности. Рекомендуется для проведения в рамках тем (разделов), наиболее значимых в формировании практических (профессиональных) компетенций)
3.	Зачет	служит формой проверки качества усвоения обучающимися учебного материала

Данные формы контроля осуществляются с привлечением разнообразных технических средств. Технические средства контроля могут содержать: программы компьютерного тестирования, учебные задачи, комплексные ситуационные задания.

В понятие технических средств контроля может входить оборудование, используемое обучающимся при практических работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента.

Однако контроль с применением технических средств имеет ряд недостатков, т.к. не позволяет отследить индивидуальные способности и креативный потенциал обучающегося. В этом он уступает письменному и устному контролю. Как показывает опыт некоторых вузов - технические средства контроля должны сопровождаться устной беседой с преподавателем.

Информационные системы и технологии (ИС) оценивания качества учебных достижений обучающихся являются важным сегментом информационных образовательных систем, которые получают все большее распространение в вузах при совершенствовании (информатизации) образовательных технологий. Программный инструментарий (оболочка) таких систем в режиме оценивания и контроля обычно включает: электронные обучающие тесты, электронные аттестующие тесты, электронный практикум и др.

Электронные обучающие и аттестующие тесты являются эффективным средством контроля результатов образования на уровне знаний и понимания.

Режим обучающего, так называемого репетиционного, тестирования служит,

прежде всего, для изучения материалов дисциплины и подготовке обучающегося к аттестующему тестированию, он позволяет обучающемуся лучше оценить уровень своих знаний и определить, какие вопросы нуждаются в дополнительной проработке. В обучающем режиме особое внимание должно быть уделено формированию диалога пользователя с системой, путем задания вариантов реакции системы на различные действия обучающегося при прохождении теста. В результате обеспечивается высокая степень интерактивности электронных учебных материалов, при которой система предоставляет обучающемуся возможности активного взаимодействия с модулем, реализуя обучающий диалог с целью выработки у него наиболее полного и адекватного знания сущности изучаемого материала

Аттестующее тестирование знаний обучающихся предназначено для контроля уровня знаний и позволяет автоматизировать процесс текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации.