



Программа курса «Производство беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)»

Номер	Название темы	Количество часов	Описание темы
1	Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС	4	Определение понятия «Беспилотные Авиационные Системы» (БАС). История развития БАС. Функции беспилотных авиационных систем: военное применение, гражданские задачи, исследования и т.д. Сферы применения БАС (безопасность и военное дело, геодезия мониторинг, сельское хозяйство, развлечения и спорт и пр.). Наука. Испытание новейших схем компоновки ЛА, материалов, аэродинамических свойств испытываемых конструкций. Основные типы БАС: аэростат, самолетный тип, мультироторы, гибриды, конвертопланы, вертолеты, автожиры. Классификация БАС: по размеру и взлетной массе, по типу силовой установки, по сферам применения. Некоторые технические характеристики основных видов авиационных систем, пилотируемых и беспилотных. Перспективные направления: транспорт и логистика.
2	Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем	4	Разбор различных классификаций и типов беспилотных воздушных судов. Значение и актуальность правовых норм в области использования БАС. Международные нормативные акты. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Национальное законодательство некоторых стран. Проблемы правового регулирования, конфликты интересов. Российские законы, регламентирующие применение БАС. Проблемы, перспективы и развитие правового регулирования.
3	Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА	4	Основные положения аэродинамики летательных аппаратов. Аэродинамические и летные характеристики летательного аппарата на различных этапах полета. Понятие об устойчивости и управляемости летательного аппарата. Особенности аэродинамики парашюта. Полет летательного аппарата в особых условиях и особые случаи полета.
4	Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты	8	Перемещение летательного аппарата в трех плоскостях. Управляемый полет на ЛА аэростатах, самолетного, вертолетного комбинированного и мультироторного типов. Тангаж, крен, рысканье, газ. Реализация управления в пилотируемых и беспилотных ЛА. Теоретические основы радиосвязи. Длина волны, частота, амплитуда. Классификация электромагнитных волн по длинам, применение их в радиосвязи; Полудуплексная и дуплексная связь. Радиотелеметрия. Управление БПЛА оператором, полуавтоматические и автоматические режимы полета. Практика: Передача информации при помощи модуля дуплексной связи HC-12 между двумя портативными компьютерами при помощи программы «Терминал». Установка радиосвязи, а также демонстрация факторов, влияющих на передачу сигнала. Ожидаемые результаты: переданное сообщение между двумя ПК.
5	Архитектура БАС. Конструкция планера/рамы. Используемые материалы	6	Определение корпуса и конструктивных элементов в контексте летательных аппаратов и БАС. Назначение корпуса для структуры БПЛА. Исторические особенности и логика построения летательных аппаратов. Заимствования технических решений из окружающей природы, а также смежных технологических отраслей. Конструкционные особенности самолетов, мультироторов, аэростатов. Материалы, используемые в изготовлении летательных аппаратов. Дерево, металл, пластмассы и полимеры, композитные материалы. Типы соединений материалов: механическое, клеевое, сварное. Соединение однородных и разнородных материалов. Отсутствие или сокращение соединений как возможная альтернатива в

			<p>конструировании ЛА.</p> <p>Практика: Сравнительный анализ используемых материалов, а также методов соединений. Подбор материалов для изготовления БПЛА самолетного типа заданной взлетной массы. Результат: составление таблицы соответствия используемых в производстве БПЛА материалов конкретному оптимальному типу соединений.</p>
6	Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем	6	<p>Роль силовой установки в обеспечении полета. Типы силовых установок летательных аппаратов: электрические двигатели и двигатели внутреннего сгорания.</p> <p>Источники питания химические и динамо электрические. Их достоинства, недостатки, границы применимости.</p> <p>Двигатели постоянного и переменного тока, регулировка скорости вращения вала двигателя переменного тока при помощи частотного генератора. Электронный контроллер скорости как частный пример использования инвертора для питания и управления скоростью электромотора. Получение энергии при помощи генераторов и солнечных батарей. Термоэлектрический эффект.</p> <p>Основные потребители энергии на борту БПЛА, связанные с исполняемыми им функциями.</p> <p>Практика: Расчет энергооборуженности БПЛА мультироторного типа заданной взлетной массы для обеспечения полета и функционирования бортовых систем. Результат: выполненный расчет по заданным преподавателем характеристикам БПЛА.</p>
7	Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ	6	<p>Роль полетного контроллера в функционировании БПЛА. Особая роль полетного контроллера в функционировании БПЛА мультироторного типа. ШИМ как универсальный способ быстрой передачи информации между бортовыми системами;</p> <p>Роль датчиков в функционировании БПЛА. Типы датчиков и выполняемые ими функции. Регуляторы PID и PIDFF. Упрощенная математическая модель, принцип действия и применение в БПЛА.</p> <p>Практика: Изучение структуры полетного контроллера на примере MATEK F405 Stack 40A. Определение типа микроконтроллера и датчиков по внешнему виду и обозначениям. Результат: составленная таблица основных и наиболее часто используемых полетных контроллеров БПЛА мультироторного и самолетного типов.</p>
8	Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ	6	<p>Роль наземной станции в функционировании БАС. Функции наземных станций.</p> <p>Рабочее место оператора. Обзор аппаратур управления на примере Radiomaster TX12 и Radiomaster TX16S.</p> <p>Интерфейсы управления ПК на примере ПО Mission Planner и QGroundControl. Общие сведения об инерциальной навигации. Принцип действия глобальных навигационных систем на примере GPS и ГЛОНАСС.</p> <p>Точность геопозиционирования. Использование технологий машинного зрения при управлении БПЛА.</p> <p>Практика: Установка дуплексной связи ПК и полетного контроллера при помощи модулей 433-1200МГц Telemetry radio по протоколу MavLink. Результат: получение телеметрии с учебного БПЛА.</p>
9	Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров	10	<p>Программное обеспечение для полетных контроллеров на примере STM32F405.</p> <p>Программные решения ArduPilot, Betafpv, Cleanflight, INav. Достоинства, недостатки, выполняемые функции.</p> <p>Режимы работы полетных контроллеров. Предупреждение проблем, возникающих при загрузке ПО в микроконтроллер.</p> <p>Программное обеспечение для полетных контроллеров на примере STM32F405.</p> <p>Определение понятия интерфейс в контексте управления автопилотом. Командная строка как основной интерфейс взаимодействия между техником и программой.</p> <p>Обзор оболочек для настройки ПК на примере Ardupilot и INav. Их сходства и различия, обзор возможностей.</p> <p>Программное определение миксеров сервомоторов и силовой установки. Калибровка электронных контроллеров скорости.</p> <p>Программное определение и настройка приемника. Настройка режимов полета. Настройка OSD.</p> <p>Практика: Загрузка программного обеспечения Betaflight ArduPilot в полетный контроллер квадрокоптера. Обзор настроек, полетных режимов, информации OSD. Результат: работающее ПО на учебном БПЛА.</p>
			<p>Строение БАС самолетного типа. Классическая схема, обратная схема «утка», летающее крыло. Строение крыла, лонжероны, нервюры, обшивка.</p>

10	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений	6	<p>Электрические приводы механизации в БПЛА. Размещение датчиков и элементов электропроводки.</p> <p>Толкающий и тянущий варианты размещения двигателя. Хвостовое оперение, рули высоты и направления, электрические приводы и тяги. Факторы, влияющие на аэродинамику полета.</p> <p>Материалы, используемые для изготовления лучей. Расположение винтомоторных групп. Развесовка квадрокоптера и ее влияние на полет. Размещение полезной нагрузки.</p> <p>Практика: Изучение конструкции квадрокоптера на основе рамы F405, самолета Volantex Ranger 707.</p> <p>Разборка и сборка планера типа «Летающее крыло». Результат: составление слушателем списка основных частей БПЛА самолетного и мультироторного типов.</p>
11	Силовые установки БПЛА. ДВС	6	<p>Устройство двигателя внутреннего сгорания. Цикл Отто, цикл Дизеля и цикл Сабатэ – Тринклера.</p> <p>Типы двигателей по расположению поршней – рядные, V-образные, Y-образные, оппозитные. Карбюраторные и инжекторные системы. Работа двухтактного и четырехтактного двигателя. Турбовинтовые и турбореактивные двигатели, их устройство и применение в БПЛА.</p> <p>Практика: Разборка, изучение конструкции и измерение параметров бесщеточного двигателя типа 5055 550 kV с использованием измерительного стенда. Результат: составление слушателем списка основных частей бесколлекторного двигателя, составление схемы подключения.</p>
12	Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА	6	<p>Микроконтроллеры, понятие, назначение, виды. Характеристики микроконтроллеров, такие как частота, разрядность, объем памяти, вычислительные возможности. Обзор технической документации на микроконтроллер Atmega 328P.</p> <p>Обзор технической документации на микроконтроллер STM32F405.</p> <p>Использование микроконтроллеров в качестве составных частей БПЛА для управления и работы исполнительных механизмов. Среды разработки для программирования микроконтроллеров.</p> <p>Практика: Изучение схемы автономной спасательной системы для БПЛА под управлением Atmega 328p в составе Arduino nano.</p> <p>Написание программы в среде Arduino IDE для выброса спасательной системы БПЛА в нештатной ситуации. Результат: составление алгоритма работы аварийно-спасательной системы БПЛА самолетного типа.</p>
13	Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули	6	<p>Работа полупроводниковых приборов в составе электрических цепей. Биполярные и полевые транзисторы, их особенности и возможности применения в электрических схемах. Работа трансформаторов и дросселей в составе электрических цепей.</p> <p>Изучение работы инвертера в составе повышающих и понижающих преобразователей с примерами использования в платах полетных контроллеров. Работа транзисторных ключей в составе блоков питания и регуляторов скорости двигателя.</p> <p>Закон Ома для участка цепи. Работа сопротивления в составе измерителей тока. Некоторые схемотехнические решения, применяемые в полетных контроллерах.</p> <p>Усилители сигнала и антенны. Типы антенн, применяемые в БПЛА.</p> <p>Практика: Калибровка измерений напряжения и тока полетным контроллером на борту БПЛА мультироторного типа. Укладка кабельных линий и оптимальное размещение электронных блоков на борту БПЛА самолетного типа. Обеспечение охлаждения видеопередатчика, а также блоков контроля скорости вращения электрических двигателей. Результат: оптимальное расположение кабельных линий на борту БПЛА .</p>
14	Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, I2C, CAN	6	<p>Интерфейсы передачи данных между электронными компонентами на примере RS 232. Изучение наиболее часто используемых в БПЛА интерфейсов передачи данных на примере набора, входящего в состав микроконтроллера STM32.</p> <p>Устройства UART – приемники радиосигнала управления, GPS приемники, подвесы, передатчики телеметрии, wi-fi и Bluetooth модули. Устройства I2c – компас, акселерометр, барометр.</p> <p>Сходства и различия с устройствами UART, скорости передачи данных по интерфейсам. Возможности применения и совместимость электронных компонентов.</p> <p>Практика: Подключение внешнего модуля GY-9250 к полетному контроллеру MATEK F405 через I2C, его определение и настройка. Подключение видеопередатчика Rush Tank FPV 2 к полетному контроллеру через UART с использованием протокола TBS Smart Audio. Результат: корректная работа указанных модулей.</p>

15	Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры	6	<p>Передача сигналов управления с аппаратуры в приемник на борту БПЛА. Системы дальней связи, работающие на протоколе CRSF – TBS Crossfire и ELRS.</p> <p>Варианты исполнения приемников и передатчиков – внутренние модули, устанавливаемые в аппаратуру, внешние модули, выносные модули. Передача данных на частотах 433 мГц, 800 мГц, 915 мГц, 2,4 гГц. Выбор конкретной модели приемника и передатчика для решаемых задач. Обзор систем OpenTX и EdgeTX для аппаратуры управления, логика выполняемых ими функций.</p> <p>Практика: Прошивка аппаратуры управления Radiomaster TX16S системой EdgeTX, прошивка внутреннего радиомодуля ELRS 2,4, прошивка приемника ELRS H900. Прошивка передатчика TBS micro TX, приемника TBS crossfire nano RX при помощи программы TBS Agent M. Результат: составление слушателем дорожной карты по прошивке и настройке аппаратуры управления.</p>
16	Датчики, используемые на БПЛА	6	<p>Общие сведения об авионике. История авионики, аналоговые и цифровые приборы. 6 базовых авиационных приборов - указатель скорости, курса, авиагоризонт/указатель разворота и скольжения, магнитный компас, указатель высоты, вариометр.</p> <p>Типы датчиков: Акселерометр и гироскоп на примере микросхемы MPU6050. Принцип действия, подключение, выполняемые функции. Магнитометр на примере HMC5883. Принцип действия, подключение, выполняемые функции.</p> <p>Датчик атмосферного давления на примере BMP280. Принцип действия, подключение, выполняемые функции. Иные типы датчиков, используемые в БАС.</p> <p>Практика: Подключение датчиков MPU6050, HMC5883, BMP280 к плате микроконтроллера Atmega328P в составе Arduino UNO, в среде разработки Arduino IDE. Ожидаемый результат: получение в терминале данных о температуре, влажности, магнитном поле и изменении высоты расположения датчика.</p>
17	Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д.	6	<p>Специализированные БАС. БПЛА-доставщики, сельскохозяйственные БПЛА, 3D-сканирование объектов при помощи БПЛА, БПЛА в качестве носителей.</p> <p>Практика: Изучение схемы устройства для удержания и сброса груза для квадрокоптера с рамой 5-10 дюймов. Результат: составление типовой схемы устройства зацепа и сброса груза. Сборка механизмов выгрузки, подключение к полётному контроллеру и настройка ограничения хода сервопривода.</p>
18	Промежуточная аттестация	4	Зачёт.
19	Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение	6	<p>Основы оборудования для мастерской по ремонту и обслуживанию БПЛА. Ручной инструмент.</p> <p>Электронный и контрольно-измерительный инструмент, электроинструмент.</p> <p>Расходные материалы: паяльная химия, припой, клеи и герметики, клейкие ленты, краски и лаки, растворители и очистители и пр.</p> <p>Рабочие зоны и правила безопасности.</p> <p>Понятия риска, безопасности, техники безопасности. Категория участников полета БАС. Риски при хранении, транспортировке и применении БАС.</p> <p>Обеспечение конструкционной целостности при хранении и перевозке. Особенности рисков при осуществлении полетов.</p> <p>Возникновение ответственности перед третьими лицами при использовании БПЛА.</p> <p>Предупреждение и профилактика противоправного использования БАС.</p> <p>Практика: Проверка оснащения учебной мастерской на соответствие требованиям. Ознакомление с инструментом и техникой безопасности. Обсуждение со слушателями возможных работ, проводимых в условиях учебной мастерской.</p>
20	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные	4	<p>Механизация крыла. Элероны, закрылки, интерцепторы.</p> <p>Электрические приводы механизации в БПЛА. Размещение датчиков и элементов электропроводки. Строение фюзеляжа, открытый, закрытый тип. Расположение крыльев – высокопланы, среднепланы, низкопланы. Развесовка фюзеляжа. Размещение и крепление элементов внутри фюзеляжа. Контроль соединений, размещение</p>

	принципы. Используемые материалы и типы их соединений		электрической проводки. Размещение и крепление силовой установки. Толкающий и тянущий варианты размещения двигателя. Хвостовое оперение, рули высоты и направления, электрические приводы и тяги. Факторы влияющие на аэродинамику полета.
21	Методы производства и сборки БПЛА	4	<p>Знакомство с основными типами корпусов БПЛА и используемых для их создания материалами.</p> <p>Резка фанеры при помощи ЧПУ фрезеров и газовых лазерных станков. Использование бальзы в составе БПЛА из дерева. Достоинства и недостатки деревянных конструкций. Воздушные винты из дерева и технология их производства.</p> <p>Металлические БПЛА. Использование прокатного металла, гибка. Соединения при помощи склепывания, резьбовые соединения, сварка. Резка металла при помощи ЧПУ фрезерования, лазера, плазмы. Достоинства и недостатки металлических конструкций БПЛА.</p> <p>Изготовление конструкционных элементов при помощи создания матриц. Достоинства и недостатки, границы применимости метода изготовления.</p> <p>Полимерные твердые и вспененные материалы. Изготовление при помощи литья, 3д печати, термопластичной формовки. Достоинства и недостатки данного вида материалов.</p> <p>Изготовление оснастки, матриц, ступеней для производства БПЛА. Армирование полимерных материалов.</p> <p>Практика: Соединение деревянных и пластиковых деталей БПЛА при помощи эпоксидного клея. Подгонка деталей.</p>
22	Технологии обработки материалов	6	<p>Основные виды обработки и сборки материалов: ручная, машинная, с использованием ЦПУ. Обработка без удаления части материала, обработка с удалением части материала, обработка с измельчением всей массы материала.</p> <p>Прокатка, прессование, ковка, штамповка, гибка, волочение. Резание и пиление, вырубка, строгание, долбление, сверление, точение, фрезерование, шлифование и полирование, рубка, лущение.</p> <p>Практика: Ручная обработка деревянных и пенополиуретановых материалов крыла самолета различными типами инструментов.</p>
23	Основы 3D печати и прототипирование	6	<p>Основы технологии 3д печати и 3д сканирования. ПО, применяемое для 3D печати. САПР и слайсеры. Прототипирование методом наплавления (FDM), селективное лазерное спекание (SLS), лазерная стереолитография (SLA) электронно-лучевая плавка (EBM).</p> <p>Практика: Создание детали БПЛА в САПР и подготовка к 3D печати.</p>
24	Монтаж компонентов при помощи пайки	6	<p>Основы пайки металлов и проводов, в частности. Физические и химические процессы, происходящие при пайке. Температурный режим пайки. Нейтральные и кислотные флюсолирующие вещества. Припой. Влияние количества олова на свойства паяного соединения. Типы припоев: ПОС 40, ПОС 60, сплав Розе.</p> <p>Виды клеев: клеи с растворителем, контактные клеи, реакционные, термопластичные.</p> <p>Практика: Пайка проводов AWG28 на контактные площадки. Пайка проводов AWG28 между собой. Пайка электронных компонентов ТО, SOP, SOT. Пайка при помощи термовоздушного фена с использованием станции нижнего нагрева.</p>
25	Сборка самолёта	18	<p>Сборка фюзеляжа, инструкция по установке армирующих элементов конструкции планера.</p> <p>Основы по установке обшивки крыла и хвостовой части.</p> <p>Практика: Сборка модели учебного БПЛА мультироторного типа из набора. Установка электроники, протяжка проводов.</p>
26	Сборка квадрокоптера	18	<p>Сборка корпуса БПЛА мультироторного типа, инструкция по установке армирующих элементов конструкции.</p> <p>Практика: Сборка модели учебного БПЛА мультироторного типа из набора.</p>
27	Предполетная настройка и испытания БАС мультироторного типа	8	<p>Калибровка датчиков компаса, акселерометра, контроль сопряжения с аппаратурой, контроль вращения моторов в нужном направлении, настройка полётных режимов.</p>
	Предполетная		Прохождение чек-листа. Калибровка датчиков компаса,

28	настройка и испытания БАС самолетного типа	8	акселерометра, gps, телеметрии, контроль сопряжения с аппаратурой, контроль вращение винта в нужном направлении, отклонение рулевых поверхностей в ручном и автоматическом режиме, настройка полётных режимов.
29	Итоговая аттестация	2	Зачёт.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
С.В. Альков
2026 г.



Дополнительное профессиональное образование

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«Производство беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)»**

Рег. № 06.05-11/114

Москва, 2026

Оглавление

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДПП	3
1.1. Цель ДПП	3
1.3. Дополнительные характеристики ДПП	3
1.4. Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения	4
1.5. Соответствие видов деятельности профессиональным компетенциям и их составляющих	4
2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДПП	5
2.1. Категория слушателей ДПП	5
2.2. Общая трудоёмкость программы, аудиторная и самостоятельная работа	5
2.3. Форма обучения	5
2.4. Учебный план	5
3. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК	9
4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДПП	15
4.1 Рабочая программа модуля «Специалист в области бухгалтерского учета, налогообложения и 1С:Предприятие»	15
5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДПП	42
5.1. Организационные условия реализации ДПП	42
5.2. Педагогические условия реализации ДПП	42
5.3. Учебно-методическое обеспечение ДПП	42
5.4. Методические рекомендации	44
6. ФОРМЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДПП	46
7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ	47
7.1. Паспорт комплекта оценочных средств	47
7.2. Комплект оценочных средств	47

4500/6/6

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДПП

Программа подготовлена на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- требований Приказа Минобрнауки России от 01.07.2013 года № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;

- методических рекомендаций-разъяснений Минобрнауки России по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов от 22 апреля 2015 года № ВК-1030/06.

Реализация программы ДПП направлена на получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности.

1.1. Цель ДПП

Сформировать у обучающихся компетенции в области обеспечения процессов сборки, качества и производительности изготовления изделий АТ и ее компонентов; разработки и внедрения технологических процессов сборки изделий АТ.

1.2. Планируемые результаты обучения

Планируемые результаты обучения по ДПП:

- освоение профессиональных компетенций в процессе изучения перечисленных тем в учебном плане;

- успешное освоение программы повышения квалификации;

- успешное прохождение итоговой аттестации (зачет).

Обучающимся, успешно прошедшим обучение, выполнившим текущие контрольные задания и выдержавшим предусмотренное учебным планом зачет, выдается удостоверение о повышении квалификации по ДПП «Производство беспилотных летательный аппаратов».

1.3. Дополнительные характеристики ДПП

Характеристики новой квалификации определены в приказе Минтруда России от 16.01.2023 №14н «Об утверждении профессионального стандарта «Инженер-технолог авиационного производства».

Вид профессиональной деятельности:

- Технологическая подготовка сборочного производства и обеспечение технологического процесса сборки изделий авиационной техники (далее – АТ) и ее компонентов (Код 32.019).

Трудовые функции:

- Разработка технологического процесса сборки конструкций АТ высшей сложности (D/01.6).

1.4. Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения

Получаемые компетенции базируются на основании Приказа Минобрнауки России от 05 февраля 2018 г. N 81 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 24.03.04 Авиастроение» (с изменениями и дополнениями).

Перечень компетенций:

ОПК-6. Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития авиационной отрасли и техники.

1.5. Соответствие видов деятельности профессиональным компетенциям и их составляющих

Профессиональные компетенции	Практический опыт	Умения	Знания
Разработка технологического процесса сборки конструкций АТ высшей сложности (D/01.6)			
ОПК-6. Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития авиационной отрасли и техники	Проведение контроля эксплуатационных параметров изделия АТ высшей сложности в соответствии с техническими требованиями КД	Определять маршрут сборки и последовательность выполнения операций процессов сборки конструкций АТ высшей сложности	Основы конструкции агрегатов ЛА; Основы машиностроения; Основы авиастроения; Основы метрологии и стандартизации; Основы материаловедения; Основы взаимозаменяемости; Основы технологии конструкционных материалов; Основы технологии авиационного производства

2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДПП

2.1. Категория слушателей ДПП

Имеющаяся квалификация (требования к слушателям) – к освоению ДПП допускаются лица, имеющие среднее профессиональное и/или высшее образование.

2.2. Общая трудоёмкость программы, аудиторная и самостоятельная работа

Общая трудоёмкость программы 192 академических часа, из них 137 академических часов аудиторной работы, 53 академических часа самостоятельной работы и 2 академических часа итоговой аттестации.

2.3. Форма обучения

Форма обучения по ДПП – очная с применением дистанционных образовательных технологий.

2.4. Учебный план

ДПП «Производство беспилотных летательный аппаратов» реализуется одним модулем.

№ п/п	Наименование темы, модуля	Форма контроля	Всего, час	В том числе			
				Лекции	Практ. занятия	Самост. работа	Итоговая аттестация
1.	Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС	Устный опрос	4	2	-	2	-
2.	Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем	Тест	4	2	-	2	-
3.	Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА	Устный опрос	4	2	-	2	-
4.	Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты	Устный опрос	8	2	2	4	-
5.	Архитектура БАС. Конструкция	Устный опрос	6	2	2	2	-

	планера/ рамы. Используемые материалы						
6.	Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем	Устный опрос	6	2	2	2	-
7.	Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ	Устный опрос	6	2	2	2	-
8.	Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ	Устный опрос	6	2	2	2	-
9.	Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров	Устный опрос	10	4	4	2	-
10.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений	Устный опрос	6	2	2	2	-
11.	Силовые установки БПЛА. ДВС	Устный опрос	6	2	2	2	-
12.	Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА	Устный опрос	6	2	2	2	-

13.	Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули	Устный опрос	6	2	2	2	-
14.	Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, i2C, CAN	Устный опрос	6	2	2	2	-
15.	Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры	Устный опрос	6	2	2	2	-
16.	Датчики, используемые на БПЛА	Устный опрос	6	2	2	2	-
17.	Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д.	Устный опрос	6	2	2	2	-
18.	Промежуточный контроль	Устный опрос	4	2	-	2	-
19.	Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение	Устный опрос	6	2	2	2	-
20.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые	Устный опрос	4	2	-	2	-

	материалы и типы их соединений						
21.	Методы производства и сборки БПЛА	Устный опрос	4	2	1	1	-
22.	Технологии обработки материалов	Устный опрос	6	2	2	2	-
23.	Основы 3D печати и прототипирования	Устный опрос	6	2	2	2	-
24.	Монтаж компонентов при помощи пайки	Устный опрос	6	2	2	2	-
25.	Сборка самолёта	Устный опрос	18	2	14	2	-
26.	Сборка квадрокоптера	Устный опрос	18	2	14	2	-
27.	Предполётная настройка и испытания БАС мультироторного типа	-	8	-	8	-	-
28.	Предполётная настройка и испытания БАС самолетного типа	-	8	-	8	-	-
29.	Итоговая аттестация	Устный опрос	2	-	-	-	2
	ИТОГО	-	192	54	83	53	2

3. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

№ п/п	Наименование темы, модуля	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день	8 день
1.	Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС								
2.	Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем								
3.	Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА								
4.	Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты								
5.	Архитектура БАС. Конструкция планера/ рамы. Используемые материалы								
6.	Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем								
7.	Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ								
8.	Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ								
9.	Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров								
10.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений								
11.	Силовые установки БПЛА. ДВС								

12.	Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА								
13.	Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули								
14.	Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, i2C, CAN								
15.	Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры								
16.	Датчики, используемые на БПЛА								
17.	Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д.								
18.	Промежуточный контроль								
19.	Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение								
20.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений								
21.	Методы производства и сборки БПЛА								
22.	Технологии обработки материалов								
23.	Основы 3D печати и прототипирования								
24.	Монтаж компонентов при помощи пайки								
25.	Сборка самолёта								
26.	Сборка квадрокоптера								
27.	Предполётная настройка и испытания БАС мультироторного типа								
28.	Предполётная настройка и испытания БАС самолетного типа								
29.	Итоговая аттестация								Зачет

№ п/п	Наименование темы, модуля	9 день	10 день	11 день	12 день	13 день	14 день	15 день	16 день
1.	Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС								
2.	Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем								
3.	Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА								
4.	Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты								
5.	Архитектура БАС. Конструкция планера/ рамы. Используемые материалы								
6.	Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем								
7.	Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ								
8.	Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ								
9.	Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров								
10.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений								
11.	Силовые установки БПЛА. ДВС								
12.	Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА								

13.	Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули								
14.	Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, i2C, CAN								
15.	Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры								
16.	Датчики, используемые на БПЛА								
17.	Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д.								
18.	Промежуточный контроль								
19.	Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение								
20.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений								
21.	Методы производства и сборки БПЛА								
22.	Технологии обработки материалов								
23.	Основы 3D печати и прототипирования								
24.	Монтаж компонентов при помощи пайки								
25.	Сборка самолёта								
26.	Сборка квадрокоптера								
27.	Предполётная настройка и испытания БАС мультироторного типа								
28.	Предполётная настройка и испытания БАС самолетного типа								
29.	Итоговая аттестация								Зачет

№ п/п	Наименование темы, модуля	17 день	18 день	19 день	20 день	21 день	22 день	23 день	24 день
1.	Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС								
2.	Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем								
3.	Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА								
4.	Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты								
5.	Архитектура БАС. Конструкция планера/ рамы. Используемые материалы								
6.	Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем								
7.	Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ								
8.	Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ								
9.	Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров								
10.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений								
11.	Силовые установки БПЛА. ДВС								
12.	Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА								

13.	Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули								
14.	Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, i2C, CAN								
15.	Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры								
16.	Датчики, используемые на БПЛА								
17.	Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д.								
18.	Промежуточный контроль								
19.	Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение								
20.	Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений								
21.	Методы производства и сборки БПЛА								
22.	Технологии обработки материалов								
23.	Основы 3D печати и прототипирования								
24.	Монтаж компонентов при помощи пайки								
25.	Сборка самолёта								
26.	Сборка квадрокоптера								
27.	Предполётная настройка и испытания БАС мультироторного типа								
28.	Предполётная настройка и испытания БАС самолетного типа								
29.	Итоговая аттестация								Зачет

Минимальный срок освоения ДПП – 24 дня.

4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДПП

4.1 Рабочая программа модуля «Производство беспилотных летательных аппаратов».

4.1.1. Цель изучения модуля: сформировать у обучающихся компетенции в области обеспечения процессов сборки, качества и производительности изготовления изделий АТ и ее компонентов; разработки и внедрения технологических процессов сборки изделий АТ.

4.1.2. Задача изучения модуля: ознакомить учащихся с основами производства беспилотных летательных аппаратов.

4.1.3. Планируемые результаты обучения

Процесс изучения раздела направлен на формирование следующих компетенций

Код компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по модулю	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
ОПК-6	Знать: Основы конструкции агрегатов ЛА; Основы машиностроения; Основы авиастроения; Основы метрологии и стандартизации; Основы материаловедения; Основы взаимозаменяемости; Основы технологии конструкционных материалов; Основы технологии авиационного производства. Уметь: Определять маршрут сборки и последовательность выполнения операций процессов сборки конструкций АТ высшей сложности. Владеть: Проведение контроля эксплуатационных параметров изделия АТ высшей сложности в соответствии с техническими требованиями КД.	Формы обучения: Фронтальная. Методы обучения: Лекция; Практические занятия; Самостоятельная работа.

4.1.4. Содержание курса

Тема 1. Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС (4 часа)

Лекции (2 часа).

- Определение понятия «Беспилотные Авиационные Системы» (БАС). История развития БАС.

- Функции беспилотных авиационных систем: военное применение, гражданские задачи, исследования и т.д.

- Сферы применения БАС (безопасность и военное дело, геодезия мониторинг, сельское хозяйство, развлечения и спорт и пр.)

- Наука. Испытание новейших схем компоновки ЛА, материалов, аэродинамических свойств испытуемых конструкций.

- Основные типы БАС: аэростат, самолетный тип, мультироторы, гибриды, конвертопланы, вертолеты, автожиры. Классификация БАС – по размеру и взлетной массе, по типу силовой установки, по сферам применения. Некоторые технические характеристики основных видов авиационных систем, пилотируемых и беспилотных.

- Перспективные направления: транспорт и логистика.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Понятие, виды, функции БАС. Основные сферы применения и перспективы БАС	Виды БПЛА. Конструкция БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 120 с.	Устный опрос

Тема 2. Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем (4 часа)

Лекции (2 часа).

- Разбор различных классификаций и типов беспилотных воздушных судов.

- Значение и актуальность правовых норм в области использования БАС. Международные нормативные акты. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Национальное законодательство некоторых стран. Проблемы правового регулирования, конфликты интересов.

- Российские законы, регламентирующие применение БАС.

- Проблемы, перспективы и развитие правового регулирования.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Нормативно-правовое регулирование разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем	Структура воздушного пространства.	Проработка дополнительной литературы	Основы воздушного законодательства: учебное пособие / Санников В.А. – Институт аэронавигации, 2017.	Тест

Тема 3. Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА (4 часа)

Лекции (2 часа).

- Основные положения аэродинамики летательных аппаратов.
- Аэродинамические и летные характеристики летательного аппарата на различных этапах полета. Понятие об устойчивости и управляемости летательного аппарата.
- Особенности аэродинамики парашюта. Полет летательного аппарата в особых условиях и особые случаи полета.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Основы аэродинамики и динамика полета применительно к типам БПЛА	Аэродинамика БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Масленников, А.Н. Управление воздушным движением: учебное пособие для вузов / А.Н. Масленников, В.И. Мыльцев. – 2-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 420 с	Устный опрос

Тема 4. Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты (8 часов)

Лекции (2 часа).

- Перемещение летательного аппарата в трех плоскостях. Управляемый полет на ЛА аэростатах, самолетного, вертолетного комбинированного и мультироторного типов. Тангаж, крен, рысканье, газ.

- Реализация управления в пилотируемых и беспилотных ЛА. Теоретические основы радиосвязи. Длина волны, частота, амплитуда. Классификация электромагнитных волн по длинам, применение их в радиосвязи.

- Полудуплексная и дуплексная связь. Радиотелеметрия. Управление БПЛА оператором, полуавтоматические и автоматические режимы полета.

Практическая работа (2 часа). Передача информации при помощи модуля дуплексной связи HC-12 между двумя портативными компьютерами при помощи программы «Терминал». Установка радиосвязи, а также демонстрация факторов, влияющих на передачу сигнала. Ожидаемые результаты: переданное сообщение между двумя ПК.

Самостоятельная работа (4 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Основы управления БАС. Радиосвязь, пилотируемые и автономные полеты	Управление БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Беспилотные летательные аппараты. Основы механики управляемого полета (конспект лекций) / Горбатенко С. А. - 2-е изд. – М.: Вузовская книга, 2017. – 139 с.	Устный опрос

Тема 5. Архитектура БАС. Конструкция планера/ рамы. Используемые материалы (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Определение корпуса и конструктивных элементов в контексте летательных аппаратов и БАС. Назначение корпуса для структуры БПЛА.

- Исторические особенности и логика построения летательных аппаратов. Заимствования технических решений из окружающей природы, а также смежных технологических отраслей. Конструкционные особенности самолетов, мультироторов, аэростатов.

- Материалы, используемые в изготовлении летательных аппаратов. Дерево, металл, пластмассы и полимеры, композитные материалы. Типы соединений материалов –

механическое, клеевое, сварное. Соединение однородных и разнородных материалов. Отсутствие или сокращение соединений как возможная альтернатива в конструировании ЛА.

Практическая работа (2 часа). Сравнительный анализ используемых материалов, а также методов соединений. подбор материалов для изготовления БПЛА самолетного типа заданной взлетной массы. Результат: составление таблицы соответствия используемых в производстве БПЛА материалов конкретному оптимальному типу соединений.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Архитектура БАС. Конструкция планера/ рамы. Используемые материалы	Конструкция БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 120 с.	Устный опрос

Тема 6. Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Роль силовой установки в обеспечении полета. Типы силовых установок летательных аппаратов – электрические двигатели и двигатели внутреннего сгорания.
- Источники питания химические и динамоэлектрические. Их достоинства, недостатки, границы применимости.
- Двигатели постоянного и переменного тока, регулировка скорости вращения вала двигателя переменного тока при помощи частотного генератора. Электронный контроллер скорости как частный пример использования инвертера для питания и управления скоростью электромотора. Получение энергии при помощи генераторов и солнечных батарей. Термоэлектрический эффект.
- Основные потребители энергии на борту БПЛА, связанные с исполняемыми им функциями.

Практическая работа (2 часа). Расчет энерговооруженности БПЛА мультироторного типа заданной взлетной массы для обеспечения полета и функционирования бортовых

систем. Результат: выполненный расчет по заданным преподавателем характеристикам БПЛА.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Архитектура БАС. Энергетический баланс, обеспечение функционирования и питания бортовых систем	Энергетика бортовых систем	Проработка дополнительной литературы	Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 120 с.	Устный опрос

Тема 7. Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Роль полетного контроллера в функционировании БПЛА. Особая роль полётного контроллера в функционировании БПЛА мультироторного типа. ШИМ как универсальный способ быстрой передачи информации между бортовыми системами.

- Роль датчиков в функционировании БПЛА. Типы датчиков и выполняемые ими функции. Регуляторы PID и PIDFF. Упрощенная математическая модель, принцип действия и применение в БПЛА.

Практическая работа (2 часа). Изучение структуры полетного контроллера на примере МАТЕК F405 Stack 40A. Определение типа микроконтроллера и датчиков по внешнему виду и обозначениям. Результат: составленная таблица основных и наиболее часто используемых полетных контроллеров БПЛА мультироторного и самолетного типов.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Архитектура БАС. Полетный контроллер, датчики и периферийные устройства. Общие сведения о ТАУ	Датчики и устройства БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Проектирование и эффективность летательных аппаратов / Грущанский В.А., Дергачев А.А. – М.: Вузовская книга, 2008. – 247 с.	Устный опрос

Тема 8. Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Роль наземной станции в функционировании БАС. Функции наземных станций.
- Рабочее место оператора. Обзор аппаратур управления на примере Radiomaster TX12 и Radiomaster TX16S.

• Интерфейсы управления ПК на примере ПО Mission Planner и QGroundControl. Общие сведения об инерциальной навигации. Принцип действия глобальных навигационных систем на примере GPS и ГЛОНАСС.

- Точность геопозиционирования. Использование технологий машинного зрения при управлении БПЛА.

Практическая работа (2 часа). Установка дуплексной связи ПК и полетного контроллера при помощи модулей 433-1200мГц Telemetry radio по протоколу MavLink. Результат: получение телеметрии с учебного БПЛА.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Архитектура БАС. Управление при помощи наземных станций, обратная связь. Системы геопозиционирования. Инерциальная навигация. ИИ	Управление и навигация БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Принципы радиоуправления беспилотными объектами / Гуткин Л.С. – М.: Сов. радио, 1959. – 383 с.	Устный опрос

Тема 9. Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров (10 часов)

Лекции (4 часа).

- Программное обеспечение для полетных контроллеров на примере STM32F405.
- Программные решения ArduPilot, Betafpv, Cleanflight, INav. Достоинства, недостатки, выполняемые функции.
- Режимы работы полетных контроллеров. Предупреждение проблем, возникающих при загрузке ПО в микроконтроллер.
- Программное обеспечение для полетных контроллеров на примере STM32F405.
- Определение понятия интерфейс в контексте управления автопилотом. Командная строка как основной интерфейс взаимодействия между техником и программой.
- Обзор оболочек для настройки ПК на примере Ardupilot и INav. Их сходства и различия, обзор возможностей.
- Программное определение миксеров сервомоторов и силовой установки. Калибровка электронных контроллеров скорости. Программное определение и настройка приемника. Настройка режимов полета. Настройка OSD.

Практическая работа (4 часа). Загрузка программного обеспечения Betaflight ArduPilot в полетный контроллер квадрокоптера. Обзор настроек, полетных режимов, информации OSD. Результат: работающее ПО на учебном БПЛА.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Программное обеспечение для БАС. Прошивки и настройки полетных контроллеров	Программное обеспечение БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Стабилизация, наведение, групповое управление и системное моделирование беспилотных летательных аппаратов. Современные подходы и методы : [монография]: в 2 т. / Обнос Б.В., Воронов Е.М., Микрин Е.А. [и др.]; ред. Воронов Е.М., Микрин	Устный опрос

			Е.А., Обносков Б.В. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018.	
--	--	--	---	--

Тема 10. Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Строение БАС самолетного типа. Классическая схема, обратная схема «утка», летающее крыло. Строение крыла, лонжероны, нервюры, обшивка.

- Электрические приводы механизации в БПЛА. Размещение датчиков и элементов электропроводки.

- Толкающий и тянущий варианты размещения двигателя. Хвостовое оперение, рули высоты и направления, электрические приводы и тяги. Факторы, влияющие на аэродинамику полета.

- Материалы, используемые для изготовления лучей. Расположение винтомоторных групп. Развесовка квадрокоптера и ее влияние на полет. Размещение полезной нагрузки.

Практическая работа (2 часа). Изучение конструкции квадрокоптера на основе рамы F405, самолета Volantex Ranger 707.

Разборка и сборка планера типа «Летающее крыло». Результат: составление слушателем списка основных частей БПЛА самолетного и мультироторного типов.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений	Материалы для БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Материалы и аддитивные технологии. Оборудование и рынок аддитивного производства: учебное пособие / Попович А.А., Борисов Е.В., Масайло Д.В. [и др.]. – Санкт-Петербургский политехнический	Устный опрос

			университет Петра Великого, 2023	
--	--	--	-------------------------------------	--

Тема 11. Силовые установки БПЛА. ДВС (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Устройство двигателя внутреннего сгорания. Цикл Отто, цикл Дизеля и цикл Сабатэ-Тринклера.

- Типы двигателей по расположению поршней: рядные, V-образные, Y-образные, оппозитные. Карбюраторные и инжекторные системы. Работа двухтактного и четырехтактного двигателя. Турбовинтовые и турбореактивные двигатели, их устройство и применение в БПЛА.

Практическая работа (2 часа). Разборка, изучение конструкции и измерение параметров бесщеточного двигателя типа 5055 550 kV с использованием измерительного стенда. Результат: составление слушателем списка основных частей бесколлекторного двигателя, составление схемы подключения.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Силовые установки БПЛА. ДВС	Силовые установки БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Англи, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Англи. – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 120 с.	Устный опрос

Тема 12. Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Микроконтроллеры, понятие, назначение, виды. Характеристики микроконтроллеров, такие как частота, разрядность, объем памяти, вычислительные возможности. Обзор технической документации на микроконтроллер Atmega 328P.

- Обзор технической документации на микроконтроллер STM32F405. Использование микроконтроллеров в качестве составных частей БПЛА для управления и работы исполнительных механизмов. Среды разработки для программирования микроконтроллеров.

Практическая работа (2 часа). Изучение схемы автономной спасательной системы для БПЛА под управлением Atmega 328p в составе Arduino nano. Написание программы в среде Arduino IDE для выброса спасательной системы БПЛА в нештатной ситуации. Результат: составление алгоритма работы аварийно-спасательной системы БПЛА самолетного типа.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Управление БАС. Архитектура полетного контроллера. Выбор системы управления БПЛА	Полетный контроллер	Проработка дополнительной литературы	Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Биард Рэндал У., МакЛэйн Тимоти У.; пер. с англ. Демьяников А.И.; ред. пер. Анцев Г.В. – М.: Техносфера, 2015. – 311 с.	Устный опрос

Тема 13. Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Работа полупроводниковых приборов в составе электрических цепей. Биполярные и полевые транзисторы, их особенности и возможности применения в электрических схемах. Работа трансформаторов и дросселей в составе электрических цепей.

- Изучение работы инвертера в составе повышающих и понижающих преобразователей с примерами использования в платах полетных контроллеров. Работа транзисторных ключей в составе блоков питания и регуляторов скорости двигателя.

- Закон Ома для участка цепи. Работа сопротивления в составе измерителей тока. Некоторые схемотехнические решения, применяемые в полетных контроллерах.

- Усилители сигнала и антенны. Типы антенн, применяемые в БПЛА.

Практическая работа (2 часа). Калибровка измерений напряжения и тока полетным контроллером на борту БПЛА мультироторного типа. Укладка кабельных линий и оптимальное размещение электронных блоков на борту БПЛА самолетного типа. Обеспечение охлаждения видеопередатчика, а также блоков контроля скорости вращения электрических двигателей. Результат: оптимальное расположение кабельных линий на борту БПЛА.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Силовая электроника, телеметрия, приемники, передатчики, специальные модули	Силовая электроника БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Биард Рэндал У., МакЛэйн Тимоти У.; пер. с англ. Демьяников А.И.; ред. пер. Анцев Г.В. – М.: Техносфера, 2015. – 311 с.	Устный опрос

Тема 14. Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, i2C, CAN (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Интерфейсы передачи данных между электронными компонентами на примере RS 232. Изучение наиболее часто используемых в БПЛА интерфейсов передачи данных на примере набора, входящего в состав микроконтроллера STM32.

- Устройства UART – приемники радиосигнала управления, GPS приемники, подвесы, передатчики телеметрии, Wi-Fi и Bluetooth модули. Устройства i2c – компас, акселерометр, барометр.

- Сходства и различия с устройствами UART, скорости передачи данных по интерфейсам. Возможности применения и совместимость электронных компонентов

Практическая работа (2 часа). Подключение внешнего модуля GY-9250 к полетному контроллеру MATEK F405 через I2C, его определение и настройка. Подключение видеопередатчика Rush Tank FPV 2 к полетному контроллеру через UART с использованием протокола TBS Smart Audio. Результат: корректная работа указанных модулей.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Взаимодействие электронных компонентов. UART, SPI, i2C, CAN	Электронные компоненты БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Радиоэлектроника: учебник / Журавлева Л.В. – М.: Академия, 2005. – 206 с.	Устный опрос

Тема 15. Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Передача сигналов управления с аппаратуры в приемник на борту БПЛА. Системы дальней связи, работающие на протоколе CRSF – TBS Crossfire и ELRS.
- Варианты исполнения приемников и передатчиков – внутренние модули, устанавливаемые в аппаратуру, внешние модули, выносные модули. Передача данных на частотах 433 мГц, 800 мГц, 915 мГц, 2,4 гГц. Выбор конкретной модели приемника и передатчика для решаемых задач. Обзор систем OpenTX и EdgeTX для аппаратур управления, логика выполняемых ими функций.

Практическая работа (2 часа). Прошивка аппаратуры управления Radiomaster TX16S системой EdgeTX, прошивка внутреннего радиомодуля ELRS 2,4, прошивка приемника ELRS Hapromodel ES900. Прошивка передатчика TBS micro TX, приемника TBS crossfire nano RX при помощи программы TBS Agent M. Результат: составление слушателем дорожной карты по прошивке и настройке аппаратуры управления.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Передача данных по радиоканалу. Основные протоколы связи. Базовые и специальные режимы работы радиоаппаратуры	Радиоуправление	Проработка дополнительной литературы	Радиоуправление: учеб. пособие для вузов / Типугин В.Н., Вейцель В.А. – М.: Советское радио, 1962. – 749 с.	Устный опрос

Тема 16. Датчики, используемые на БПЛА (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Общие сведения об авионике. История авионики, аналоговые и цифровые приборы. 6 базовых авиационных приборов - указатель скорости, курса, авиагоризонт/указатель разворота и скольжения, магнитный компас, указатель высоты, вариометр.

- Типы датчиков: Акселерометр и гироскоп на примере микросхемы MPU6050. Принцип действия, подключение, выполняемые функции. Магнетометр на примере HMC5883, Принцип действия, подключение, выполняемые функции.

- Датчик атмосферного давления на примере BMP280 Принцип действия, подключение, выполняемые функции. Иные типы датчиков, используемые в БАС.

Практическая работа (2 часа). Подключение датчиков MPU6050, HMC5883, BMP280 к плате микроконтроллера Atmega328P в составе Arduino UNO, в среде разработки Arduino IDE. Ожидаемый результат: получение в терминале данных о температуре, влажности, магнитном поле и изменении высоты расположения датчика.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Датчики, используемые на БПЛА	Датчики авиации	Проработка дополнительной литературы	Адаменко, М.В. Радиоэлектроника. Конструкции для всех / М.В. Адаменко. – Москва: СОЛОН-Пресс, [б. г.]. – Книга 1 – 2017. – 144 с.	Устный опрос

Тема 17. Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д. (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Специализированные БАС. БПЛА-доставщики, сельскохозяйственные БПЛА, 3D-сканирование объектов при помощи БПЛА, БПЛА в качестве носителей.

Практическая работа (2 часа). Изучение схемы устройства для удержания и сброса груза для квадрокоптера с рамой 5-10 дюймов. Результат: составление типовой схемы устройства зацепа и сброса груза. Сборка механизмов выгрузки, подключение к полётному контроллеру и настройка ограничения хода сервопривода.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Устройства пожаротушения, зацепа, выгрузки, полива и т.д.	Специальные БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов): учебник для вузов / Белик А.Е., Максимов Н.А., Егоров Р.А. [и др.]; общ. ред. Максимов Н.А. – М.: Кнорус, 2024. – 386 с.	Устный опрос

Тема 18. Промежуточный контроль (4 часа)

Лекции (2 часа). Подведение промежуточных итогов курса. Обсуждение пройденного материала.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Промежуточный контроль	Применение БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов): учебник для вузов / Белик А.Е., Максимов Н.А., Егоров Р.А. [и др.]; общ. ред. Максимов Н.А. – М.: Кнорус, 2024. – 386 с.	Устный опрос

Тема 19. Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Основы оборудования для мастерской по ремонту и обслуживанию БПЛА. Ручной инструмент.

- Электронный и контрольно- измерительный инструмент, электроинструмент.
- Расходные материалы – паяльная химия, припой, клеи и герметики, клейкие ленты, краски и лаки, растворители и очистители и пр. Рабочие зоны и правила безопасности.
- Понятия риска, безопасности, техники безопасности. Категория участников полета БАС. Риски при хранении, транспортировке и применении БАС.
- Обеспечение конструкционной целостности при хранении и перевозке. Особенности рисков при осуществлении полетов. Возникновение ответственности перед третьими лицами при использовании БПЛА.
- Предупреждение и профилактика противоправного использования БАС.

Практическая работа (2 часа). Проверка оснащения учебной мастерской на соответствие требованиям. Ознакомление с инструментом и техникой безопасности. Обсуждение со слушателями возможных работ, проводимых в условиях учебной мастерской.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Оснащение мастерской для работы с БПЛА, техника безопасности. Правила обеспечения безопасности при эксплуатации беспилотных авиационных систем. Транспортировка, хранение	Обеспечение безопасности в сфере БВС	Проработка дополнительной литературы	Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов): учебник для вузов / Белик А.Е., Максимов Н.А., Егоров Р.А. [и др.]; общ. ред. Максимов Н.А. – М.: Кнорус, 2024. – 386 с.	Устный опрос

Тема 20. Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений (4 часа)

Лекции (2 часа).

- Механизация крыла. Элероны, закрылки, интерцепторы. Электрические приводы механизации в БПЛА. Размещение датчиков и элементов электропроводки. Строение фюзеляжа, открытый, закрытый тип. Расположение крыльев – высокопланы, среднепланы,

низкопланы. Развесовка фюзеляжа. Размещение и крепление элементов внутри фюзеляжа. Контровка соединений, размещение электрической проводки. Размещение и крепление силовой установки. Толкающий и тянущий варианты размещения двигателя. Хвостовое оперение, рули высоты и направления, электрические приводы и тяги. Факторы, влияющие на аэродинамику полета.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Конструкции планеров и квадрокоптеров, рам и несущих элементов БПЛА. Основные принципы. Используемые материалы и типы их соединений	Обеспечение прочности БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Расчет на прочность беспилотных летательных аппаратов: учеб. пособие для вузов / Фигуровский В.И. – М.: Машиностроение, 1973. – 358 с.	Устный опрос

Тема 21. Методы производства и сборки БПЛА (4 часа)

Лекции (2 часа).

- Знакомство с основами типами корпусов БПЛА и используемых для их создания материалами.
- Резка фанеры при помощи ЧПУ фрезеров и газовых лазерных станков. Использование бальзы в составе БПЛА из дерева. Достоинства и недостатки деревянных конструкций. Воздушные винты из дерева и технология их производства.
- Металлические БПЛА. Использование прокатного металла, гибка. Соединения при помощи склепывания, резьбовые соединения, сварка. Резка металла при помощи ЧПУ фрезерования, лазера, плазмы. Достоинства и недостатки металлических конструкций БПЛА.
- Изготовление конструкционных элементов при помощи создания матриц. Достоинства и недостатки, границы применимости метода изготовления.
- Полимерные твердые и вспененные материалы. Изготовление при помощи литья, 3д печати, термопластичной формовки. Достоинства и недостатки данного вида материалов.

- Изготовление оснастки, матриц, ступеней для производства БПЛА. Армирование полимерных материалов.

Практическая работа (1 час). Соединение деревянных и пластиковых деталей БПЛА при помощи эпоксидного клея. Подгонка деталей.

Самостоятельная работа (1 час). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Методы производства и сборки БПЛА	Клеевые соединения	Проработка дополнительной литературы	Клеевые соединения / Вильнав Ж.-Ж.; Авт. доп. и ред. Малышева Г.В.; пер. с фр. Синегубова Л.В. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2007. – 381 с.	Устный опрос

Тема 22. Технологии обработки материалов (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Основные виды обработки и сборки материалов – ручная, машинная, с использованием ЦПУ. Обработка без удаления части материала; обработка с удалением части материала; обработка с измельчением всей массы материала.

- Прокатка, прессование, ковка, штамповка, гибка, волочение.

- Резание и пиление, вырубка, строгание, долбление, сверление, точение, фрезерование, шлифование и полирование, рубка, лущение.

Практическая работа (2 часа). Ручная обработка деревянных и пенополиуретановых материалов крыла самолета различными типами инструментов.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Технологии обработки материалов	Технологии обработки материалов	Проработка дополнительной литературы	Фельдштейн, Е.Э. Обработка материалов и инструмент: учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А.	Устный опрос

			Корниевич, М.И. Михайлов. – Минск: Новое знание, 2009. – 317 с.	
--	--	--	--	--

Тема 23. Основы 3D печати и прототипирования (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Основы технологии 3д печати и 3д сканирования.
- ПО, применяемое для 3D печати. САПР и слайсеры.
- Прототипирование методом наплавления (FDM); селективное лазерное спекание (SLS); лазерная стереолитография (SLA) электронно-лучевая плавка (EBM).

Практическая работа (2 часа). Создание детали БПЛА в САПР и подготовка к 3D печати.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Основы 3D печати и прототипирования	Аддитивные технологии	Проработка дополнительной литературы	Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий : учебное пособие / Сухочев Г.А., Коденцев С.Н. – Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020.	Устный опрос

Тема 24. Монтаж компонентов при помощи пайки (6 часов)

Лекции (2 часа).

- Основы пайки металлов и проводов, в частности. Физические и химические процессы, происходящие при пайке. Температурный режим пайки. Нейтральные и кислотные флюсирующие вещества. Припой. Влияние количества олова на свойства паяного соединения. Типы припоев: ПОС 40, ПОС 60, сплав Розе.

- Виды клеев: клеи с растворителем, контактные клеи, реакционные, термопластичные.

Практическая работа (2 часа). Пайка проводов AWG28 на контактные площадки. Пайка проводов AWG28 между собой. Пайка электронных компонентов TO, SOP, SOT. Пайка при помощи термовоздушного фена с использованием станции нижнего нагрева.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Монтаж компонентов при помощи пайки	Сварка и склеивание полимерных материалов	Проработка дополнительной литературы	Сварка и склеивание полимерных материалов: учебное пособие для вузов / Волков С.С. – М.: Химия, 2001. – 374 с.	Устный опрос

Тема 25. Сборка самолёта (18 часов)

Лекции (2 часа). Сборка фюзеляжа, инструкция по установке армирующих элементов конструкции планера. Основы по установке обшивки крыла и хвостовой части.

Практическая работа (14 часов). Сборка модели учебного БПЛА мультироторного типа из набора. Установка электроники, протяжка проводов.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Сборка самолёта	Обеспечение эффективности БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Проектирование и эффективность летательных аппаратов / Грущанский В.А., Дергачев А.А. – М.: Вузовская книга, 2008. – 247 с.	Устный опрос

Тема 26. Сборка квадрокоптера (18 часов)

Лекции (2 часа). Сборка корпуса БПЛА мультироторного типа, инструкция по установке армирующих элементов конструкции.

Практическая работа (14 часов). Сборка модели учебного БПЛА мультироторного типа из набора.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Сборка квадрокоптера	Мультироторные БПЛА	Проработка дополнительной литературы	Проектирование и эффективность летательных аппаратов / Грущанский В.А., Дергачев А.А. – М.: Вузовская книга, 2008. – 247 с.	Устный опрос

Тема 27. Предполётная настройка и испытания БАС мультироторного типа (8 часов)

Практическая работа (8 часов). Калибровка датчиков компаса, акселерометра, контроль сопряжения с аппаратурой, контроль вращения моторов в нужном направлении, настройка полётных режимов.

Тема 28. Предполётная настройка и испытания БАС самолетного типа (8 часов)

Практическая работа (8 часов). Прохождение чек-листа. Калибровка датчиков компаса, акселерометра, GPS, телеметрии, контроль сопряжения с аппаратурой, контроль вращения винта в нужном направлении, отклонение рулевых поверхностей в ручном и автоматическом режиме, настройка полётных режимов.

4.1.5. Оценочное средство для текущего контроля:

Тема 1. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое БАС?
2. Как и откуда появились?
3. В каких сферах возможно применение БАС?
4. Какие основные типы БАС существуют?
5. Какие бывают классификации БАС?
6. Какие перспективные направления у развития БАС?

Тема 2. Примерные вопросы теста:

1. Существует ли единое международное законодательство в области БАС?
 - А. Да
 - Б. Нет

2. Как называется российское законодательство для регулирования БАС?
3. Максимальный взлетный вес для упрощенной регистрации БАС?
 - А. До 150 г
 - Б. До 1 кг
 - В. До 15 кг
 - Г. До 30кг

4. Нужно ли получать разрешение в Росавиации на полеты БАС весом менее 150 г?
 - А. Да
 - Б. Нет

5. Выберите место для тренировочных полетов БАС:
 - А. Рука
 - Б. Лес
 - В. Город
 - Г. Поле

Тема 3. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое аэродинамика и как она влияет на полет БАС?
2. Что такое устойчивость и управляемость ЛА?
3. Что такое эффективность и что на нее влияет?
4. Почему на разных этапах полета и скоростях меняются летные характеристики.
5. Как влияет скорость звука на эффективность ВМГ?

Тема 4. Примерные вопросы устного опроса:

1. В скольких плоскостях перемещается БАС?
2. Что такое радиосвязь и основные принципы ее работы.
3. Что такое частота, длина волны и амплитуда в радиосвязи?
4. Отличия Дуплексной и полудуплексной радиосвязи.
5. Как меняется дальность радиосвязи в зависимости от мощности передатчика?

Тема 5. Примерные вопросы устного опроса:

1. Перечислите основные конструкционные элементы БАС.
2. Какие технические приемы были заимствованы из природы?
3. Какие материалы применяются при изготовлении ЛА?
4. Какие типы соединений материалов применяются?
5. Перечислите основные типы двигателей на БАС.
6. Какие конструкционные отличия у БАС самолетного/мультироторного типа?

Тема 6. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие бывают типы силовых установок?
2. Чем эксплуатационные отличия электрических двигателей от ДВС?
3. Какие бывают источники питания и в чем их отличия?
4. В чем отличия электрических двигателей постоянного и переменного тока?
5. Какие способы получения электроэнергии?
6. Перечислите основные потребители питания на борту БАС.

Тема 7. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое полетный контроллер?
2. Размещение полетного контролера в БАС самолетного и мультироторного типа.
3. Что такое ШИМ и какую роль она играет в передаче информации.
4. Какие типы датчиков используются в БАС?
5. Что такое Регулятор PID?

Тема 8. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое наземная станция и какой функционал она выполняет?
2. Какие бывают радиоаппаратуры для управления БАС?
3. Перечислите основные программы для НСУ.
4. Что такое инерционная навигация и способы ее применения.
5. Что такое GPS и какую роль он играет в навигации БАС.
6. Что такое машинное зрение и как оно применяется при управлении БАС.

Тема 9. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие виды полётных контроллеров бывают?
2. Какими программами можно установить прошивку на контроллер?
3. Какие виды кабелей используются для прошивки и в чём нюанс?

4. Как сохранить данные с полётного контроллера перед его перепрошивкой?
5. Как войти в режим прошивки?

Тема 10. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие типы построения БАС самолетного типа используются?
2. Какие типы размещения двигателя применяются?
3. Какие факторы влияют на аэродинамику полета?
4. Какие материалы используются для изготовления рам мультикоптеров?
5. Как развесовка влияет на характеристики полета?
6. Как правильно разместить полезную нагрузку на БАС?

Тема 11. Примерные вопросы устного опроса:

1. Как устроен двигатель внутреннего сгорания?
2. Что такое цикл Отто, Дизеля и Сабатэ-Тринклера?
3. Классические системы расположения цилиндров ДВС.
4. Какие отличия карбюраторной и инжекторной систем питания?
5. Отличия в работе и эксплуатации двух и четырехтактных ДВС.
6. Что такое турбовинтовой и турбореактивный двигатель и как их применяют в БПЛА?

Тема 12. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое микроконтроллер?
2. Характеристики микроконтроллера.
3. Эксплуатационные отличия микроконтроллеров на базе STM32 и Atmega.
4. Что такое частота, разрядность, объем памяти и как они влияют на характеристики полета.
5. Какое программное обеспечение может быть установлено на полетный контроллер?

Тема 13. Примерные вопросы устного опроса:

1. Опишите принцип работы электронных цепей.
2. Отличия биполярных и полевых транзисторов при эксплуатации.
3. Работа трансформаторов и дросселей в электрической цепи.
4. Зачем нужны повышающие и понижающие преобразователи?
5. Транзисторные ключи и их работа в составе блоков питания.

6. Что такое регулятор оборотов двигателя?
7. Сопротивление в сети и закон Ома.
8. Какие бывают усилители сигнала антенн и зачем они нужны?

Тема 14. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое интерфейс передачи данных между электронными компонентами?
2. Какие интерфейсы передачи данных чаще всего используются в электронике БПЛА?
3. Что такое интерфейс UART и каков принцип его работы?
4. Какие периферические устройства совместимы с UART портами?
5. Основные устройства i2c.

Тема 15. Примерные вопросы устного опроса:

1. Из чего состоит система управления БПЛА?
2. Какие бывают системы дальней связи?
3. Самые распространенные частоты для управления БПЛА
4. Совместимость приемников и передатчиков разных систем управления.
5. Способы размещения приемников и передатчиков.
6. В чем отличия операционных систем в аппаратах управления?

Тема 16. Примерные вопросы устного опроса:

1. Краткая история авионики. Как появилась и развивалась.
2. Перечислить 6 базовых авиационных прибора.
3. Какие типы датчиков есть во всех полетных контролерах?
4. Принцип действия акселерометра и гироскопа.
5. Каков принцип работы барометрических датчиков?

Тема 17. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие бывают специализации БАС?
2. Перспективы мирного использования БАС?
3. Перспективы военного применения БАС?
4. Экономическая целесообразность и будущее применения БАС.

Тема 18. Примерные вопросы устного опроса:

1. Что такое БАС?

2. Как и откуда появились?
3. В каких сферах возможно применение БАС?
4. Перечислите основные конструкционные элементы БАС.
5. Какие технические приемы были заимствованы из природы?
6. Какие материалы применяются при изготовлении ЛА?
7. Зачем нужны повышающие и понижающие преобразователи?
8. Транзисторные ключи и их работа в составе блоков питания.
9. Что такое регулятор оборотов двигателя?

Тема 19. Примерные вопросы устного опроса:

1. Зачем нужна мастерская по ремонту и обслуживанию БАС?
2. Какие измерительные приборы применяются при диагностике неисправностей БАС?
3. Какие расходные материалы необходимы для пайки элементов БАС?
4. Правила безопасности при работе в мастерской.
5. Какие особенности перевозки и безопасности при подготовке к осуществлению полетов?

Тема 20. Примерные вопросы устного опроса:

1. Перечислить основные составные детали механизации крыла.
2. Какие бывают типы строения фюзеляжа?
3. Перечислить основные типы расположения крыла.
4. Типы и безопасность при закреплении крыла на/внутри фюзеляжа.
5. Отличия тянущего/толкающего винта при эксплуатации.
6. Зачем нужно хвостовое оперение?

Тема 21. Примерные вопросы устного опроса:

1. Основные материалы для изготовления корпуса БПЛА.
2. Какие преимущества и недостатки при изготовлении самолета из бальзы?
3. Какие способы обработки дерева и работы с ним используются?
4. Основные плюсы и минусы при создании и эксплуатации металлических БПЛА.
5. Что такое матрица и как она используется для создания несущей части БПЛА.
6. Целесообразность изготовления БПЛА на 3D принтере, особенности эксплуатации.

Тема 22. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие виды обработки и сборки материалов используются?
2. Отличия при обработке без удаления части материала и с удалением.

Тема 23. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие плюсы и минусы при изготовлении деталей на 3д принтере?
2. Какие бывают программы для работы и создания 3д моделей?
3. Перечислить типы пластика при печати.
4. Эксплуатационные отличия PLA, PETG и ABS пластика.
5. Какие меры предосторожности необходимы при печати ABS пластиком?
6. Что такое прототипирование и какие методы являются основными?

Тема 24. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие процессы происходят при пайке различных металлов?
2. Перечислите основные температурные режимы для пайки.
3. Какие бывают флюсирующие вещества?
4. Особенности работы с кислотой.
5. В чем особенности пайки припоями с низким и высоким содержанием свинца?
6. Какие виды клея применяются при изготовлении и ремонте БАС?

Тема 25. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие виды рам бывают?
2. Как подобрать ВМГ на квадрокоптер?
3. Что нужно сделать перед первым подключением АКБ?
4. Что такое обратное и внутреннее вращение пропеллеров и на что это влияет?
5. На что влияет вибрация и как она возникает?

Тема 26. Примерные вопросы устного опроса:

1. Какие типы самолётов бывают и чем они отличаются в полёте?
2. Назовите все рулевые поверхности самолёта?
3. В какой части самолёта возникают магнитные наводки на датчики?
4. Что такое развесовка и на, что она влияет?
5. Назовите самые уязвимые части в конструкции самолёта?

5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДПП

5.1. Организационные условия реализации ДПП

Наименование аудитории	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория для проведения лекций/семинаров	Лекции	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.
Аудитория для проведения лекций/семинаров	Практические занятия	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.
Коворкинги, учебные залы и т.д.	Самостоятельная работа	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.
Аудитория для проведения лекций/семинаров	Итоговая аттестация	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.

5.2. Педагогические условия реализации ДПП

Реализация программы обеспечивается преподавательским составом, удовлетворяющим следующим условиям:

- наличие высшего профессионального образования, соответствующее профилю программы, из числа штатных преподавателей, или привлеченных на условиях почасовой оплаты труда;

- значительный опыт практической деятельности в соответствующей сфере из числа штатных преподавателей или привлеченных на условиях почасовой оплаты труда.

5.3. Учебно-методическое обеспечение ДПП

Основная литература:

1. Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. — Москва: ДМК Пресс, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-97060-662-9.

2. Масленников, А. Н. Управление воздушным движением: учебное пособие для вузов / А. Н. Масленников, В. И. Мыльцев. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 420 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13280-9.

3. Основы воздушного законодательства: учебное пособие / Санников В.А. — Институт аэронавигации, 2017.

4. Беспилотные летательные аппараты. Основы механики управляемого полета (конспект лекций) / Горбатенко С.А. — 2-е изд. — М.: Вузовская книга, 2017. — 139 с.: ил. — Библиогр.: с. 137. — ISBN 978-5-9502-0822-5.

5. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Биард Рэндал У., МакЛэйн Тимоти У.; пер. с англ. Демьяников А.И.; ред. пер. Анцев Г.В. — М.:

Техносфера, 2015. – 311 с.: ил. – (Мир радиоэлектроники). – Библиогр.: с. 300-308. – ISBN 978-5-94836-393-6.

6. Лахмаков, В.Л., Английский язык для специальности 25.02.08 «Оператор беспилотных систем». Практикум: учебное пособие / В.Л. Лахмаков. – Москва: КноРус, 2024. – 298 с. – ISBN 978-5-406-13082-7.

7. Беспилотные летательные аппараты: учеб. пособие / Под ред. Л.С. Чернобровкина. – М.: Машиностроение, 1967. – 438 с.

8. Современные высотные беспилотные летательные аппараты и их радиолокационное разведывательное оборудование / Субботин С.В., Большаков Д.Ю. // Наукоемкие технологии. – 2007. – Т. 8, № 2-3. – С. 62-70.

9. Принципы радиоуправления беспилотными объектами / Гуткин Л.С. – М.: Сов. радио, 1959. – 383 с. – Библиогр.: с. 383.

10. Борьба с беспилотными летательными аппаратами: учебное пособие для студентов военных учебных заведений / Литвиненко В.И., Ногинов Ю.В.; общ. ред. Макаров А.П. – М.: Кнорус, 2021. – 146 с.: рис., табл. – (Военная подготовка). – Библиогр.: с. 145-146. – ISBN 978-5-406-06604-1.

11. Стабилизация, наведение, групповое управление и системное моделирование беспилотных летательных аппаратов. Современные подходы и методы: [монография]: в 2 т. / Обносков Б.В., Воронов Е.М., Микрин Е.А. [и др.]; ред. Воронов Е.М., Микрин Е.А., Обносков Б.В. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – ISBN 978-5-7038-5053-4.

12. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов): учебник для вузов / Белик А.Е., Максимов Н.А., Егоров Р.А. [и др.]; общ. ред. Максимов Н.А. – М.: Кнорус, 2024. – 386 с.: ил. – (Военная подготовка). – Библиогр.: с. 311. – ISBN 978-5-406-12851-0.

13. Радиоуправление: учеб. пособие для втузов / Типугин В.Н., Вейцель В.А. – М.: Советское радио, 1962. – 749 с.: ил. – Библиогр.: с. 737-742.

14. Проектирование и эффективность летательных аппаратов / Грущанский В.А., Дергачев А.А. – М.: Вузовская книга, 2008. – 247 с. – Библиогр.: с. 245. – ISBN 978-5-9502-0352-7.

15. Расчет на прочность беспилотных летательных аппаратов: учеб. пособие для вузов / Фигуровский В.И. – М.: Машиностроение, 1973. – 358 с. – Библиогр. в конце гл.

16. Радиоэлектроника: учебник / Журавлева Л.В. – М.: Академия, 2005. – 206 с.: ил. – (Профессиональное образование. Радиоэлектроника). – Библиогр.: с. 205. – ISBN 5-7695-2057-4.

17. Адаменко, М.В. Радиоэлектроника. Конструкции для всех / М.В. Адаменко. – Москва: СОЛОН-Пресс, [б. г.]. – Книга 1 – 2017. – 144 с. – ISBN 978-5-91359-237-8.
18. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик: учебное пособие для вузов / Ю.Е. Мительман, Р.Р. Абдуллин, С.Г. Сычугов, С.Н. Шабунин; под общей редакцией Ю.Е. Мительмана. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 138 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-08002-5.
19. Антенны: практическое руководство / Миллер Г. – СПб.: Наука и техника, 2012. – 478 с.: ил. – Библиогр.: с. 478. – ISBN 978-5-94387-816-9.
20. Материалы и аддитивные технологии. Оборудование и рынок аддитивного производства: учебное пособие / Попович А.А., Борисов Е.В., Масайло Д.В. [и др.]. – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2023. – ISBN 978-5-7422-8070-5.
21. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий: учебное пособие / Сухочев Г.А., Коденцев С.Н. – Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. – ISBN 978-5-7731-0872-6.
22. Обработка резанием полимерных композиционных материалов / Ярославцев В.М. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 180 с.
23. Фельдштейн, Е.Э. Обработка материалов и инструмент: учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич, М.И. Михайлов. – Минск: Новое знание, 2009. – 317 с. – ISBN 978-985-475-338-6.
24. Клеевые соединения / Вильнав Ж.-Ж.; Авт. доп. и ред. Малышева Г.В.; пер. с фр. Синегубова Л.В. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2007. – 381 с.: ил. – (Мир материалов и технологий). – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-94836-127-7.
25. Сварка и склеивание полимерных материалов: учебное пособие для вузов / Волков С.С. – М.: Химия, 2001. – 374 с.: ил. – Библиогр.: с. 373-374.

5.4. Методические рекомендации

ДПП построена по тематическому принципу, каждый раздел представляет собой логически завершённый материал.

Преподавание программы основано на личностно-ориентированной технологии образования, сочетающей два равноправных аспекта этого процесса: обучение и учение. Личностно-ориентированный подход развивается при участии слушателей в активной работе на практических занятиях. Личностно-ориентированный подход направлен, в первую очередь, на развитие индивидуальных способностей обучающихся, создание условий для развития творческой активности слушателя и разработке инновационных

идей, а также на развитие самостоятельности мышления при решении учебных задач разными способами, нахождение рационального варианта решения, сравнения и оценки нескольких вариантов их решения и т.п. Это способствует формированию приемов умственной деятельности по восприятию новой информации, ее запоминанию и осознанию, созданию образов для сложных понятий и процессов, приобретению навыков поиска решений в условиях неопределенности.

Практические занятия проводятся для приобретения навыков решения практических задач в предметной области модуля. Задания, выполняемые на практических занятиях, выполняются с использованием активных и интерактивных методов обучения.

Самостоятельная работа слушателей предназначена для проработки дополнительной литературы. Результаты практических заданий слушателей учитываются на итоговой аттестации.

При изучении курса предусмотрены следующие методы организации и осуществления учебно-познавательной деятельности:

- объяснительно-иллюстративный метод;
- репродуктивный метод;
- частично-поисковый метод.

6. ФОРМЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДПП

Итоговая аттестация проводится в форме зачета. Зачет проводится в формате выполнения практического задания.

По результатам итоговой аттестации слушателю выставляется оценка «ЗАЧТЕНО/НЕ ЗАЧТЕНО»:

Оценка «ЗАЧТЕНО» выставляется слушателю, который:

- правильно выполнил практическое задание;
- продемонстрировал необходимые систематизированные знания и достаточную степень владения принципами предметной области программы, понимание их особенностей и взаимосвязь между ними в течение всего срока обучения по ДПП.

Оценка «НЕ ЗАЧТЕНО» ставится слушателю, который:

- неправильно выполнил практическое задание;
- имеет крайне слабые теоретические и практические знания, обнаруживает неспособность к построению самостоятельных заключений.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Паспорт комплекта оценочных средств

Предметы оценивания	Объекты оценивания	Показатели оценки
ОПК-6. Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития авиационной отрасли и техники.	Практическое задание	Корректность выполненного практического задания

7.2. Комплект оценочных средств

7.2.1. Темы для подготовки к зачету:

1. Беспилотные авиационные системы. История появления и развития. Эволюционное происхождение БАС от пилотируемых летательных аппаратов, их сходства и различия. Современный этап развития БАС и сферы применения БПЛА в сельском хозяйстве, геодезии, картографии, охране окружающей среды, охране общественного порядка, научных и специальных задачах. Ближайшие и долгосрочные перспективы развития и применения БАС.
2. Аэродинамические характеристики летательных аппаратов самолетного, мультироторного и комбинированного типов. Силы, действующие на крыло и воздушный винт в полете. Разложение векторов сил при маневрах летательного аппарата. Взаимосвязь некоторых конструкционных решений и летных характеристик летательных аппаратов. Влияние количества крыльев, внешнего набора крыла, расположения на летные характеристики.
3. Связь с БПЛА как ключевой элемент управления в процессе полета. Диапазоны частот и устройства, при помощи которых происходит управление БПЛА. Необходимые условия для автономного полета без участия внешнего пилота. Действия при потере связи с БПЛА. Способы предупреждения нештатных ситуаций, связанных с работой БАС в части контроля полета.
4. Архитектура БПЛА. Основные элементы - Источник питания, полетный контроллер, датчики, силовая электроника и исполнительные механизмы. Дополнительные элементы - радиомодем, система видеопередачи, специализированные устройства, такие как подвесы, тепловизионные камеры, манипуляторы.
5. Прошивки полетных контроллеров БПЛА. ПО Mission Planner, Qground Control, iNAV configurator, Betaflight. Резервное копирование, тиражирование настроек.

6. Производственные условия для изготовления и ремонта БПЛА. Типовое оснащение рабочего места инженера БАС. Рабочий стол, ручной инструмент, паяльное оборудование, расходные материалы, ПК и программное обеспечение для настройки БПЛА, 3Д печать и ЧПУ резка материала.
7. Изготовление деталей БПЛА при помощи 3д печати. Среды автоматизированного проектирования. Экспорт чертежей и моделей, подготовка модели к печати.
8. Изготовление деталей БПЛА при помощи фрезеровки материала. Экспорт чертежей и моделей, подготовка модели к изготовлению.
9. Предполетные и полетные испытания БПЛА мультироторного, самолетного и комбинированного типов БПЛА. Обеспечение безопасности оператора и технического персонала при проведении испытаний. Регламенты полетных испытаний.
10. Поиск и устранение неисправностей БПЛА. Ремонт в производственных и полевых условиях.

7.2.2. Примеры заданий для проведения зачета:

1. Подготовить презентацию из 5-8 слайдов на тему: развитие авиации от первого полета до современных БАС.
2. Подготовить презентацию из 5-8 слайдов на тему: основные сферы применения БАС на сегодняшний день.
3. Подготовить презентацию из 5-8 слайдов на тему: классификация беспилотных летательных аппаратов.
4. Подготовить презентацию из 5-8 слайдов на тему: перспективы беспилотных авиационных систем.
5. Подготовить презентацию из 5-8 слайдов на тему: перспективы беспилотных авиационных систем.
6. Рассчитать подъемную силу крыла с заданным коэффициентом и геометрическими характеристиками.
7. Рассчитать длину крыла для ЛА заданной взлетной массы.
8. Определить максимальную взлетную массу ЛА с заданной формой крыла.
9. Определить оптимальное расположение, форму и количество крыльев для фюзеляжа ЛА заданной формы и массы.
10. Определить тягу двигателя ЛА с заданными параметрами массы и формой крыльев.

11. Провести процедуру установки ВЧ модуля в аппаратуру управления, создать профиль модели БПЛА и провести процедуру сопряжения с приемником на борту БПЛА.
12. Произвести настройку сопряжения двух аппаратур управления с приемником на борту БПЛА для перехвата управления на системах TBS или ELRS (Multibind или Binding phrase).
13. Произвести подключение с ПК к БПЛА по радиомодему, и произвести управление учебным БПЛА на стенде. (Имитация работы запасного канала управления).
14. Произвести подключение с ПК к учебному БПЛА на стенде. Построить полетное задание, длиной не менее 50 км, состоящее не менее, чем из 10 точек маршрута, 3 запасных домашних точек. Загрузить полетное задание и проверить целостность данных в памяти полетного контроллера.
15. Произвести настройку виджета телеметрии на аппаратуре управления, произвести подключение к БПЛА на стенде и определить положение борта, напряжение внутренней батареи, абсолютную высоту, мощность приемника.
16. Произвести расчет энергопотребления БПЛА мультироторного типа, подобрать аккумуляторную батарею для нахождения в полете не менее 10 минут.
17. Определить модель, назначение и примерные характеристики предоставленных преподавателем модулей БПЛА.
18. Определить конфигурацию, примерные характеристики и назначение предоставленного преподавателем БПЛА.
19. Произвести подключение и калибровку электронного контроллера скорости на стенде. Программно и аппаратно изменить направление вращения электродвигателя.
20. Корректно подключить двигатели и сервоприводы механизации крыла БПЛА самолетного типа на стенде, произведя анализ настроек прошивки полетного контроллера.
21. Установить актуальную версию прошивки ПО ArduPilot на полетный контроллер. Произвести калибровку акселерометра, магнетометра, назначить порты и выходы для БПЛА типа «летающее крыло». Сохранить настройки в файл.
22. Установить актуальную версию прошивки ПО Betaflight. Произвести калибровку акселерометра, магнетометра, назначить порты и выходы для БПЛА типа квадрокоптер. Сохранить настройки в файл.

23. Установить актуальную версию прошивки ПО iNAV на полетный контроллер. Произвести калибровку акселерометра, магнетометра, назначить порты и выходы для БПЛА самолетного типа с v-образным хвостовым оперением. Сохранить настройки в файл.
24. Установить актуальную версию прошивки ПО ArduPilot на полетный контроллер. Загрузить настройки из файла, произвести перенастройку серво выходов с БПЛА типа «летающее крыло» на БПЛА классического самолетного типа с рулями высоты и направления. Произвести калибровку акселерометра и магнетометра.
25. Установить актуальную версию прошивки iNAV на полетный контроллер. Произвести калибровку акселерометра, магнетометра, назначить порты и выходы для БПЛА типа квадрокоптер. Загрузить настройки из файла, не сбивая ранее сделанную калибровку. Назначить порты для работы датчиков GPS и барометрического датчика высоты.
26. Составить перечень ручного инструмента для рабочего места инженера БПЛА.
27. Составить перечень оборудования и расходных материалов для сборки и ремонта электрической и электронной части БПЛА.
28. Составить перечень ПО и необходимых интерфейсных устройств для работы с прошивкой полетных контроллеров БПЛА.
29. Составить перечень химических, лакокрасочных средств и клеевых составов для ремонта и изготовления БПЛА.
30. Составить перечень оборудования, расходных материалов и инструмента для 3д печати деталей БПЛА, а также для изготовления деталей при помощи ЧПУ резки.
31. В среде автоматизированного проектирования создать модель крепления двигателя, предоставленного преподавателем к фюзеляжу БПЛА самолетного типа. Произвести экспорт модели.
32. Загрузить предоставленную преподавателем 3д модель резьбового крепления внешней камеры БПЛА. Подобрать материал печати и оптимальные параметры 3д печати для наилучших эксплуатационных характеристик изделия.
33. Загрузить предоставленную преподавателем 3д модель стартового узла БПЛА одноразового применения. Подобрать материал печати и оптимальные параметры 3д печати для изготовления максимально возможного количества деталей в минимально возможное время без существенной потери аэродинамических характеристик БПЛА.

34. Проанализировать ошибки предоставленной преподавателем дефектной детали, изготовленной на 3д принтере. Исправить некорректные настройки 3д печати.
35. Проанализировать ошибки предоставленной преподавателем разрушенной детали, изготовленной на 3д принтере. Исправить 3д модель и подобрать оптимальные настройки 3д печати.
36. В среде автоматизированного проектирования создать модель стенки фюзеляжа БПЛА самолетного типа. Произвести экспорт чертежа для изготовления на фрезерном двухосевом станке с ЧПУ.
37. Загрузить предоставленный преподавателем чертеж детали БПЛА мультироторного типа, определить назначение детали, подобрать необходимый материал и его характеристики. Получить проекцию детали для создания чертежа, подготовить чертеж для изготовления детали путем лазерной или гидроабразивной резки.
38. Загрузить предоставленную преподавателем модель детали крыла БПЛА самолетного типа. Подобрать оптимальные параметры изготовления детали на фрезерном двухосевом станке с ЧПУ.
39. Проанализировать ошибки предоставленной преподавателем детали, изготовленной на ЧПУ станке. Исправить ошибки, допущенные при подготовке детали к изготовлению.
40. Проанализировать ошибки предоставленной преподавателем разрушенной детали, изготовленной на ЧПУ станке. Внести предложения по изменению материала, метода резки для предотвращения разрушения детали.
41. Перечислить условия и требования безопасности при испытании БПЛА самолетного типа вертикального взлета с комбинированной силовой установкой.
42. Составить ПМИ (Программу методик испытаний) для БПЛА квадрокоптерного типа. Назначение БПЛА - спортивные соревнования.
43. Составить ПМИ (Программу методик испытаний) для БПЛА самолетного типа. Назначение БПЛА - поиск людей на воде.
44. Составить ПМИ (Программу методик испытаний) для БПЛА самолета вертикального взлета. Назначение БПЛА - обнаружение лесного пожара.
45. Составить ПМИ (Программу методик испытаний) для БПЛА квадрокоптерного типа. Назначение БПЛА - обучение детей 12-14 лет.
46. Произвести осмотр, разборку и диагностику БПЛА мультироторного типа. Обнаружить до 5 неисправностей. Составить акт дефектовки.

47. Произвести осмотр, разборку и диагностику БПЛА самолетного типа. Обнаружить до 5 неисправностей. Составить акт дефектовки.
48. Определить некорректное подключение электроники БПЛА на стенде. Подключить электронику корректным образом, произвести тест с использованием защитной схемы (smoke stopper).
49. Произвести осмотр разрушенного фюзеляжа БПЛА самолетного типа. Составить перечень работ по восстановлению с указанием применяемых технологий и примерных денежных и трудовых затрат. Оценить рентабельность ремонта.
50. Произвести осмотр разрушенного фюзеляжа БПЛА мультироторного типа. Составить перечень работ по восстановлению с указанием применяемых технологий и примерных денежных и трудовых затрат. Оценить рентабельность ремонта.