

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков
« 07 » мая 20 24 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Программно-аппаратные компоненты БПЛА
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 252 (7)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование, производство и эксплуатация беспилотных
летательных аппаратов из композиционных материалов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины: получение студентами знаний по программно-аппаратным компонентам в составе БПЛА, основам компоновки БПЛА из модульных комплектующих и их настройке, обслуживанию и ремонту БПЛА.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основ аналоговой и цифровой электроники, принципах сборки и функционирования электронных схем;
- формирование представлений о программно-аппаратных компонентах в составе БПЛА, принцип их коммутации и взаимодействия;
- формирование умений проводить анализ схемы компоновки БПЛА и выбор комплектующих для решения конкретных задач;
- формирование навыков программирования и настройки программно-аппаратных компонентов в составе БПЛА.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объекты учебной дисциплины

- компонентный состав и схема размещения оборудования БПЛА.
- электронные схемы, печатные платы, современные компоненты микроэлектроники;
- полетный контроллер, настройка и микропрограмма, протоколы обмена данными;
- схемотехника БПЛА.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает методы и средства автоматизации проектирования БПЛА, содержащих типовые элементы и стандартные изделия	Знает структуру справочно-информационных баз системы автоматизированного проектирования; материалов; методы задания свойств композиционных материалов и методы построения деталей и конструкций из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет строить общую схему компоновки ЛА и осуществлять подбор модульных компонентов для сборки БПЛА обладающего заданными характеристиками и возможностями	Умеет использовать справочно-информационные базы системы автоматизированного проектирования; при выборе моделей; задавать композиционные материалы с различными структурными параметрами с использованием систем автоматизированного проектирования; применять методы построения конструкций из композиционных материалов	Индивидуальное задание
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками современных методов проектирования БПЛА согласно заданным характеристикам и возможностям.	Владеет навыками построения твердотельных моделей конструкций и деталей; навыками расчета конструкций и деталей из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования	Отчёт по практическому занятию
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знает основные этапы проектирования ЛА и перечень работ, выполняемых на каждом из этапов; оборудование ЛА, силовые установки ЛА, перечни нормализованных элементов узлов и деталей; технические требования, предъявляемые к разрабатываемым конструкциям.	Знает основы конструкции БПЛА и перечень стандартизированных узлов и агрегатов; основные этапы проектирования БПЛА и перечень работ, выполняемых на каждом из этапов; конструктивные элементы БПЛА выполненные из ПКМ; взаимозаменяемость узлов и агрегатов; технические требования, предъявляемые к разрабатываемым конструкциям; основы эксплуатации беспилотной авиационной техники; методы и средства автоматизации проектирования БПЛА, содержащих стандартизированные	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			узлы и агрегаты; технологии информационной поддержки жизненного цикла изделия; программное обеспечение для моделирования и симуляции полета БПЛА; требования охраны труда и производственной санитарии при сборке и эксплуатации БПЛА.	
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	Умеет применять методический аппарат по проектированию ЛА, применять методики подбора компонентов ЛА, читать и понимать техническую документацию, пользоваться стандартными пакетами прикладных программ при проведении проектно-конструкторских работ.	Умеет применять методический аппарат при проектировании БПЛА, построении информационных моделей БПЛА; определять последовательность операций при сборке БПЛА; строить общую схему компоновки и осуществлять подбор стандартизированных узлов и агрегатов для сборки БПЛА, обладающего заданными характеристиками и возможностями; применять рекомендуемые справочные материалы при разработке и оформлении ТД; оформлять сопроводительную и проектную документацию в процессе проектирования и разработке БПЛА; применять методики подбора компонентов БПЛА; пользоваться инструментарием САПР, стандартными пакетами прикладных программ для построения информационных моделей работы БПЛА и симуляции полета.	Индивидуальное задание
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеет навыками разработки схемы расположения основных	Владеет навыками современных методов проектирования БПЛА	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		силовых элементов, технологического членения агрегата, взаимная увязка агрегата из ПКМ с другими системами и агрегатами ЛА.	согласно заданным техническим характеристикам и технологическим возможностям; подготовки исходных данных и проведения анализа существующих технологий сборки конструкций БПЛА разных типов; разработки схемы расположения основных компонентов БПЛА, взаимная увязка компонентов внутри БПЛА; корректировки ТД по результатам информационного и натурного моделирования БПЛА, проведения НИОКР; разработки технологического состава БПЛА и последовательности сборки.	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	98	54	44
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	40	18	22
- лабораторные работы (ЛР)	28	18	10
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	26	16	10
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	154	90	64
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Введение	4	4	4	18
Тема 1. Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. История и перспективы развития электроники БПЛА. Тема 2. Архитектура БПЛА различных типов. Модульная структура. Полетный контроллер. Датчики БПЛА. Тема 3. Исполнительные механизмы БПЛА. Двигательная установка. Технические средства для управления полетом. Тема 4. Средства удаленного управления и контроля полетом. Средства навигации БПЛА. FPV-управление.				
Основы аналоговой и цифровой схемотехники	4	4	4	20
Тема 5. Элементная база электроники и схемотехники. Общие сведения о полупроводниках. Принципы работы и назначение электронных компонентов. Тема 6. Аналоговая электроника, принципы работы и назначение. Транзисторы. Усилители. Фильтры. Генераторы. Тема 7. Цифровая и импульсная электроника. Работа транзистора в режиме ключа. Интегральные логические элементы. Интегральные триггеры и счетчики импульсов. Комбинационная логика. Сумматоры чисел в двоичном коде. Кодер, декодер. Мультиплексор, демультиплексор. Структурная схема ПЛИС. Тема 8. Источники вторичного питания непрерывного и импульсного действия. Однофазные выпрямители. Схемы, основные соотношения. Сглаживающие фильтры: емкостный и индуктивный фильтры, LC- фильтр. Стабилизаторы параметрические и компенсационного типа. Схемы, принципы действия.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы микроконтроллерной и микропроцессорной электроники	5	4	4	26
Тема 9. Электроника и схемотехника полетного контроллера. Микроконтроллеры и микропроцессоры. Основы работы и программирования. Тема 10. Архитектура микроконтроллеров на примере AVR, из чего состоит микроконтроллер. Параллельный порт ввода-вывода. Регистры и прерывания. Тема 11. Периферийные интерфейсы микроконтроллеров. Режимы работы интерфейса. Настройка и работа интерфейса. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Режимы работы. Предварительная настройка. Таймер-счетчик. Режимы работы. Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Модуль ШИМ. Тема 12. Средства разработки и отладки для микроконтроллеров и микропроцессоров. Интегрированная среда разработки. Внутрисхемный эмулятор. Внутрисхемный отладчик и трассировщик. Программный симулятор. Программатор. Оценочные платы. Наборы разработчика.				
Основы программирования микроконтроллеров	5	6	4	26
Тема 13. Разработка программного обеспечения для микропроцессорных средств. Интегрированная среда разработки. Языки низкого и высокого уровня. Ассемблер. Си. Другие языки высокого уровня. Отличия программы для персонального компьютера от программы для микроконтроллера. Тема 14. Особенности операционных систем реального времени. Понятие реального времени. Операционные системы реального времени и времени, отличного от реального. Тема 15. Операционная система для микроконтроллера. Многозадачность и стек. Системный таймер и планировщик. События. Почтовые ящики. Разделение доступа к общему ресурсу. Тема 16. Основы цифровой обработки сигналов. Модели и преобразования дискретных и цифровых сигналов. Фильтрация сигналов. Тема 17. Специальные алгоритмы цифровой обработки сигналов.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	18	16	90
8-й семестр				
Периферийные устройства и датчики БПЛА	6	2	2	16
Тема 18. Периферийные устройства и датчики				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
БПЛА, принципы их работы и назначение. Гироскоп, акселерометр, компас, высотомер, средства измерения скорости и условий окружающей среды. Тема 19. Входные и выходные данные периферийных устройств БПЛА. Управление периферийными устройствами. Обратная связь. Тема 20. Аналоговое и цифровое управление периферийными устройствами БПЛА. Протоколы обмена данными с периферийными устройствами БПЛА. Тема 21. Обработка данных от периферийных устройств. Фильтрация данных. Помехоустойчивость и помехозащищенность. Тема 22. Особенности работы с АКБ БПЛА. Зарядка и разрядка АКБ. Определение ресурса АКБ. Диагностика выхода из строя АКБ. Техника безопасности при хранении, работе и обслуживании АКБ. Утилизация АКБ.				
Автоматизированное управление полетом БПЛА	6	3	3	16
Тема 23. Основы автоматизации управления БПЛА. Автоматизированное и автоматическое управление. Контроль положения. Обратная связь с оператором. Тема 24. Автоматизация управление полетом средствами наземной станции управления. Навигация БПЛА, синхронизация перемещений с картой. Построение траектории перемещения БПЛА. Тема 25. Управление БПЛА в условиях зашумления или потере сигнала от оператора. Действия при пониженном заряде АКБ. Аварийное управление. Тема 26. Калибровка и настройка полетного контроллера и периферийных устройств. Тема 27. Изучение логов, отладка, выявление и исправление ошибок работы полетного контроллера.				
Разработка БПЛА	6	3	3	16
Тема 28. Составление ТЗ на разработку БПЛА. Тема 29. Существенные характеристики БПЛА. Выбор типа и компоновки БПЛА для решения конкретных задач. Тема 30. Особенности проектирования штучных и серийных БПЛА, выбор компонентов, производство и сборка. Тема 31. Разработка БПЛА типа «планер». Выбор полетного контроллера и периферии. Особенности сборки БПЛА типа «планер». Тема 32. Разработка БПЛА мультироторного типа (коптер). Выбор полетного контроллера и периферии. Особенности сборки БПЛА				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
мультироторного типа.				
Обслуживание и ремонт БПЛА	4	2	2	16
Тема 33. Транспортировка БПЛА. Сборка и проверка работоспособности БПЛА перед полетом. Проверка БПЛА после полета. Разборка БПЛА. Тема 34. Существенные и допустимые неполадки, их влияние на полет БПЛА. Оперативный ремонт БПЛА. Замена модульных компонентов. Выбор компонентов БПЛА для замены. Тема 35. Диагностика и ремонт неисправных компонентов. Обслуживание электро-механических компонентов. Обслуживание электроники БПЛА. Расходные материалы.				
ИТОГО по 8-му семестру	22	10	10	64
ИТОГО по дисциплине	40	28	26	154

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Навигация БПЛА. Технические средства определения местоположения БПЛА.
2	Способы операторского контроля БПЛА. Обратная связь БПЛА с оператором.
3	Основы проектирования электронных схем и печатных плат.
4	Средства разработки электронных схем и печатных плат.
5	Пайка электронных схем. Особенности пайки электронных компонентов разных типов. Техника безопасности.
6	Коммутация компонентов при модульной организации устройств.
7	Программирование микроконтроллеров семейства AVR. Среда программирования Arduino.
8	Разработка схемы алгоритма программы для микроконтроллера.
9	Работа с модулем GY-6500 гироскоп/акселерометр на базе микросхемы MPU-6500.
10	Стабилизация положения с использованием модуля GY-6500.
11	Работа со стендом-имитатором полета БПЛА.
12	Настройка полетного контроллера. Выбор и настройка подключенной периферии. Калибровка полетного контроллера.
13	Составление технического задания на разработку БПЛА, компонентов БПЛА, программное обеспечение БПЛА.
14	Определение существенных характеристик и выбор компонентов БПЛА.
15	«Полезная нагрузка» БПЛА. Специфика выбора и установки исполнительных механизмов БПЛА специального назначения.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
16	Регламентные работы с БПЛА. Диагностика неполадок. Типовые поломки и неисправности БПЛА.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Основы сборки БПЛА типа «планер». Изучение архитектуры БПЛА и особенностей работы его компонентов на стенде.
2	Основы сборки БПЛА мультироторного типа (коптер). Изучение архитектуры БПЛА и особенностей работы его компонентов на стенде.
3	Разработка печатной платы easyeda. Экспорт печатной платы для изготовления.
4	Промышленные и «домашние» технологии изготовления печатных плат. Изготовление простейшей печатной платы.
5	Распайка печатной платы. Проверка работоспособности печатной платы.
6	Программирование контроллера в среде Arduino. Отладка программы. Проверка работоспособности собранной схемы.
7	Подключение внешних датчиков к микроконтроллеру.
8	Подключение исполнительных механизмов к микроконтроллеру.
9	Использование интерфейсов микроконтроллера. Ввод-вывод и обработка данных.
10	Устройства с автономным питанием. Замер энергопотребления потребления устройства в разных режимах работы. Расчет времени работы устройства при автономном питании.
11	Подключение модуля GY-6500 к микроконтроллеру. Сбор, обработка и вывод данных.
12	Разработка программы для стенда, обеспечивающей стабилизацию положения платформы.
13	Настройка полетного контроллера. Подключение периферийных устройств. Калибровка полетного контроллера.
14	Программирование стенда-имитатора. Управление стендом-имитатором полета БПЛА.
15	Выбор компонентов при разработке БПЛА типа планер по заданным требованиям.
16	Выбор компонентов при разработке БПЛА мультироторного типа по заданным требованиям.
17	Диагностика неисправностей питания БПЛА. Проверка и тестирование источника питания.
18	Диагностика неисправностей двигателей БПЛА. Балансировка винта БПЛА.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов. 6-е изд., стер. Москва : КНОРУС, 2013. 798 с. 50,0 усл. печ. л.	3
2	Калашников В. И., Нефедов С. В. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов. Москва : Академия, 2012. 368 с. 23,0 усл. печ. л.	2

3	Прянишников В. А. Электроника : полный курс лекций. 7-е изд. Санкт-Петербург : Корона-Век, 2010. 415 с. 26,0 усл. печ. л.	6
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Биард У., МакЛэйн У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика : пер. с англ. Москва : Техносфера, 2015. 311 с. 19,5 печ. л.	1
2	Микушин А.В. Занимательно о микроконтроллерах. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. 424 с.	6
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал. Пермь : ПНИПУ, 2012 -.	
2	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал. Москва : Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	"Воздушный кодекс Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 04.08.2023)	https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-97060-662-9.	https://e.lanbook.com/book/107894	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Моделирование систем. Подходы и методы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Н. Волкова [и др.]	http://www.iprbookshop.ru/43957.html	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Рэндал, У.Б. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика [Электронный ресурс] / У.Б. Рэндал, У.М. Тимоти. – Электрон. дан. – Москва: Техносфера, 2015. – 312 с. –	https://e.lanbook.com/book/76159	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Черняева С.Н. Имитационное моделирование систем [Электронный ресурс]: учебное пособие	http://www.iprbookshop.ru/50630.html	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Зариковская Н.В. Математическое моделирование систем [Электронный ресурс]: учебное пособие	http://www.iprbookshop.ru/72124.html	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	https://elib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	компьютеры	15

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	ноутбук	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	15

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе