МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов

Кафедра электромеханики им. А. Б. Зеленова

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по
учебной работе
_____Д. В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы беспилотной техники
(наименование дисциплины)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код, наименование направления)

Электрические машины и аппараты. Беспилотная техника
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины: Формирование у обучающихся фундаментальных знаний и практических навыков в области разработки, эксплуатации и управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), а также понимания их применения в различных сферах деятельности.

Задачи изучения дисциплины: изучение устройства и принципов работы БПЛА различных типов, освоение методов расчета летно-технических характеристик, исследование работы бортовых систем (навигации, управления, телеметрии), разработка алгоритмов управления, программирование полетных контроллеров, изучение методов испытаний БПЛА, а также технологий настройки и отладки беспилотных систем.

Дисциплина направлена на формирование компетенций ОПК-1, ОПК-4, ПК-1, ПК-3 выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть блока «Элективные дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электрические машины и аппараты. Беспилотная техника»).

Дисциплина основывается на базе дисциплин: «Физика», «Информатика», «Теоретическая механика», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электроника и микросхемотехника», «Силовая электроника».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Моделирование электромеханических систем и беспилотной техники», «Проектирование беспилотной техники», выпускная квалификационная работа.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач деятельности, связанных с применением вычислительной техники и программного обеспечения в области беспилотной техники.

Курс является фундаментом для формирования навыков и умений по применению беспилотной техники.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6,5 зачетных единиц, 234 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (72 ак.ч. для групп ЭМАБП, 10 ак.ч. для группы ЭМАБП-з), лабораторные занятия (18 ак.ч. для групп ЭМАБП, 4 ак.ч. для группы ЭМАБП-з), практические занятия (18 ак.ч. для групп ЭМАБП, 4 ак.ч. для группы ЭМАБП-з) и самостоятельная работа студента (126 ак.ч. для групп ЭМАБП, 216 ак.ч. для группы ЭМАБП-з).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах для группы ЭМАБП и на 4 курсе в 7 и 8 семестрах для группы ЭМАБП-з. Форма промежуточной аттестации – зачет в 5 и 6 семестре для группы ЭМАБП, зачет в 7 и 8 семестре для группы ЭМАБП-з.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Основы беспилотной техники» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1	ОПК-1.1. Знать принципы работы современных информационных технологий и применяет их для решения профессиональных задач
Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4	ОПК-4.2. Умеет применять метод анализа, моделирования электрических цепей постоянного и переменного тока, режимов работы трансформаторов, электрических машин.
Способен: – использовать методы анализа, расчета и моделирования электромеханических преобразователей энергии, электромеханических систем и их элементов; – проектировать электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии, электромеханические системы и их элементы в соответствии с техническим заданием, стандартами и нормативными требованиями, в том числе с использованием современных средств проектирования; – участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности, их энергоснабжении, в проектировании элементов систем управления; – применять методы автоматического управления при разработке электромеханических системам	ПК-1	ПК-1.3. Рассчитывает и моделирует электромеханические системы и их элементы на базе стандартных пакетов прикладных программ. Подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений, оформляет результаты проектных работ в соответствии с техническим заданием, стандартами, техническими условиями и другим нормативным документами

Продолжение таблицы 3.1

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен организовывать и выполнять работы по энергоснабжению, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту объектов профессиональной деятельности, оценивать их надежность, обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологических процессов, знать организационные структуры и выполнять функции управления производством	ПК-3	ПК-3.2. Способен применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического оборудования. ПК-3.3. Способен оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования, электромеханических систем, их надежность. ПК-3.4. Знает организацию и структуру производства. ПК-3.5. Способен выполнять функцию управления производством.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 6,5 зачётных единицы, 234 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к лабораторным работам, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак.ч. по семестрам	
		5	6
Аудиторная работа, в том числе:	108	54	54
Лекции (Л)	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18	–
Лабораторные работы (ЛР)	18	–	18
Курсовая работа/курсовой проект	–	–	–
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	126	72	54
Подготовка к лекциям	36	18	18
Подготовка к лабораторным работам	18	0	18
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18	0
Выполнение курсовой работы / проекта	0	0	0
Расчетно-графическая работа (РГР)	0	0	0
Реферат (индивидуальное задание)	0	0	0
Домашнее задание	0	0	0
Подготовка к контрольной работе	0	9	0
Подготовка к коллоквиумам	18	9	9
Аналитический информационный поиск	9	0	0
Работа в библиотеке	9	9	0
Подготовка к зачету	18	9	9
Промежуточная аттестация – зачет (З)		З	З
Общая трудоемкость дисциплины			
Ак. ч.	234	126	108
З. е.	6,5	3,5	3

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п. 3 дисциплина разбита на 10 тем:

– тема 1 (Введение в беспилотные системы);
– тема 2 (Конструкция и компоновка беспилотных аппаратов);
– тема 3 (Динамика полета и аэродинамика БПЛА);
– тема 4 (Датчики и вспомогательные системы);
– тема 5 (Винтомоторная группа (ВМГ) и управление двигателями);
– тема 6 (Полетные контроллеры (FC) и бортовые компьютеры);
– тема 7 (Системы управления БПЛА);
– тема 8 (Радиосвязь и телеметрия БПЛА).
– тема 9 (Передача видеосигнала (FPV и HD-видео));
– тема 10 (Интеграция и программное обеспечение).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблицах 5.1 – 5.4 соответственно.

Таблица 5.1 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения, 7 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Введение в беспилотные системы	Основные понятия и терминология Классификация беспилотных аппаратов (БПЛА, БПЛАС, БПТ и др.) Обзор современных беспилотных систем (военные, гражданские, коммерческие) Нормативно-правовое регулирование (воздушное пространство, безопасность)	6	Конструкции и конфигурации БПЛА Формирование моментов и сил изменения положения БПЛА в пространстве	2	–	–
2	Конструкция и компоновка беспилотных аппаратов	Силовые установки (электрические, ДВС, гибридные) Материалы и технологии изготовления Системы посадки и катапультирования	6			–	–
3	Динамика полета и аэродинамика БПЛА	Основы аэродинамики малых ЛА Динамика полета мультикоптеров и самолетов Стабильность и управляемость	6	Математическое описание БПЛА как материальной точки. Аэродинамические явления при движении БПЛА. Их учет в математическом описании воздушного судна	6	–	–

Продолжение таблицы 5.1

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
4	Датчики и вспомогательные системы	Основные датчики БПЛА. Навигационные системы. Датчики для автономного полета. Датчики состояния БПЛА	6	Гироскопы. Акселерометры. Магнитометры. Барометры. Лидары. Ультразвуковые датчики. Инфракрасные дальномеры	4	–	–
5	Винтомоторная группа (ВМГ) и управление двигателями	Расчет и подбор ВМГ. Бесколлекторные двигатели и ESC (Принцип работы BLDC, PWM-управление.). Управление оборотами и тягой. Компенсация вибраций и резонансных частот	12	Кривые тяги и КПД пропеллеров. Оптимизация ВМГ под задачу (максимальная тяга / эффективность). Алгоритмы распределения тяги у мультикоптеров	6	–	–
Всего аудиторных часов			36	–	18	–	–

Таблица 5.2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения, 8 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
6	Полетные контроллеры (FC) и бортовые компьютеры	Архитектура полетных контроллеров. Программирование и калибровка. Интеграция с бортовыми компьютерами	8	–	–	Контроллеры Pixhawk и Betaflight	4
7	Системы управления БПЛА	Теория автоматического управления в авионике. Алгоритмы стабилизации и навигации. Режимы полета и логика автопилота	10	–	–	Классические регуляторы (PID, LQR, MPC). Интеграция GPS/ГЛОНАСС с оптическим потоком	4
8	Радиосвязь и телеметрия БПЛА	Каналы управления и телеметрии, дальность и помехоустойчивость, Безопасность и шифрование. Антенные системы	8	–	–	Протоколы передачи данных Антенные системы: типы антенн, MIMO и diversity-приемники, потери в тракте	4

Продолжение таблицы 5.2

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
9	Передача видеосигнала (FPV и HD-видео)	Аналоговые и цифровые системы FPV. Дальняя HD-передача. Запись и обработка видео	8	–	–	Аналог (5.8 ГГц): Стандарты, Камеры, VTX-передатчики	4
10	Интеграция и программ-ное обеспечение	Драйверы и протоколы. Калибровка и диагностика. Логирование и анализ. Автономные алгоритмы	6	–	–	Драйверы и протоколы: I2C, SPI, UART, CAN	2
Всего аудиторных часов			36		–		18

Таблица 5.3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения, 9 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Конструкция и компоновка беспилотных аппаратов	Силовые установки (электрические, ДВС, гибридные) Материалы и технологии изготовления Системы посадки и катапультирования	3	–	–	–	–
2	Винтомоторная группа (ВМГ) и управление двигателями	Расчет и подбор ВМГ. Бесколлекторные двигатели и ESC (Принцип работы BLDC, PWM-управление.). Управление оборотами и тягой. Компенсация вибраций и резонансных частот	3	Кривые тяги и КПД пропеллеров. Оптимизация ВМГ под задачу (максимальная тяга / эффективность).	4	–	–
Всего аудиторных часов			6	–	4	–	–

Таблица 5.4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения, 10 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
4	Полетные контроллеры (FC) и бортовые компьютеры	Архитектура полетных контроллеров. Программирование и калибровка. Интеграция с бортовыми компьютерами	2	–	–	–	–
5	Радиосвязь и телеметрия БПЛА	Каналы управления и телеметрии, дальность и помехоустойчивость, Безопасность и шифрование. Антенные системы	2	–	–	Протоколы передачи данных Антенные системы: типы антенн, MIMO и diversity-приемники, потери в тракте	4
Всего аудиторных часов			4		–		4

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf).

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-1, ОПК-4, ПК-1, ПК-3	Зачет Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (1 коллоквиум) – всего 40 баллов (5 семестр);

– контрольные работы – всего 60 баллов (5 семестр).

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (1 коллоквиум) – всего 40 баллов (6 семестр);

– лабораторные работы – всего 60 баллов (6 семестр).

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине производится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время сессии студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.4), либо в ре-

зультате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашние задания

Для студентов очной формы обучения домашние задания не предусмотрены. Студены заочной формы обучения в каждом семестре выполняют контрольную работу по имеющимся методическим указаниям.

6.3 Темы рефератов

Написание рефератов при изучении дисциплины не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1. Введение в беспилотные системы

1. Дайте определение БПЛА. Чем они отличаются от пилотируемых аппаратов?
2. Назовите основные классы беспилотных систем (БПЛА, БПЛАС, БПТ).
3. Каковы основные сферы применения БПЛА в гражданской авиации?
4. Перечислите военные применения беспилотников.
5. Какие нормативные документы регулируют использование БПЛА в вашей стране?
6. Какие существуют ограничения по полетам БПЛА в городской среде?
7. В чем разница между автономными и дистанционно управляемыми БПЛА?
8. Какие организации занимаются сертификацией БПЛА?

9. Назовите три ключевых преимущества БПЛА перед пилотируемой авиацией.

10. Какие этические проблемы связаны с использованием беспилотников?

Тема 2. Конструкция и компоновка беспилотных аппаратов

1. Какие основные конструктивные схемы БПЛА вы знаете (мультикоптер, самолет, гибрид)?
2. Как аэродинамическая схема влияет на маневренность БПЛА?
3. Какие материалы чаще всего используются в конструкции БПЛА и почему?
4. В чем преимущества и недостатки электрических силовых установок?
5. Как работает система катапультирования у БПЛА самолетного типа?
6. Какие факторы влияют на выбор размаха крыла у БПЛА?
7. Как компоновка аппарата влияет на его устойчивость в полете?
8. Какие системы используются для аварийной посадки БПЛА?
9. Как рассчитывается центр масс у мультикоптера?
10. Какие конструктивные решения увеличивают дальность полета БПЛА?

Тема 3. Динамика полета и аэродинамика БПЛА

1. Какие силы действуют на БПЛА в полете?
2. Как число Рейнольдса влияет на аэродинамику малых БПЛА?
3. Объясните принцип линеаризации уравнений движения.
4. Какие факторы влияют на продольную устойчивость БПЛА?
5. Как турбулентность влияет на управляемость мультикоптера?
6. Какие методы используются для расчета аэродинамических характеристик крыла?
7. Как центр масс влияет на стабильность полета?
8. Какие критерии устойчивости применяются для анализа БПЛА?
9. Как ветровые возмущения компенсируются в автопилоте?
10. В чем разница в аэродинамике мультикоптера и самолета?

Тема 4. Датчики и бортовое оборудование БПЛА

1. Какие датчики входят в состав IMU и как они работают?
2. Как работает GPS/ГЛОНАСС-навигация на БПЛА?

3. Для чего нужны барометры в БПЛА?
4. Какие датчики используются для автономного облета препятствий?
5. Как лидары применяются в SLAM-навигации?
6. Каковы преимущества стереокамер перед моно-камерами?
7. Как ультразвуковые датчики помогают в посадке БПЛА?
8. Какие датчики контролируют состояние аккумулятора?
9. Как вибродатчики помогают диагностировать неисправности?
10. Какие датчики критичны для полета в условиях GPS-глушения?

Тема 5. Винтомоторная группа (ВМГ) и управление двигателями

1. Как подобрать пропеллер для заданной тяги БПЛА?
2. Какие параметры влияют на КПД винтомоторной группы?
3. Как работает бесколлекторный двигатель (BLDC)?
4. Какие протоколы управления ESC вы знаете?
5. Как калибруются ESC в БПЛА?
6. Какие методы используются для компенсации вибраций?
7. Как распределяется тяга у мультикоптера?
8. Почему перегрев двигателей опасен для БПЛА?
9. Как динамически изменяется тяга в полете?
10. Какие альтернативы электрическим двигателям существуют?

Тема 6. Полетные контроллеры (FC) и бортовые компьютеры

1. Какие архитектуры полетных контроллеров наиболее распространены?
2. В чем разница между Pixhawk и DJI A3?
3. Как выбрать процессор для полетного контроллера?
4. Какие ОС используются в бортовых компьютерах БПЛА?
5. Как работает интеграция FC с ROS?
6. Какие датчики обязательны для работы автопилота?
7. Как программируются кастомные режимы полета?
8. Какие алгоритмы обеспечивают отказоустойчивость FC?
9. Как калибруются датчики в полетном контроллере?
10. Какие задачи решает бортовой компьютер в автономных БПЛА?

Тема 7. Системы управления БПЛА

1. Как работает PID-регулятор в автопилоте?
2. Какие адаптивные алгоритмы управления применяются в БПЛА?
3. Как оптический поток помогает в навигации без GPS?

4. Какие SLAM-алгоритмы используются для картографирования?
5. Как работает режим "Loiter" в автопилоте?
6. Какие методы используются для тюнинга PID-регуляторов?
7. Как автопилот обрабатывает данные с IMU?
8. Какие системы обеспечивают стабилизацию БПЛА в ветер?
9. Как работает алгоритм автоматической посадки?
10. Какие нейросетевые методы применяются в управлении БПЛА?

Тема 8. Радиосвязь и телеметрия БПЛА

1. Какие частотные диапазоны используются для управления БПЛА?
2. Как работает протокол MAVLink?
3. Какие методы модуляции повышают помехоустойчивость связи?
4. Как увеличить дальность управления БПЛА?
5. Какие антенны лучше использовать для дальних полетов?
6. Как LTE и спутниковая связь применяются в БПЛА?
7. Какие методы шифрования защищают канал управления?
8. Как работает diversity-приемник в БПЛА?
9. Какие факторы влияют на потери сигнала?
10. Как организуется телеметрия в группе БПЛА?

Тема 9. Передача видеосигнала (FPV и HD-видео)

1. В чем разница между аналоговым и цифровым FPV?
2. Какие стандарты видео используются в аналоговых системах?
3. Как выбрать камеру для FPV?
4. Какие факторы влияют на задержку видеосигнала?
5. Как работает MIMO в цифровых видеосистемах?
6. Какие кодеки используются для HD-видео в БПЛА?
7. Как стабилизируется видео в реальном времени?
8. Какие решения позволяют передавать видео на большие расстояния?
9. Как компьютерное зрение обрабатывает видео с БПЛА?
10. Какие технологии снижают помехи в видеоканале?

Тема 10. Интеграция и программное обеспечение

1. Какие интерфейсы используются для подключения датчиков?
2. Как работает обмен данными по CAN-шине?
3. Как калибруются датчики перед полетом?
4. Какое ПО используется для анализа логов полета?

5. Как программируются автономные миссии в QGroundControl?
6. Какие алгоритмы обеспечивают облет препятствий?
7. Как реализуется посадка по компьютерному зрению?
8. Какие языки программирования используются для БПЛА?
9. Как отлаживается ПО бортового компьютера?
10. Какие системы обеспечивают кибербезопасность БПЛА?

6.5 Вопросы для подготовки к экзаменам

6 семестр (Темы 1-5)

1. Дайте определение БПЛА. Чем они отличаются от пилотируемых аппаратов?
2. Назовите основные классы беспилотных систем (БПЛА, БПЛАС, БПТ).
3. Каковы основные сферы применения БПЛА в гражданской авиации?
4. Перечислите военные применения беспилотников.
5. Какие нормативные документы регулируют использование БПЛА в вашей стране?
6. Какие существуют ограничения по полетам БПЛА в городской среде?
7. В чем разница между автономными и дистанционно управляемыми БПЛА?
8. Какие организации занимаются сертификацией БПЛА?
9. Назовите три ключевых преимущества БПЛА перед пилотируемой авиацией.
10. Какие этические проблемы связаны с использованием беспилотников?
11. Какие основные конструктивные схемы БПЛА вы знаете (мультикоптер, самолет, гибрид)?
12. Как аэродинамическая схема влияет на маневренность БПЛА?
13. Какие материалы чаще всего используются в конструкции БПЛА и почему?
14. В чем преимущества и недостатки электрических силовых установок?
15. Как работает система катапультирования у БПЛА самолетного типа?

16. Какие факторы влияют на выбор размаха крыла у БПЛА?
17. Как компоновка аппарата влияет на его устойчивость в полете?
18. Какие системы используются для аварийной посадки БПЛА?
19. Как рассчитывается центр масс у мультикоптера?
20. Какие конструктивные решения увеличивают дальность полета БПЛА?
21. Какие силы действуют на БПЛА в полете?
22. Как число Рейнольдса влияет на аэродинамику малых БПЛА?
23. Объясните принцип линеаризации уравнений движения.
24. Какие факторы влияют на продольную устойчивость БПЛА?
25. Как турбулентность влияет на управляемость мультикоптера?
26. Какие методы используются для расчета аэродинамических характеристик крыла?
27. Как центр масс влияет на стабильность полета?
28. Какие критерии устойчивости применяются для анализа БПЛА?
29. Как ветровые возмущения компенсируются в автопилоте?
30. В чем разница в аэродинамике мультикоптера и самолета?
31. Какие датчики входят в состав IMU и как они работают?
32. Как работает GPS/ГЛОНАСС-навигация на БПЛА?
33. Для чего нужны барометры в БПЛА?
34. Какие датчики используются для автономного облета препятствий?
35. Как лидары применяются в SLAM-навигации?
36. Каковы преимущества стереокамер перед моно-камерами?
37. Как ультразвуковые датчики помогают в посадке БПЛА?
38. Какие датчики контролируют состояние аккумулятора?
39. Как вибродатчики помогают диагностировать неисправности?
40. Какие датчики критичны для полета в условиях GPS-глушения?
41. Как подобрать пропеллер для заданной тяги БПЛА?
42. Какие параметры влияют на КПД винтомоторной группы?
43. Как работает бесколлекторный двигатель (BLDC)?
44. Какие протоколы управления ESC вы знаете?
45. Как калибруются ESC в БПЛА?
46. Какие методы используются для компенсации вибраций?
47. Как распределяется тяга у мультикоптера?
48. Почему перегрев двигателей опасен для БПЛА?
49. Как динамически изменяется тяга в полете?
50. Какие альтернативы электрическим двигателям существуют?

7 семестр (Темы 6-10)

51. Какие архитектуры полетных контроллеров наиболее распространены?
52. В чем разница между Pixhawk и DJI A3?
53. Как выбрать процессор для полетного контроллера?
54. Какие ОС используются в бортовых компьютерах БПЛА?
55. Как работает интеграция FC с ROS?
56. Какие датчики обязательны для работы автопилота?
57. Как программируются кастомные режимы полета?
58. Какие алгоритмы обеспечивают отказоустойчивость FC?
59. Как калибруются датчики в полетном контроллере?
60. Какие задачи решает бортовой компьютер в автономных БПЛА?
61. Как работает PID-регулятор в автопилоте?
62. Какие адаптивные алгоритмы управления применяются в БПЛА?
63. Как оптический поток помогает в навигации без GPS?
64. Какие SLAM-алгоритмы используются для картографирования?
65. Как работает режим "Loiter" в автопилоте?
66. Какие методы используются для тюнинга PID-регуляторов?
67. Как автопилот обрабатывает данные с IMU?
68. Какие системы обеспечивают стабилизацию БПЛА в ветер?
69. Как работает алгоритм автоматической посадки?
70. Какие нейросетевые методы применяются в управлении БПЛА?
71. Какие частотные диапазоны используются для управления БПЛА?
72. Как работает протокол MAVLink?
73. Какие методы модуляции повышают помехоустойчивость связи?
74. Как увеличить дальность управления БПЛА?
75. Какие антенны лучше использовать для дальних полетов?
76. Как LTE и спутниковая связь применяются в БПЛА?
77. Какие методы шифрования защищают канал управления?
78. Как работает diversity-приемник в БПЛА?
79. Какие факторы влияют на потери сигнала?
80. Как организуется телеметрия в группе БПЛА?
81. В чем разница между аналоговым и цифровым FPV?
82. Какие стандарты видео используются в аналоговых системах?
83. Как выбрать камеру для FPV?
84. Какие факторы влияют на задержку видеосигнала?
85. Как работает MIMO в цифровых видеосистемах?

86. Какие кодеки используются для HD-видео в БПЛА?
87. Как стабилизируется видео в реальном времени?
88. Какие решения позволяют передавать видео на большие расстояния?
89. Как компьютерное зрение обрабатывает видео с БПЛА?
90. Какие технологии снижают помехи в видеоканале?
91. Какие интерфейсы используются для подключения датчиков?
92. Как работает обмен данными по CAN-шине?
93. Как калибруются датчики перед полетом?
94. Какое ПО используется для анализа логов полета?
95. Как программируются автономные миссии в QGroundControl?
96. Какие алгоритмы обеспечивают облет препятствий?
97. Как реализуется посадка по компьютерному зрению?
98. Какие языки программирования используются для БПЛА?
99. Как отлаживается ПО бортового компьютера?
100. Какие системы обеспечивают кибербезопасность БПЛА?

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета: сборка, настройка и программирование: учебное пособие / М.А. Ковалёв, Д.Н. Овакимян. – Самара: Издательство Самарского университета, 2023. – 96 с. – Режим доступа: https://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-izdaniya/Bespilotnye-letatelnye-apparaty-vertikalnogo-vzleta-sborka-nastroika-i-programmirovanie-107946/1/978-5-7883-2025-0_2023.pdf (дата обращения: 20.08.2024).

2. Беспилотные летательные аппараты, их электромагнитная стойкость и математические модели систем стабилизации : монография / В.А. Крамарь, А. Н. Володин, Е. В. Евтушенко, В. П. Макогон, А. И. Харланов. — Москва : ИНФРА-М, 2021 — 180 с. — (Научная мысль). – Режим доступа: https://znanium.com/catalog/document?id=362113

Дополнительная литература

1. Распоряжение правительства Российской Федерации Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года. от 21 июня 2023 года N 1630-р – https://docs.cntd.ru/document/1301991491#6560IO

2. Саленко, С. Д. Динамика полета. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов. Ч.2 / С. Д. Саленко, А. Д. Обуховский. – Новосибирск : НГТУ, 2015 – 128 с. – Режим доступа: https://znanium.com/catalog/document?id=78374

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: http://ntb.bstu.ru/jirbis2/.— Текст : электронный.
3. Консультант студента :электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x.— Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн :электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст : электронный.

5. IPR BOOKS :электронно-библиотечная система.—Красногорск. — URL: http://www.iprbookshop.ru/. —Текст : электронный.

6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — https://www.gosnadzor.ru/. —Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Лаборатория моделирования электромеханических процессов кафедры электромеханики им. А.Б. ЗеленоваДонГТУ(25 посадочных мест), оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС: - Компьютер Intel Celeron 2,8 GHz; - Компьютер HEDY; - Компьютер 80386DX; - Компьютер Intel Celeron 600 MHz; - КомпьютерIntelCeleron 2.66 Ghz; - КомпьютерIntelCeleron 1,3 Ghz. - КомпьютерAthlonXP 1.92 Ghz; - КомпьютерAMDDuron 1.79 Hhz; - КомпьютерAMDAthlon 3200 Mhz; - Компьютер Intel Celeron 420 1.66 Ghz; - Компьютер Intel Celeron 420 1.66 Ghz; - Компьютер Intel Celeron 420 1.66 Ghz; - Компьютер AMD Athlon 64 x2 Dual Core Processor 400+. Доска аудиторная– 1 шт.	ауд. *1229*

Лист согласования РПД

Разработал
доц. кафедры электромеханики
им. А. Б. Зеленова
(должность) (подпись) Д. И. Морозов (Ф.И.О.)

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

И.о. зав. кафедрой (подпись) Д. И. Морозов (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электромеханики им. А.Б. Зеленова от 22.08.2024 г.

И.о. декана факультета ИТиАПП (подпись) В. В. Дьячкова (Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и
электротехника (подпись) Л. Н. Комаревцева (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра (подпись) О. А. Коваленко (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

<table>
<tr><td colspan="2">Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений</td></tr>
<tr><td>ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:</td><td>ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Основание:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Подпись лица, ответственного за внесение изменений</td></tr>
</table>