

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БПЛА

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	68	34	34	0	40	0	0	40	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Афанасьев Кирилл Александрович, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БПЛА

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-3 — Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-3

знания:

- о принципах работы и конструктивных особенностях беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), их основных типах и областях применения.

- основ аэродинамики, механики полета и метеорологии для оптимизации конструкции БПЛА и планирования миссий.

- стандартов и требований к сертификации БПЛА, умение подготовить аппарат к испытаниям и регистрации;

умения:

- описывать конструктивно - компоновочную схему БПЛА, а также разрабатывать и модифицировать их компоненты.

- анализировать сценарии применения БПЛА;

навыки:

- анализировать и интерпретировать полученные данные о развитии БПЛА.

- проводить анализ и оценку рисков, связанных с использованием БПЛА, разрабатывать меры по их минимизации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БПЛА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АЭРОДИНАМИКА, БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- УК-6 — Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-3
3	5	Раздел 1. Введение. – Определение БПЛА, его назначение и виды. – Классификация БПЛА – По типу движения: вертолетные, самолетные, мультикоптерные; – По назначению: военные, гражданские, специальные; – По размеру: микро-, мини-, средне- и крупногабаритные; – По продолжительности полета: малой (до 30 минут), средней (от 30 до 120 минут) и большой (более 120 минут); – По грузоподъемности: легкие (до 5 кг), средние (от 5 до 50 кг) и тяжелые (более 50 кг); – По дальности полета: ближние (до 10 км), средние (от 10 до 50 км) и дальние (более 50 км).	2	2	2	0	0	5
3	5	Раздел 2. Основная часть. Устройство БПЛА. Устройство БПЛА: – Конструкция и основные элементы: корпус, двигатели, винты, аккумулятор, система управления. – Типы БПЛА по конструкции: вертолеты, самолеты, мультикоптеры. – Принципы работы БПЛА: подъемная сила, законы аэродинамики, управление движением. – Дополнительные элементы и оборудование необходимые для самостоятельного полета: камеры, датчики, системы связи. – Дополнительные элементы и оборудование необходимое для роевого управления: камеры, датчики, системы связи.	6	2	2	0	4	5
3	5	Раздел 3. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА. 1. Рама или Планер - это основная часть БПЛА, которая включает в себя корпус, крылья, хвостовое оперение и другие элементы, обеспечивающие устойчивость и управляемость аппарата в полете. 2. Двигательно движетельный комплекс - это устройство, которое обеспечивает движение БПЛА в воздухе. Существуют различные типы двигателей, включая электрические, внутреннего сгорания и реактивные. 3. Система управления - это комплекс устройств, которые обеспечивают управление полетом БПЛА. Включает в себя системы навигации, стабилизации, автопилотирования и связи. 4. Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки - устройства хранения энергии на борту БПЛА, система, которая обеспечивает питание всех компонентов БПЛА. Она включает в себя аккумуляторы, зарядные устройства, преобразователи напряжения и другие элементы. 5. Приборные отсеки - комплекс устройств, и корпусов обеспечивающих размещение приборных компонентов на борту БПЛА 6. Система посадки - это комплекс устройств, обеспечивающих безопасную посадку БПЛА. Может включать в себя парашютные системы, системы мягкой посадки и другие устройства. 7. Система безопасности - это набор устройств, которые обеспечивают защиту БПЛА и его оборудования от различных опасностей, таких как столкновения с препятствиями, пожары и другие угрозы. 8. Система наблюдения - это комплекс оптических и электронных устройств, которые позволяют осуществлять наблюдение за полетом БПЛА в окружающей среде и выполнять различные задачи. 9. Система управления полезной нагрузкой и пассивная полезная нагрузка устанавливается на БПЛА и используется для выполнения различных задач, таких как наблюдение, разведка, картографирование и т.д.	4	2	2	0	2	5
3	5	Раздел 4. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления БПЛА. Система управления БПЛА: – Устройства управления: пульты, смартфоны, компьютеры. – Автопилоты БПЛА. – Программное обеспечение для управления и обработки данных. – Режимы полета и навигации: автоматический, ручной, GPS-навигация.	16	12	2	10	4	10
3	5	Раздел 5. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления ДДК БПЛА. Система управления ДДК БПЛА: устройства управления двигателем: системы регулирования частоты вращения, системы впрыска топлива и другие системы, обеспечивающие управление работой двигателя. устройства управления двигателями: системы управления воздушным винтом, системы управления вектором тяги и другие системы, позволяющие управлять движением БПЛА.	16	12	2	10	4	10
3	5	Раздел 6. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Рама или Планер. Рама или Планер: Корпус - это основная часть фюзеляжа, которая обеспечивает форму и объем аппарата. Рама квадрокоптера - это основа, на которой крепятся все компоненты беспилотного летательного аппарата. Она обеспечивает жесткость и прочность конструкции, а также позволяет установить необходимые элементы, такие как двигатели, пропеллеры, аккумулятор и систему управления. Аэродинамические поверхности для создания подъемной силы "Крылья" - это элементы фюзеляжа, которые создают подъемную силу и обеспечивают стабильность аппарата в воздухе. Аэродинамические поверхности для создания подъемной силы "Винты" - это элементы ДДК, которые создают подъемную силу и обеспечивают подъем аппарата в воздухе. Хвостовое оперение - это элементы фюзеляжа, которые обеспечивают устойчивость и управляемость аппарата в воздухе. Хвостовое оперение может включать в себя стабилизатор, киль и руль направления. Шасси - это система опор, которая позволяет аппарату приземляться и взлетать. Шасси может быть колесным, лыжным или поплавковым в зависимости от условий эксплуатации.	6	2	2	0	4	5
3	5	Раздел 7. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки. Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки Аккумуляторная батарея - обеспечивает питание всех систем БПЛА. Зарядное устройство - используется для зарядки аккумуляторной батареи. Регулятор напряжения - служит для поддержания постоянного напряжения на выходе системы энергообеспечения. Инвертор - преобразует постоянное напряжение аккумуляторной батареи в переменное напряжение для питания системы управления и двигательной установки. Коннекторы и провода - используются для соединения всех компонентов системы энергообеспечения. Водородные топливные элементы - специальные баки на борту БПЛА предназначенные для питания топливных элементов, которые преобразуют водород в электричество. Топливные элементы - используются в БПЛА для получения электроэнергии. В этом случае топливо, такое как метанол или водород, сжигается в топливном элементе, который производит электричество.	14	10	2	8	4	5
3	5	Раздел 8. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система посадки. Система посадки: Парашютная система - обеспечивает безопасную посадку БПЛА путем торможения его скорости снижения с помощью парашюта. Система мягкой посадки - предназначена для смягчения удара БПЛА при приземлении. Обычно включает в себя амортизаторы и подушки безопасности. Посадочные опоры - обеспечивают устойчивость БПЛА при посадке. Могут быть убирающимися или фиксированными. Датчики касания земли - определяют момент касания БПЛА земли и передают сигнал на систему управления для отключения двигателей. Устройства автоматического взлета и посадки - позволяют БПЛА выполнять взлет и посадку без участия оператора.	6	2	2	0	4	10
3	5	Раздел 9. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система безопасности, Система наблюдения, Система управления полезной нагрузкой и пассивная полезная нагрузка. Система безопасности: – Система предотвращения столкновений: предотвращает столкновения БПЛА с препятствиями. – Система пожаротушения: предотвращает возгорание БПЛА. – Система контроля состояния БПЛА: контролирует состояние всех систем БПЛА и предупреждает оператора о возможных проблемах. Система наблюдения: – Камера: позволяет снимать видео и делать фотографии. – Тепловизор: позволяет видеть в темноте и обнаруживать объекты по их тепловому излучению. – Лазерный дальномер: измеряет расстояние до объектов. – GPS-приемник: определяет местоположение БПЛА. Система управления полезной нагрузкой: – Механизмы крепления полезной нагрузки: позволяют устанавливать и снимать полезную нагрузку. – Системы управления полезной нагрузкой: позволяют управлять работой полезной нагрузки. Пассивная полезная нагрузка: – Датчики: собирают данные о состоянии окружающей среды. – Инструменты: используются для выполнения различных задач.	14	10	4	6	4	10
3	5	Раздел 10. Принципы применение БПЛА: – Использование в военных целях: разведка, наблюдение, реконструкция. • Применение одиночных дронов; • Применение роевых систем дронов; – Применение в гражданской сфере: мониторинг окружающей среды, строительство, сельское хозяйство, кинематограф.	8	6	6	0	2	10
3	5	Раздел 11. Перспективы развития БПЛА: – Увеличение размеров и грузоподъемности. – Развитие искусственного интеллекта и автономных систем. – Интеграция с другими технологиями, например, с дронами-доставщиками.	6	2	2	0	4	15
3	5	Раздел 12. Обучение операторов БПЛА. Обучение операторов БПЛА: изучение основ теории и практики беспилотных систем, приобретение навыков управления БПЛА и выполнения различных задач с их помощью. Курс обучения операторов БПЛА обычно состоит из следующих разделов: – Основы теории БПЛА: изучение принципов работы различных типов БПЛА, их конструктивных особенностей и систем управления. – Практическое использование БПЛА: обучение управлению БПЛА в различных условиях, выполнению различных миссий и задач. – Техническое обслуживание и ремонт БПЛА: освоение навыков проведения технического обслуживания и ремонта БПЛА, замены компонентов и систем. – Правовые аспекты использования БПЛА: ознакомление с законодательством в области использования БПЛА, получение знаний о правилах регистрации, сертификации и лицензирования БПЛА. – Работа с программным обеспечением для управления БПЛА: изучение программ и приложений для управления БПЛА, освоение функций и возможностей программного обеспечения. – Обучение операторов может проходить как в очной форме (на курсах, тренингах, семинарах), так и в дистанционной форме (онлайн-курсы, вебинары, самостоятельное изучение материалов).	2	2	2	0	0	5
3	5	Раздел 13. Разбор домашних заданий. Подготовка реферата о конструкции БПЛА.	2	2	2	0	4	0
3	5	Раздел 14. Заключение. – Подведение итогов курса. – Ответы на вопросы обучающихся.	6	2	2	0	4	0
Всего за 5 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 4. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления БПЛА.	Лабораторная работа №1 «Исследование системы управления БПЛА в среде программной симуляции (SITL)» Тема: Исследование архитектуры системы управления беспилотным летательным аппаратом в симуляционной среде	10

2	Раздел 5. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления ДДК БПЛА.	Лабораторная работа №2 «Исследование системы управления двигателем БПЛА (регуляторы оборотов, топливоподача)» Тема: Моделирование и анализ систем управления двигательно-двигательным комплексом (ДДК) беспилотного летательного аппарата Оборудование и ПО: Персональный компьютер с ОС Windows/Linux, свободное программное обеспечение: Python 3.x (библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib, Control) либо Scilab/Xcos, табличный процессор (LibreOffice Calc). Использование реальных двигателей, регуляторов, стэндов и измерительных приборов не требуется.	10
3	Раздел 7. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки.	Лабораторная работа №3 «Моделирование системы энергообеспечения БПЛА на основе аккумуляторов и топливных элементов» Тема: Исследование системы энергообеспечения БПЛА с использованием аккумуляторных и топливных элементов. Проверка теоретических знания о компонентах системы энергообеспечения БПЛА: аккумуляторные батареи, зарядные устройства, регуляторы напряжения, инверторы, коннекторы, водородные топливные элементы.	8
4	Раздел 9. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система безопасности, Система наблюдения, Система управления полезной нагрузкой и пассивная полезная нагрузка.	Лабораторная работа №3 «Моделирование бортовых систем наблюдения и полезной нагрузки БПЛА в виртуальной среде» Тема: Комплексное исследование бортовых систем безопасности, наблюдения и полезной нагрузки БПЛА в виртуальной среде. Подтверждение теоретических знаний о системах предотвращения столкновений, контроля состояния БПЛА, а также о средствах наблюдения (камера, тепловизор, лазерный дальномер, GPS), системе управления полезной нагрузкой и пассивной нагрузке.	6
Всего за 5 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Основная часть. Устройство БПЛА.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным принципам функционирования БПЛА	4
2	Раздел 3. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным конструктивным элементам БПЛА.	2
3	Раздел 4. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления БПЛА:.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам систем управления БПЛА.	4
4	Раздел 5. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления ДДК БПЛА.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам двигательно движетельного комплекса БПЛА.	4
5	Раздел 6. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Рама или Планер:.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам корпуса, рамы и фюзеляжа БПЛА.	4
6	Раздел 7. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам БПЛА обеспечивающим хранение и выделение энергии на борту.	4
7	Раздел 8. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система посадки.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам БПЛА обеспечивающим работу систем посадки.	4
8	Раздел 9. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система безопасности, Система наблюдения, Система управления полезной нагрузкой и пассивная полезная нагрузка.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам БПЛА входящим в системы обеспечения безопасности полетов, системы видеонаблюдения за процессом полета, системы управления полезной нагрузкой.	4
9	Раздел 10. Принципы применение БПЛА:.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным принципам использования в военных целях: разведка, наблюдение, рекогносцировка и в гражданской сфере: мониторинг окружающей среды, строительство, сельское хозяйство, кинематограф.	2
10	Раздел 11. Перспективы развития БПЛА:.	Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному перспективам развития БПЛА:.	4
11	Раздел 14. Заключение.	Анализ применение БПЛА в современной жизни и современной войне. Использование БПЛА в поисковых и спасательных операциях. Мониторинг окружающей среды и обеспечение безопасности с помощью БПЛА. Преимущества и недостатки использования БПЛА	4
Всего за 5 семестр			40

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5			ТекК	ТекК, ЛР	Зад. СРС	ДР	ТекК	ЛР	Зад. СРС	ДР	ТекК	ТекК, ЛР	ТекК	ТекК	ЛР	ДР	Вопр.Диф.Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ЛР – лабораторная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задания для самостоятельной работы;

- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. -. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 36 экз.
2. . Проектирование бизнес-процессов. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
3. А. А. Малахов. . Расчёт параметров системы «летательный аппарат — автопилот» с использованием MATLAB и SIMULINK (продольное движение). М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.
4. Д. Н. Щевров. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов). М.: Машиностроение, 1978, 20 экз.
5. Е. П. Котиков. . Крылатые и зенитные управляемые ракеты. СевастопольБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1982, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник военного образования.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://libcat.ru/knigi/nauka-i-obrazovanie/tehnicheskie-nauki/384762-sergej-makarenko-protivodeystvie-bespilotnym-letatelnykh-apparatam.html> — Сергей Макаренко: Противодействие беспилотным летательным аппаратам читать онлайн бесплатно;
2. <https://dronomania.ru/faq/dron-svoimi-rukami-urok-1-terminologiya.html> — Дрон своими руками: Урок 1. Терминология.;
3. https://library.k sai.ru/images/%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%BD%D1%8B%D0%B5_1.pdf;
4. <https://patriotsport.moscow/wp-content/uploads/2023/09/radioelektronnoe-oborudovaniye-i-sistema-upravleniya-bpla.uchebnoe-posobie.pdf> — Just a moment...;
5. https://baumanka.pashinin.com/IU2/sem8/%D0%A1%D0%90%D0%A3%20%D0%9B%D0%90/%D0%9B%D0%90%D0%91%D0%AB/_%D0%90%D0%A1%D0%90%D0%A3%20%D0%9B%D0%90/
6. <https://infourok.ru/bespilotnye-letatelnые-aparaty-bpla-kniga-1-teoriya-4559907.html> — Беспилотные летательные аппараты БПЛА. Книга 1 Теория;
7. https://www.researchgate.net/publication/366291695_Osnovy_aerodinamiki_bespilotnyh_vozdusnyh_sudov_Uchebnое_posobie — Just a moment...;
8. https://function.mil.ru/files/morf/Sbornik_dokladov_konferencii_bla.pdf;
9. [https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnykh-apparatov-v-voennykh-i-grazhdanskikh-tselyah/viewer](https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnykh-apparatov-v-voennykh-i-grazhdanskikh-tselyakh/viewer) — ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЦЕЛЯХ;
10. https://xn----8sbccoatzacurs.xn--p1ai/files/monography_1.pdf;
11. <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskij-podhod-k-organizatsii-obucheniya-operatorov-bespilotnyh-letatelnykh-apparatov-mini-klassa> — 502 Bad Gateway.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Интерактивная доска.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БПЛА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3 Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с базовыми принципами работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), их классификации, а также основных компонентах и системах, которые обеспечивают их функционирование. В рамках этой дисциплины студенты узнают о различных типах БПЛА, их конструкции, аэродинамических принципах, принципах работы двигателей и систем управления. Также рассматриваются вопросы безопасности полетов, навигации и коммуникации, вопросы технического обслуживания БПЛА и многое другое. Цель изучения дисциплины - дать студентам понимание принципов работы беспилотных авиационных систем, научить их разбираться в их устройстве и функционировании, а также подготовить к решению практических задач, связанных с эксплуатацией и обслуживанием таких систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 2. Основная часть. Устройство БПЛА.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным принципам функционирования БПЛА	Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (1-6) -. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-6)	4
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным конструктивным элементам БПЛА.	-. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-6) Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (1-5)	2
Итого по разделу 3		2
Раздел 4. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления БПЛА:.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам систем управления БПЛА.	-. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3-5) Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (3-6)	4
Итого по разделу 4		4
Раздел 5. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления ДДК БПЛА.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам двигательно движетельного комплекса БПЛА.	Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (4) -. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3) Е. П. Котиков. . Крылатые и зенитные управляемые ракеты: СевастопольБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1982 (2)	4
Итого по разделу 5		4
Раздел 6. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Рама или Планер:.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам корпуса, рамы и фюзеляжа БПЛА.	Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (1) Е. П. Котиков. . Крылатые и зенитные управляемые ракеты: СевастопольБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1982 (3) -. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)	4
Итого по разделу 6		4
Раздел 7. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам отсеков БПЛА.	Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (1)	4

занятию, посвященному основным элементам БПЛА обеспечивающим хранение и выделение энергии на борту.	беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (3) -. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)	
Итого по разделу 7		4
Раздел 8. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система посадки.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам БПЛА обеспечивающим работу систем посадки.	-. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5) Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (5)	4
Итого по разделу 8		4
Раздел 9. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система безопасности, Система наблюдения, Система управления полезной нагрузкой и пассивная полезная нагрузка.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным элементам БПЛА входящим в системы обеспечения безопасности полетов, системы видеонаблюдения за процессом полета, системы управления полезной нагрузкой.	-. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (4) Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (4)	4
Итого по разделу 9		4
Раздел 10. Принципы применение БПЛА:.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному основным принципам использования в военных целях: разведка, наблюдение, рекогносцировка и в гражданской сфере: мониторинг окружающей среды, строительство, сельское хозяйство, кинематограф.	-. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (7)	2
Итого по разделу 10		2
Раздел 11. Перспективы развития БПЛА:.		
Подготовка к восприятию лекционного материала и практическому занятию, посвященному перспективам развития БПЛА:.	-. . Баллистическое проектирование беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (7)	4
Итого по разделу 11		4
Раздел 14. Заключение.		
Анализ применение БПЛА в современной жизни и современной войне. Использование БПЛА в поисковых и спасательных операциях. Мониторинг окружающей среды и обеспечение безопасности с помощью БПЛА. Преимущества и недостатки использования БПЛА	Д. Н. Щеверов. . Проектирование беспилотных летательных аппаратов. (Системотехника и проектирование летательных аппаратов): М.: Машиностроение, 1978 (7)	4
Итого по разделу 14		4

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- задания для самостоятельной работы;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы для текущего контроля

Что такое БПЛА?

Каковы основные типы БПЛА?

Что такое мультикоптер?

Что такое вертолетный БПЛА?

Что такое самолетный БПЛА?

Что такое коптер-планер?

Что такое аэростат?

Что такое автожир?

Что такое гироплан?

Что такое конвертоплан?

Какие основные элементы входят в состав БПЛА?

Что такое платформа?

Что включает в себя система управления БПЛА?

Что такое двигатели?

Какие системы питания используются в БПЛА?

Какие функции выполняет полезная нагрузка БПЛА?

Что представляет собой система связи БПЛА?

Какие существуют типы камер для БПЛА?

В чем заключается задача системы навигации БПЛА?

Какие технологии используются для определения положения БПЛА в пространстве?

Как работает система стабилизации БПЛА?

Как осуществляется взлет и посадка БПЛА?

Как происходит управление полетом БПЛА?

Какие виды датчиков используются на БПЛА?

Чем отличается автоматическая система управления от ручной системы управления БПЛА?

Как обеспечивается безопасность полетов БПЛА?

Что представляют собой системы автоматического возвращения БПЛА на базу?

Для каких целей используются БПЛА в гражданской авиации?

Для каких задач используются БПЛА военными?

Как используется БПЛА для мониторинга окружающей среды?

В каких сферах деятельности применяются БПЛА-пожарные?

В каких областях используется БПЛА-сельское хозяйство?

Как используются БПЛА для поиска и спасения людей?

Как применяются БПЛА для охраны границ и территорий?

Как используются дроны для доставки грузов?

Какие существуют ограничения по использованию БПЛА?

Как регулируются вопросы безопасности полетов БПЛА на законодательном уровне?

Какова роль БПЛА в решении задач науки и образования?

Какие новые технологии и инновации применяются в разработке БПЛА?

Каковы перспективы развития БПЛА в ближайшем будущем?

Задания для самостоятельной работы

Изучите основные типы БПЛА и их особенности.

Исследуйте основные компоненты БПЛА, их функции и назначение.

Разберитесь в работе двигателей БПЛА, различных системах питания и способах их подключения.

Изучите функции полезной нагрузки БПЛА, какие устройства могут быть установлены на него и для каких целей.

Исследуйте системы связи, используемые в БПЛА, и их роль в процессе полета.

Ознакомьтесь с различными типами камер, устанавливаемых на БПЛА, и принципами их работы.

Изучите различные системы навигации, используемые в современных БПЛА, принципы их работы и преимущества.

Исследуйте процесс стабилизации БПЛА в полете и методы, которые используются для этого.

Проанализируйте, как осуществляется взлет и посадка различных типов БПЛА.

Изучите, как происходит управление БПЛА, основные команды и способы передачи информации.

Ознакомьтесь с датчиками, используемыми в БПЛА, для каких целей они применяются и какие данные собирают.

Проведите сравнительный анализ автоматической и ручной систем управления БПЛА, определите их преимущества и недостатки.

Изучите системы автоматического возвращения БПЛА на базовую станцию, их особенности и принципы работы.

Рассмотрите различные сферы применения БПЛА: в гражданской и военной авиации, в сельском хозяйстве, в пожаротушении и т.д.

Освойте принципы использования БПЛА для спасательных операций, поиска людей и мониторинга окружающей среды.

Изучите использование БПЛА для доставки грузов, какие грузы могут быть доставлены и какие ограничения существуют.

Ознакомьтесь с законодательными ограничениями и требованиями к использованию БПЛА, как соблюдать эти требования и обеспечивать безопасность полетов.

Изучите применение БПЛА в науке и образовании, какие задачи они помогают решать и какие перспективы открываются в этой области.

Исследуйте новые технологии и разработки в области БПЛА, что нового появилось за последнее время и какие инновации ожидаются в

будущем.

Сделайте прогноз развития БПЛА на ближайшие несколько лет, какие новые типы БПЛА могут появиться и какие изменения могут произойти в существующих моделях.

Лабораторная работа

Общие критерии оценивания для всех лабораторных работ (Рекомендуемая основа)

Каждая работа оценивается максимум в 10 баллов.

«Отлично» (86-100%) – работа сдана в срок, все пункты выполнены, отчет оформлен идеально, студент уверенно отвечает на вопросы.

«Хорошо» (70-85%) – есть мелкие недочеты или неточности, но основное задание выполнено.

«Удовлетворительно» (51-69%) – работа выполнена частично, отчет с ошибками, студент путается в базовых понятиях.

«Неудовлетворительно» (0-50%) – работа не сдана, грубые ошибки, отчет отсутствует.

Типовые условия сдачи (общие):

1. Допуск: Наличие конспекта/подготовки по теме, ответ на контрольные вопросы преподавателя перед началом работы (или в начале защиты).
2. Отчет: Оформлен в электронном или бумажном виде (согласно требованиям кафедры). Содержит: титульный лист, цель, задание, ход работы, скриншоты/графики/код, выводы.
3. Защита: Устный ответ на 2-3 вопроса из списка (билет) или демонстрация кода/модели.
4. Срок: Основная сдача – не позднее, чем за 2 недели до экзамена/зачета. Штраф за просрочку – 1 балл в неделю.

1. Лабораторная работа №1 (Раздел 4) – 10 баллов

Тема: Исследование архитектуры системы управления БПЛА в симуляционной среде (SITL)

Примерные вопросы для защиты (5 шт.):

1. Что такое SITL (Software In The Loop) и чем он отличается от HITL?
2. Какие основные компоненты входят в архитектуру типовой системы управления БПЛА?
3. Как в симуляторе SITL проверить работу GPS и компаса без реального сигнала?
4. Что означает аббревиатура RTL и какой физический смысл этого режима полета?
5. Какую роль в системе управления выполняют PID-регуляторы? Назовите один основной параметр каждого компонента (P, I, D).

2. Лабораторная работа №2 (Раздел 5) – 10 баллов

Тема: Моделирование и анализ систем управления двигательно-двигательным комплексом (ДДК) БПЛА

Примерные вопросы для защиты (5 шт.):

1. Из каких основных элементов состоит двигательно-двигательный комплекс (ДДК) БПЛА?
2. Какую функцию выполняет электронный регулятор скорости (ESC) для бесколлекторного двигателя?
3. В чем разница между регулированием оборотов у электродвигателя и у двигателя внутреннего сгорания (на БПЛА)?
4. Как при моделировании в Python (Control Library) задать передаточную функцию двигателя постоянного тока?
5. Что произойдет с системой, если установить слишком высокий коэффициент K_p в регуляторе оборотов?

3. Лабораторная работа №3 (Раздел 7) – 10 баллов

Тема: Исследование системы энергообеспечения БПЛА с использованием аккумуляторных и топливных элементов

Примерные вопросы для защиты (5 шт.):

1. Почему для большинства мультикоптеров используют LiPo-аккумуляторы, а не Li-ion?
2. Что обозначает маркировка «4S 5000mAh 100C» у аккумулятора?
3. Назовите основные функции регулятора напряжения (BEC/UBEC) в системе энергообеспечения.
4. Какой физический принцип лежит в основе работы водородного топливного элемента?
5. Почему при последовательном соединении аккумуляторов важно выравнивание напряжения ячеек (Balance Charging)?

4. Лабораторная работа №3 (Раздел 9) – 10 баллов

Тема: Комплексное исследование бортовых систем безопасности, наблюдения и полезной нагрузки БПЛА в виртуальной среде

Примерные вопросы для защиты (5 шт.):

1. Какие датчики входят в типовую систему наблюдения (EO/IR)? В чем разница между дневной камерой и тепловизором?
2. Как работает система предотвращения столкновений на основе лазерного дальномера (LIDAR) и что такое «время до столкновения»?
3. Что входит в систему «пассивной полезной нагрузки» БПЛА и почему она так называется?
4. Какой протокол/интерфейс чаще всего используется для передачи видео с камеры БПЛА на наземную станцию?
5. Что такое «система наблюдения» в контексте БПЛА и чем она отличается от системы «контроля состояния» самого аппарата?

Вопросы к дифференцированному зачету

Что такое БПЛА?

Каковы основные типы БПЛА?

Что такое мультикоптер?

Что такое вертолетный БПЛА?

Что такое самолетный БПЛА?

Что такое коптер-планер?

Что такое аэростат?

Что такое автожир?

Что такое гироплан?

Что такое конвертоплан?

Какие основные элементы входят в состав БПЛА?

Что такое платформа?

Что включает в себя система управления БПЛА?

Что такое двигательно-двигательный комплекс?

Какие системы питания используются в БПЛА?

Какие функции выполняет полезная нагрузка БПЛА?

Что представляет собой система связи БПЛА?

Какие существуют типы камер для БПЛА?

В чем заключается задача системы навигации БПЛА?

Какие технологии используются для определения положения БПЛА в пространстве?

Как работает система стабилизации БПЛА?

Как осуществляется взлет и посадка БПЛА?

Как происходит управление полетом БПЛА?

Какие виды датчиков используются на БПЛА?

Чем отличается автоматическая система управления от ручной системы управления БПЛА?

Как обеспечивается безопасность полетов БПЛА?

Что представляют собой системы автоматического возвращения БПЛА на базу?

Для каких целей используются БПЛА в гражданской авиации?

Для каких задач используются БПЛА военными?
 Как используется БПЛА для мониторинга окружающей среды?
 В каких сферах деятельности применяются БПЛА-пожарные?
 В каких областях используется БПЛА-сельское хозяйство?
 Как используются БПЛА для поиска и спасения людей?
 Как применяются БПЛА для охраны границ и территорий?
 Как используются дроны для доставки грузов?
 Какие существуют ограничения по использованию БПЛА?
 Как регулируются вопросы безопасности полетов БПЛА на законодательном уровне?
 Какова роль БПЛА в решении задач науки и образования?
 Какие новые технологии и инновации применяются в разработке БПЛА?
 Каковы перспективы развития БПЛА в ближайшем будущем?
 Изучите основные типы БПЛА и их особенности.
 Исследуйте основные компоненты БПЛА, их функции и назначение.
 Разберитесь в работе двигателей БПЛА, различных системах питания и способах их подключения.
 Изучите функции полезной нагрузки БПЛА, какие устройства могут быть установлены на него и для каких целей.
 Исследуйте системы связи, используемые в БПЛА, и их роль в процессе полета.
 Ознакомьтесь с различными типами камер, устанавливаемых на БПЛА, и принципами их работы.
 Изучите различные системы навигации, используемые в современных БПЛА, принципы их работы и преимущества.
 Исследуйте процесс стабилизации БПЛА в полете и методы, которые используются для этого.
 Проанализируйте, как осуществляется взлет и посадка различных типов БПЛА.
 Изучите, как происходит управление БПЛА, основные команды и способы передачи информации.
 Ознакомьтесь с датчиками, используемыми в БПЛА, для каких целей они применяются и какие данные собирают.
 Проведите сравнительный анализ автоматической и ручной систем управления БПЛА, определите их преимущества и недостатки.
 Изучите системы автоматического возвращения БПЛА на базовую станцию, их особенности и принципы работы.
 Рассмотрите различные сферы применения БПЛА: в гражданской и военной авиации, в сельском хозяйстве, в пожаротушении и т.д.
 Освойте принципы использования БПЛА для спасательных операций, поиска людей и мониторинга окружающей среды.
 Изучите использование БПЛА для доставки грузов, какие грузы могут быть доставлены и какие ограничения существуют.
 Ознакомьтесь с законодательными ограничениями и требованиями к использованию БПЛА, как соблюдать эти требования и обеспечивать безопасность полетов.
 Изучите применение БПЛА в науке и образовании, какие задачи они помогают решать и какие перспективы открываются в этой области.
 Исследуйте новые технологии и разработки в области БПЛА, что нового появилось за последнее время и какие инновации ожидаются в будущем.
 Сделайте прогноз развития БПЛА на ближайшие несколько лет, какие новые типы БПЛА могут появиться и какие изменения могут произойти в существующих моделях.

Дифференцированный зачет

Допуск к дифференцированному зачету оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Дифференцированный зачет проходит в форме устных ответов на вопросы к дифференцированному зачету.

Критерии оценивания:

- правильные полные и четкие ответы на все вопросы преподавателя, при грамотном представлении, требуемого для пояснения, иллюстрированного материала – «зачтено-отлично»;
- правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на поставленные преподавателем вопросы, при грамотном представлении иллюстрированного материала – «зачтено-хорошо»;
- правильные ответы на большую часть вопросов при недостаточном полном их освещении – «зачтено-удовлетворительно»;
- если студент не ориентируется в разделах дисциплины - "не зачтено".

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-3	
3	5	Раздел 1. Введение.	2	2	2	0	0	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Основная часть. Устройство БПЛА.	6	2	2	0	4	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 3. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА.	4	2	2	0	2	5	Задания для самостоятельной работы
3	5	Раздел 4. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления БПЛА:.	16	12	2	10	4	10	Задания для самостоятельной работы, Лабораторная работа
3	5	Раздел 5. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система управления ДДК БПЛА.	16	12	2	10	4	10	Задания для самостоятельной работы, Лабораторная работа
3	5	Раздел 6. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Рама или Планер:.	6	2	2	0	4	5	Задания для самостоятельной работы
3	5	Раздел 7. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Отсеки аккумуляторов; топливные отсеки, топливные ячейки.	14	10	2	8	4	5	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 8. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система посадки.	6	2	2	0	4	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 9. Основная часть. Конструктивные элементы БПЛА, Система безопасности, Система наблюдения, Система управления полезной нагрузкой и пассивная полезная нагрузка.	14	10	4	6	4	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 10. Принципы применение БПЛА:.	8	6	6	0	2	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 11. Перспективы развития БПЛА:.	6	2	2	0	4	15	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 12. Обучение операторов БПЛА.	2	2	2	0	0	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 13. Разбор домашних заданий.	2	2	2	0	0	5	Задания для самостоятельной работы
3	5	Раздел 14. Заключение.	6	2	2	0	4	0	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 5 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	

Оценочные материалы по дисциплине УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БПЛА

ПК-3 - Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Сравните аэродинамическое качество (подъемная сила / лобовое сопротивление) самолетного БПЛА и мультикоптера в горизонтальном полете. Объясните, как это влияет на максимальную дальность полета при одинаковой массе и энерговооруженности.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Для мультикоптера массой 2 кг с четырьмя винтами известно, что максимальная тяговооруженность составляет 2:1 (суммарная тяга винтов / вес аппарата). Оцените, как изменится скороподъемность и максимальное время зависания, если установить полезную нагрузку массой 0,5 кг. При расчете примите, что тяга винтов линейно зависит от мощности, а энергия батареи остается неизменной.
- № 3 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите типы БПЛА в порядке возрастания максимальной продолжительности полета (при одинаковой массе и энергетическом эквиваленте):

Мультикоптер с батареей 500 Вт·ч

Самолетный БПЛА с бензиновым двигателем (топливо 0,5 кг)

Аэростат (гелий, баллонет)

Конвертоплан в режиме самолета с батареей 500 Вт·ч
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
акие параметры необходимо знать для расчета максимальной дальности полета электрического самолетного БПЛА (без учета ветра)?

Емкость батареи (Вт·ч)

Полная масса БПЛА

Аэродинамическое качество

Максимальная тяга двигателей

КПД винтомоторной группы
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Объясните, почему максимальная продолжительность полета (время) для электрического мультикоптера не всегда достигается на минимальной скорости, а для самолетного БПЛА – достигается. Приведите энергетические соображения.
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
БПЛА с бензиновым двигателем внутреннего сгорания имеет удельный расход топлива 300 г/(кВт·ч), запас топлива 5 л (плотность 0,75 кг/л), массу пустого 10 кг, полезную нагрузку 2 кг. В крейсерском полете потребная мощность 1,5 кВт. Оцените максимальную продолжительность полета. Как изменится продолжительность, если добавить 1 кг полезной нагрузки, считая, что потребная мощность возрастет пропорционально массе?
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите факторы в порядке убывания их влияния на максимальную высоту полета самолетного БПЛА (от наибольшего к наименьшему):

Падение плотности воздуха и тяги двигателя

Ограничение по прочности конструкции (разрушающее давление)

Снижение аэродинамического качества из-за сжимаемости

Ограничение по температуре наружного воздуха для электроники
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите правильную последовательность изменения параметров при переходе мультикоптера от режима висения к максимальной горизонтальной скорости:

А. Рост потребляемого тока
Б. Увеличение угла тангажа (наклона)
В. Снижение вертикальной составляющей тяги
Г. Достижение равновесия между лобовым сопротивлением и горизонтальной составляющей тяги
Д. Рост мощности, идущей на горизонтальное движение
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в порядке возрастания скорости полета (от минимальной к максимальной) следующие режимы одного и того же самолетного БПЛА с фиксированным углом атаки, при условии, что двигатель может развивать любую тягу:

Скорость сваливания (C_{Lmax})

Экономическая скорость (минимальная потребная мощность)

Максимальная скорость (при максимальной тяге)

Скорость максимального качества (минимальная потребная тяга)

Правильный порядок: 1 (минимальная), затем 2, затем 4, затем 3. (Скорость сваливания самая низкая. Экономическая скорость обычно несколько выше скорости максимального качества. Скорость максимального качества – это скорость наименьшего лобового сопротивления. Максимальная скорость – самая
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какая из перечисленных летно-технических характеристик является **наиболее важной** для БПЛА-картографа, работающего над заданным районом в течение 2 часов?

- Максимальная скорость
- Продолжительность полета
- Максимальная высота
- Тяговооруженность
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что происходит с максимальной дальностью полета электрического самолетного БПЛА при увеличении массы батареи на 20% (при фиксированной массе планера и полезной нагрузки)?
- Дальность увеличивается пропорционально массе батареи
- Дальность уменьшается, так как растёт полетная масса
- Дальность сначала растёт, затем падает (есть оптимум)
- Дальность не изменяется
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой тип БПЛА имеет **наибольшее** аэродинамическое качество?
- Мультикоптер
- Вертолетный БПЛА
- Самолетный БПЛА с прямым крылом
- Конвертоплан в режиме висения
- № 13 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
При переходе от зависания к горизонтальному полету у мультикоптера потребляемая мощность (при постоянной скорости полета 10 м/с) обычно:
- Уменьшается
- Остается неизменной
- Увеличивается
- Сначала уменьшается, затем возрастает
- № 14 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных параметров **напрямую** влияют на максимальную продолжительность полета электрического мультикоптера? (Выберите все верные)
- Емкость аккумулятора (А·ч)
- Напряжение батареи
- Максимальный ток двигателей
- КПД винтов
- Масса полезной нагрузки
- № 15 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие факторы приводят к **ухудшению** аэродинамического качества самолетного БПЛА?
- Увеличение удлинения крыла
- Установка внешних подвесок (камер, антенн)
- Ламинаризация профиля
- Загрязнение поверхности крыла
- Уменьшение площади крыла при неизменной массе
- № 16 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Для какого типа БПЛА **характерно** наличие следующих особенностей: вертикальный взлет и посадка, возможность длительного висения, ограниченная максимальная скорость (до 25 м/с), низкая энергоэффективность в горизонтальном полете?
- Самолетный БПЛА
- Мультикоптер
- Конвертоплан
- Вертолетный БПЛА
- Аэростат
- № 17 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из утверждений о влиянии высоты полета на ЛТХ БПЛА являются **верными**?
- Максимальная скорость мультикоптера с ростом высоты увеличивается (до определенного предела)
- Скороподъемность самолетного БПЛА падает с высотой
- Потребная мощность для зависания мультикоптера на высоте 3000 м больше, чем на уровне моря

Дальность полета самолетного БПЛА с поршневым двигателем на высоте 2000 м меньше, чем на уровне моря, при одинаковом запасе топлива

Аэродинамическое качество самолетного БПЛА не зависит от высоты

№ 18 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом БПЛА и его характерной летно-технической характеристикой (ЛТХ).

Тип БПЛА	ЛТХ
1. Мультикоптер	А. Максимальная продолжительность полета до нескольких суток при скорости 30-50 км/ч
2. Самолетный БПЛА (с ДВС)	Б. Вертикальный взлет, малая скорость (до 15 м/с), время полета 20-40 мин
3. Аэростат (привязной)	В. Дальность полета до 1000 км, крейсерская скорость 100-150 км/ч, взлет с катапульты
4. Конвертоплан	Г. Висение не более 5 минут, максимальная скорость до 250 км/ч в самолетном режиме

№ 19 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом двигателя БПЛА и его влиянием на ЛТХ.

Двигатель	Влияние на ЛТХ
1. Электрический (Li-Po)	А. Высокая удельная мощность (до 5 кВт/кг), малая энергоемкость, ограниченное время полета
2. Бензиновый поршневой	Б. Очень большая продолжительность (десятки часов), но низкая мощность при малой массе, сложность запуска
3. Турбореактивный	В. Высокая скорость (до 300 м/с), огромный расход топлива, малая продолжительность
4. Водородный топливный элемент	Г. Хорошая энергоемкость (300-500 Вт·ч/кг), приемлемая мощность, средняя продолжительность

№ 20 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите тип полезной нагрузки с её влиянием на дальность полета БПЛА (при фиксированной энергии).

Полезная нагрузка	Эффект на дальность
1. Тяжелая электрооптическая камера (0,5 кг)	А. Уменьшает дальность на 15-25% из-за увеличения массы и лобового сопротивления
2. Легкий LiDAR (0,1 кг) с обтекаемой формой	Б. Почти не влияет (снижение дальности <5%)
3. Подвесной громкоговоритель (0,3 кг, необтекаемый)	В. Увеличивает дальность (антенна работает как крыло) – нереалистично
4. Топливный бак вместо полезной нагрузки	Г. Увеличивает дальность, но не является полезной нагрузкой