

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана факультета энергетики и систем
управления



/А.В. Бурковский/

21 марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы устройства и принципов работы БПЛА»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электромеханика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы _____ А.В. Тикунов

Заведующий кафедрой
Электромеханических
систем и электроснабжения _____ А.В. Тикунов

Руководитель ОПОП _____ А.В. Тикунов

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у обучающихся компетенций в области конструирования и эксплуатации беспилотных авиационных систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение конструкции БПЛА различных типов и назначения;
- ознакомление обучающихся с принципом работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного типа и назначения;
- получение навыков подбора элементов силовой установки и элементов управления БПЛА в зависимости от его назначения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы устройства и принципов работы БПЛА» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы устройства и принципов работы БПЛА» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы с использованием современных методов сбора и анализа данных и современных программно-аппаратных комплексов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать – принцип работы беспилотных летательных аппаратов различных типов – конструктивные особенности различных типов и моделей БПЛА различного назначения
	Уметь осуществлять подбор компонентов конструкции БПЛА в соответствии с назначением аппарата
	Владеть методиками расчета параметров компонентов силовой установки БПЛА

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы устройства и принципов работы БПЛА» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5

Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и определения	История развития беспилотной авиации. Терминология. Классификация БПЛА.	4	-	10	14
2	Основы аэродинамики	Основы аэродинамики летательных аппаратов: строение атмосферы, основные параметры и свойства воздуха, стандартная атмосфера, основы кинематики и динамики воздуха. Аэродинамические силы и моменты, действующие на летательный аппарат. Подъемная сила. Сила лобового сопротивления. Аэродинамические характеристики летательных аппаратов.	4	14	20	38
3	БПЛА: виды, назначение, устройство, летные характеристики	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.	10	22	24	56

		Навесное оборудование БПЛА.				
Итого			18	36	54	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать – принцип работы беспилотных летательных аппаратов различных типов – конструктивные особенности различных типов и моделей БПЛА различного назначения	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь осуществлять подбор компонентов конструкции БПЛА в соответствии с назначением аппарата	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методиками расчета параметров компонентов силовой установки БПЛА	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре

для очной формы обучения, 7 семестре для заочной формы обучения по системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	Знать – принцип работы беспилотных летательных аппаратов различных типов – конструктивные особенности различных типов и моделей БПЛА различного назначения	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь осуществлять подбор компонентов конструкции БПЛА в соответствии с назначением аппарата	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методиками расчета параметров компонентов силовой установки БПЛА	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию
С какого события и в каком году началась история развития беспилотных летательных аппаратов?

- А. Создание и запуск воздушного шара, наполненного дымом, в 1783 году во Франции братьями Монгольфье.
- Б. Во время второй мировой войны 1941-1945 гг.
- В. Во время отечественной войны 1812 года.

Какие преимущества БЛА над пилотируемыми летательными аппаратами вам известны?

- А. Обслуживание БЛА намного дешевле обслуживания пилотируемого летательного аппарата.
- Б. Беспилотному летательному аппарату не требуется большая посадочная площадка, достаточно от 100 до 600 метров.
- В. Беспилотный летательный аппарат имеет большие габариты, чем пилотируемый летательный аппарат.
- Г. Затраты на обучение и подготовку пилотов БЛА намного меньше, чем аналогичные затраты на пилотируемые ЛА.

Как называется коптер с 6 моторами?

- А. Пентакоптер

- Б. Октокоптер
- В. Трикоптер
- Г. Гексакоптер

Что такое “тангаж”?

- А. угловое движение летательного аппарата относительно главной (горизонтальной) поперечной оси
- Б. угловые движения летательного аппарата относительно вертикальной оси
- В. Вращение коптера вокруг своей оси
- Г. Набор скорости

Что такое “раскание”?

- А. угловое движение летательного аппарата относительно главной (горизонтальной) поперечной оси
- Б. угловые движения летательного аппарата относительно вертикальной оси
- В. Вращение коптера вокруг своей оси
- Г. Набор скорости

Что такое “крен”?

- А. угловое движение летательного аппарата относительно главной (горизонтальной) поперечной оси
- Б. угловые движения летательного аппарата относительно вертикальной оси
- В. Наклон набор
- Г. Набор скорости

Основным, и несущим элементом конструкции квадрокоптера, к которому крепятся все прочие комплектующие является

- А. Рама
- Б. Фюзеляж
- В. Кокпит
- Г. Гондола

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Пропеллер с каким количеством лопастей создает наибольшую подъемную силу

- А. 2
- Б. 3
- В. 4
- Г. Подъемная сила не зависит от количества лопастей

Может ли квадрокоптер летать в вакууме?

- А. Да
- Б. Нет
- В. Зависит от характеристик вакуума

Какие моторы чаще всего используются в коптерах?

- А. Коллекторные
- Б. Асинхронные
- В. Бесколлекторные
- Г. Синхронные

Что является “мозгом” коптера?

- А. Регулятор оборотов (ESC).
- Б. Плата распределения питания
- В. Полетный контроллер
- Г. Радиоприемник

Какие функции не выполняет полетный контроллер?

- А. Рассчитывает свое положение в пространстве, по показаниям датчиков
- Б. Прием сигналов с пульта
- В. Вносит корректировку с помощью коэффициентов ПИД

Г. Распределяет питание на моторы

На что влияет емкость аккумулятора

А. На время работы

Б. На максимальное выдаваемое напряжение

В. На время заряда аккумулятора

Г. На величину тока, которым можно заряжать аккумулятор

Как обозначается трехбаночный аккумулятор?

А. 3C

Б. 3S

В. 3V

Г. 3G

Что произойдет в случае прокола Li-Po аккумулятора

А. Вытекание кислоты

Б. Возгорание

В. Вздутие аккумулятора

Г. Ничего не произойдет

Что запрещается делать с Li-Po аккумуляторами?

А. Устанавливать на холоде

Б. Подключать и отключать держась за разъемы

В. Наносить механические повреждения

Г. Нарушать целостность изоляции

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

При каком типе соединения аккумуляторов напряжение складывается?

А. Последовательное

Б. Параллельное

В. Смешанное

Г. Замкнутое

Как можно изменить направление вращения бесколлекторного двигателя на коптере?

А. Поменять "+" и "-"

Б. Перепрошить регулятор оборотов

В. Поменять между собой 2 фазных провода

Г. Это невозможно

Как можно изменить направление вращения коллекторного двигателя на коптере?

А. Подать на оба провода ток "+"

Б. Поменять "+" и "-"

В. Подать на оба провода ток "-"

Г. Это невозможно

Необходимая суммарная мощность аккумулятора составляет 1720 А*ч, какое количество аккумуляторов с емкостью 100 А*ч необходимо?

А. 18 шт

Б. 36 шт

В. недостаточно данных для расчета

Согласно расчетам, для питания силовой установки необходимо 18 аккумуляторов для обеспечения мощности 1720 А*ч, какая емкость одного аккумулятора?

А. 200 А*ч

Б. 100 А*ч

В. 50 А*ч

Каким напряжением можно запитать зарядное устройство Li-Po аккумуляторов для коптеров?

- А. 5В
- Б. 12В
- В. 100В
- Г. 220В

Как объяснить непостоянство напряжения в процессе разряда аккумуляторных батарей?

- А. Падением плотности электролита.
- Б. Уменьшением емкости.
- В. Изменением внутреннего сопротивления.
- Д. Уменьшением коэффициента отдачи тока.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- Классификация БПЛА
- Что называется подъемной силой?
- Что такое тангаж, рыскание и крен?
- Чем отличаются БПЛА самолетного типа от обычных самолетов?
- В каких сферах можно использовать БПЛА самолетного типа?
- В каких сферах можно использовать коптеры?
- Какие конфигурации квадрокоптеров бывают?
- Какими тремя параметрами обладают воздушные винты?
- Как узнать шаг пропеллера по его маркировке?
- По какому принципу вращаются винты квадрокоптера?
- Что является исходными данными для подбора винта в квадрокоптере?
- Из каких структурных компонентов состоит электрическая силовая установка квадрокоптера?
- Из каких структурных компонентов состоит силовая установка БПЛА самолетного типа?
- Какой вид электродвигателей применяется в коптерах? В чём их преимущество?
- В чём основное различие коллекторных и бесколлекторных электродвигателей?
- Для чего нужен ESC?
- Какие устройства называют аккумуляторами?
- За счёт каких процессов в аккумуляторе накапливается энергия?
- Способы соединения аккумуляторов.
- Перечислите основные характеристики аккумуляторов.
- Какие функции в квадрокоптере выполняет полетный контроллер?
- Какие устройства относятся к навесному оборудованию БПЛА?
- Что такое FPV-дрон?

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрен учебным планом.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов (3 баллов верное решение и 2 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 25.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 17 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится, если студент набрал от 18 до 25 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения	ПК-1	Тест, устный опрос,
2	Основы аэродинамики	ПК-1	Тест, устный опрос
3	БПЛА: виды, назначение, устройство, летные характеристики	ПК-1	Тест, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

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>.

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>

Козлова, А. Т. Беспилотные летательные аппараты : учебное пособие / А. Т. Козлова, А. В. Исаев. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 125 с. — ISBN 978-5-4497-3533-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/142628.html> Козлова, А. Т. Беспилотные летательные аппараты : учебное пособие / А. Т. Козлова, А. В. Исаев. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 125 с. — ISBN 978-5-4497-3533-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/142628.html>

Химические источники тока : учебное пособие / В. Я. Соловьева, И. В. Степанова, М. Абу-Хасан, А. С. Сахарова. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2020. — 53 с. — ISBN 978-5-7641-1510-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/191017> (дата обращения: 21.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Биард, Р. У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. — Москва : Техносфера, 2015. — 312 с. — ISBN 978-5-94836-393-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76159> (дата обращения: 22.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Бейктал, Д. Конструируем роботов. Дроны. Руководство для начинающих : руководство / Д. Бейктал. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2022. — 226 с. — ISBN 978-5-00101-973-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/221696> (дата обращения: 22.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей

Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-97060-662-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107894> (дата обращения: 22.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- Internet explorer.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.

URL: <http://docs.cntd.ru>

- Федеральный институт промышленной собственности.

Информационно-поисковая система. URL: www1.fips.ru

- Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru

– Выбор LiPo батарей для FPV-дронов: руководство для начинающих и рекомендации лучших продуктов URL: https://dronnews.ru/fpv/vybor-lipo-batarey-dlya-fpv-dronov.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F

– Всё о LiPo батареях для FPV дронов URL: <https://dronomania.ru/faq/vsyo-o-lipo-batareyah-dlya-fpv-dronov.html>

– Как выбрать аккумулятор для квадрокоптера и RC моделей: Li-Ion или Li-Pol. URL:

<https://voltacom.ru/articles/kak-vibrat-akkumulator-dlja-kvadrokoptera-rc-model>

– Технология водородных топливных элементов – преимущества, недостатки и применение. URL:

<https://knaufautomotive.com/ru/tekhnologiya-vodorodnykh-toplivnykh-elementov>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- **Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
- **Дисплейный класс**, оснащенный программным обеспечением.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы устройства и принципов работы БПЛА» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета и выбора элементов и узлов БПЛА. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--