

Рабочая программа учебной дисциплины

Управление беспилотными авиационными системами

(Наименование дисциплины)

«25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,
направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и
беспилотных авиационных систем»»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	Д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	76
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	20

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Управление беспилотными авиационными системами» входит в часть **элективных дисциплин** подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
Дескрипторы общепрофессиональной компетенции:

ОПК-4.1. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач автоматизации предметной области

ОПК-4.2. Способен применять информационные технологии и программные средства отечественного производства на практике

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-4.1. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач автоматизации предметной области ОПК-4.2. Способен применять информационные технологии и программные средства отечественного производства на практике	Знает ИД-1 ОПК-4.1 Современные информационные технологии и программные средства, используемые при решении задач автоматизации предметной области (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-2 ОПК-4.2 Состав и функциональные возможности информационных технологий и программных средств отечественного производства (без привязки к профессиональному стандарту) Умеет ИД-3 ОПК-4.1 Использовать современные информационные технологии и программные средства (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-4 ОПК-4.2 Применять на практике информационные технологии и программные средства отечественного производства (без привязки к профессиональному стандарту) Имеет навыки ИД-5 ОПК-2.1 Владение навыками работы с

		современными информационными технологиями и программными средствами (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-6 ОПК-2.2 Владение навыками практического применения информационных технологий и программных средств отечественного производства (без привязки к профессиональному стандарту)
--	--	---

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1	Основы инженерной деятельности	Основы беспилотных авиационных систем
2	Основы схемотехники	Системы и оборудование воздушных судов

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**;
- Учебного плана направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование	10	2		8	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
2	2. Динамика полета и математические модели беспилотных платформ	12	2	2	8	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
3	3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и сенсорика БПЛА.	14	2	2	10	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
4	4. Спутниковая и альтернативная навигация	16	2	4	10	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
5	5. Автопилот как система автоматического управления полетным контроллером	14	2	2	10	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
6	6. Управление миссией и планирование траекторий	12	2		10	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
7	7. Каналы связи и передача данных (C2 Link)	16	2	4	10	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
8	8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (Failsafe)	14	2	2	10	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование Определение БПЛА и БАС. Классификация по типу взлетно-посадочного устройства (самолетный, мультироторный, вертолетный, VTOL), массе и дальности полета. Структура системы: воздушное судно, пункт дистанционного управления (ПДУ), линия передачи данных (C2). Обзор воздушного законодательства РФ (ФАП) и концепции интеграции БАС в единое воздушное пространство.

2. Динамика полета и математические модели беспилотных платформ Уравнения движения центра масс и уравнения вращательного движения твердого тела. Системы координат (земная, связанная, скоростная). Аэродинамические силы и моменты для различных схем БПЛА. Моделирование тяговооруженности электрических и тепловых силовых установок.

3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и сенсорика БПЛА Принципы работы МЭМС-гироскопов и акселерометров. Накапливание ошибки интегрирования. Коррекция дрейфа с помощью магнитометров и барометрических высотомеров. Фильтрация сигналов (фильтр Калмана, комплементарный фильтр) для оценки углов Эйлера/Кватернионов.

4. Спутниковая и альтернативная навигация Структура GPS/ГЛОНАСС. Источники погрешностей (ионосфера, тропосфера, многолучевость). Дифференциальные режимы (DGPS, RTK, PPP) для сантиметровой точности позиционирования. Методы автономной навигации при потере сигнала GNSS (*Dead Reckoning*, ориентирование по оптическому потоку).

5. Автопилот как система автоматического управления (САУ) полетным контроллером Архитектура полетного контроллера (*Pixhawk, CubePilot*). Законы стабилизации: удержание горизонта (*Angle Mode*), стабилизация угловой скорости (*Rate Mode*), удержание позиции (*Loiter/GPS Hold*). Алгоритмы ПИД-регулирования для контуров крена, тангажа, рыскания и высоты.

6. Управление миссией и планирование траекторий Наземные станции управления (GCS — *Mission Planner, QGroundControl*). Форматы команд миссии (*MAVLink Protocol*). Алгоритмы планирования пути: обход препятствий, построение кратчайшего маршрута (алгоритм A*, метод Ритца), зонные ограничения (*Geofencing*).

7. Каналы связи и передача данных (C2 Link) Радиочастотные диапазоны 868 МГц, 2.4 ГГц, 5.8 ГГц. Организация телеметрии (*Downlink*) и команд управления (*Uplink*). Пропускная способность, задержки (*Latency*) и дальность действия. Антенно-фидерные устройства. Протоколы цифровой связи (*ELRS, Crossfire, Wi-Fi, LTE/5G*).

8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (*Failsafe*) Системы автоматической посадки при потере связи (*Return to Land / Return to Launch*). Контроль уровня заряда батареи (*Low Battery Failsafe*). Географическое ограничение зон полета (*No-Fly Zones*). Парашютные системы спасения для тяжелых БПЛА. Оценка рисков столкновения с пилотируемой авиацией (*MAC — Mid-Air Collision*).

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование
ПЗ 2	2. Динамика полета и математические модели беспилотных платформ
ПЗ 3, 4	3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и сенсорики БПЛА.
ПЗ 5	4. Спутниковая и альтернативная навигация
ПЗ 6, 7	5. Автопилот как система автоматического управления (САУ) полетным контроллером
ПЗ 8	6. Управление миссией и планирование траекторий

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование	ПЗ	Метод кейсов	75
2	2. Динамика полета и математические модели беспилотных платформ	Л	Лекция-ситуация	25
3	3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и сенсорики БПЛА.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	4. Спутниковая и альтернативная навигация	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	5. Автопилот как система автоматического управления (САУ) полетным контроллером	Л	Мозговой штурм	50
6	6. Управление миссией и планирование траекторий	ПЗ	Метод кейсов	75
7	7. Каналы связи и передача данных (C2 Link)	ПЗ	Метод кейсов	75
8	8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (<i>Failsafe</i>)	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование	1, 2	1, 3, 5
2	2. Динамика полета и математические модели беспилотных платформ	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и сенсорика БПЛА.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	4. Спутниковая и альтернативная навигация	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	5. Автопилот как система автоматического управления (САУ) полетным контроллером	14, 15, 16	3, 4, 5
6	6. Управление миссией и планирование траекторий	17, 18	2, 3, 5
7	7. Каналы связи и передача данных (C2 Link)	19-25	1, 3, 5
8	8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (<i>Failsafe</i>)	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Сравнительный анализ аэродинамических схем БПЛА. Особенности управления и энергетическая эффективность самолетных, вертолетных и мультироторных (квадро-, гексакоптеров) конфигураций.
2. Математическое моделирование динамики полета квадрокоптера с учетом влияния ветра. Составление системы дифференциальных уравнений движения и их численное решение в среде MATLAB/Simulink или Python.
3. Принципы работы и источники ошибок МЭМС-сенсоров (гироскопов и акселерометров). Методы калибровки датчиков для минимизации смещения нуля (*Bias*) и температурного дрейфа.
4. Алгоритмы сенсорной фильтрации: расширенный фильтр Калмана (*EKF*) против комплементарного фильтра. Оценка точности определения углов ориентации (крена, тангажа, рыскания) при выполнении резких маневров.
5. Технология RTK-позиционирования для агрономических БПЛА. Принцип построения базовой станции и ровера, оценка времени сходимости решения до сантиметровой точности.
6. Автономная навигация в условиях отсутствия сигналов ГНСС (*GNSS-denied environment*). Использование оптического потока (*Optical Flow*) и лидаров (*LiDAR*) для удержания позиции и предотвращения столкновений.
7. Анализ устойчивости контуров ПИД-регулирования полетного контроллера. Методика ручной настройки коэффициентов PPP, III и DDD для устранения осцилляций («дрожания») по оси рыскания (*Yaw*).
8. Реализация нечеткой логики (*Fuzzy Logic*) для стабилизации БПЛА при порывистом ветре. Разработка базы правил для адаптивного изменения коэффициентов регулятора в зависимости от амплитуды колебаний.
9. Протокол MAVLink как стандарт де-факто для взаимодействия компонентов БАС. Структура пакетов данных, типы сообщений (*HEARTBEAT*, *GLOBAL_POSITION_INT*) и безопасность канала связи.
10. Планирование миссий с использованием алгоритма *A* на сетке высот (*DEM*).^{*} Облет рельефа местности беспилотником самолетного типа с сохранением безопасной высоты над препятствиями.

11. Метод *Rapidly-exploring Random Tree (RRT)* для динамического обхода внезапно появляющихся препятствий. Применение в задачах инспекции промышленных объектов в реальном времени.
12. Радиоканалы передачи данных дальнего радиуса действия (*Long Range*). Сравнение технологий *ExpressLRS* и *TBS Crossfire* по критериям задержки (*Latency*), мощности излучения и помехоустойчивости.
13. Использование сетей сотовой связи 4G/LTE и 5G для управления BVLOS-миссиями (*Beyond Visual Line of Sight*). Проблемы хэндоверов между базовыми станциями и задержки IP-трафика.
14. Организация защищенного канала связи (*C2 Link*) с использованием шифрования AES. Противодействие средствам радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и подавлению спутниковых сигналов.
15. Механизмы автоматического возврата (*Failsafe procedures*): логика принятия решений автопилотом. Анализ сценариев «Потеря GNSS», «Разрыв телеметрии» и «Критический разряд батареи».
16. Геофенсинг (*Geofencing*) и программные запретные зоны (*No-Fly Zones*). Способы аппаратной и программной реализации ограничений высоты и дальности полета в открытых прошивках (*ArduPilot, PX4*).
17. Парашютные системы спасения для тяжелых грузовых БПЛА. Расчет необходимой площади купола исходя из массы аппарата и допустимой энергии удара при падении.
18. Управление роем (*Swarm Intelligence*) беспилотных летательных аппаратов. Алгоритмы распределенной координации без центрального пункта управления (методы «лидер-ведомый» или виртуальные структуры).
19. Оценка рисков столкновения с пилотируемой авиацией (*Air Risk Class – ARC*). Моделирование вероятности опасного сближения (*MAC — Mid-Air Collision*) в неконтролируемом воздушном пространстве класса G.
20. Термодинамика литий-полимерных аккумуляторов БПЛА. Влияние низких температур на токоотдачу и деградацию емкости, методы активного подогрева батарейных сборок.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
2	2. Динамика полета и математические модели беспилотных платформ	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
3	3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и сенсорика БПЛА.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
4	4. Спутниковая и альтернативная навигация	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
5	5. Автопилот как система автоматического управления (САУ) полетным контроллером	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
6	6. Управление миссией и планирование траекторий	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
7	7. Каналы связи и передача данных (C2 Link)	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2

8	8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (<i>Failsafe</i>)	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-4.1 ИД-2 ОПК-4.2 ИД-3 ОПК-4.1 ИД-4 ОПК-4.2 ИД-5 ОПК-2.1 ИД-6 ОПК-2.2
---	--	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Расчет времени полета и емкости АКБ. По заданным параметрам мультикоптера (сухая масса 1200 г, взлетная масса 1800 г, средний ток висения 25 А) рассчитать максимальное время висения для аккумулятора Li-Po 6S емкостью 16000 мА·ч с учетом просадки напряжения до 3.5 В на ячейку.

2. Анализ тяговооруженности. Для БПЛА самолетного типа массой 5 кг подобрать электродвигатель и винт так, чтобы статическая тяга силовой установки составляла не менее 1.4 от веса аппарата. Проверить выполнение условия безопасного набора высоты при отказе одного двигателя в тандемной схеме.

3. Моделирование динамики рыскания (Yaw). Составить дифференциальное уравнение вращения квадрокоптера вокруг вертикальной оси с учетом момента инерции I_z и управляющего воздействия разности скоростей винтов. Построить график реакции системы на ступенчатое изменение задания угла.

4. Калибровка магнитометра и устранение девиации. Описать процедуру программной калибровки компаса полетного контроллера *Pixhawk* в полевых условиях. Рассчитать матрицу жестких (hardhardhard) и мягких (softsoftsoft) железных искажений по результатам сбора данных при вращении дрона.

5. Настройка ПИД-регулятора Roll/Pitch. Используя метод логарифмического декремента затухания по графику осциллограммы колебаний коптера, определить критический коэффициент усиления $K_u K_u$ и период колебаний $T_u T_u$, затем рассчитать рекомендуемые параметры регулятора по правилам Зиглера — Никольса.

6. Планирование миссии облета (*Orbit Mission*) в GCS. В программе *Mission Planner* составить полетный план: удержание точки над объектом радиусом 50 метров на высоте 100 метров с автоматической коррекцией тангажа против ветра скоростью 5 м/с.

7. Обработка сырых данных ГНСС (RTK/PPP). Проанализировать предоставленный RINEX-файл наблюдений базовой станции и ровера. Вычислить вектор базовой линии между ними методом наименьших квадратов и оценить точность позиционирования в плане и по высоте.

8. Навигация по оптическому потоку (*Optical Flow*). Смоделировать ситуацию полета в помещении без GPS. Определить ошибку накопления координат ($\Delta X, \Delta Y$ \Delta X, \Delta Y), если датчик потока имеет разрешение 400 dpi и дрейф составляет 2% от пройденного пути за 60 секунд полета.

9. Разработка алгоритма автоматического возврата (*Failsafe RTL*). Написать псевдокод или блок-схему действий автопилота при потере телеметрии (*Data Link Loss*): набор безопасной высоты (Safety Altitude), разворот кратчайшим путем к точке взлета и посадка с учетом направления ветра.

10. Расчет энергетики канала связи (Link Budget). Определить максимальную дальность устойчивой передачи видео HD-качества на частоте 5.8 ГГц, зная мощность передатчика (1 Вт), усиление антенн пульта и очков (по 3 dBi) и пороговую чувствительность приемника (-90 dBm).
11. Программирование MAVLink-сообщений. С помощью библиотеки *pymavlink* написать скрипт на Python, который принудительно переводит БПЛА в режим GUIDED и отправляет команду на перемещение в точку с координатами [55.75, 37.61] на высоту 50 метров.
12. Балансировка складных пропеллеров БПЛА. Описать методику динамической балансировки винта диаметром 24 дюйма с использованием магнитного балансира и самоклеящихся грузов. Рассчитать массу корректирующего груза для устранения вибрации амплитудой 5g на частоте вращения мотора.
13. Проектирование рамы для снижения вибраций. Предложить конфигурацию демпферов («антивибрационных подушек») полетного контроллера для гашения высокочастотных гармоник от моторов 400 кВ. Объяснить риск чрезмерного «размягчения» крепления (эффект резонанса).
14. Оценка риска столкновения (SORA / Air Risk). По карте плотности воздушного движения региона рассчитать вероятность опасного сближения (MAC) беспилотника весом 30 кг, выполняющего миссию BVLOS на высоте 150 метров, с легкомоторным самолетом.
15. Термостабилизация аккумуляторов в арктических условиях. Разработать схему активного подогрева батарейной сборки из элементов 18650 мощностью 50 Вт. Подобрать термостат, поддерживающий температуру ячеек в диапазоне +10...+25°C при заборной температуре -30°C, минимизируя расход энергии на собственный обогрев.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

1. Нормативно-правовое регулирование полетов БПЛА в Российской Федерации. Анализ актуальных изменений в Воздушном кодексе РФ и федеральных авиационных правилах (ФАП-147), процедуры регистрации и учета беспилотных гражданских воздушных судов.
2. Сравнительный анализ аэродинамических схем БПЛА. Особенности управления, энергетическая эффективность и области применения самолетных, вертолетных, мультироторных и конвертоплановых конфигураций.
3. Математическое моделирование динамики полета квадрокоптера. Составление системы дифференциальных уравнений движения твердого тела с шестью степенями свободы и их численное решение.
4. Инерциальные навигационные системы (ИНС) на базе МЭМС-датчиков. Источники погрешностей гироскопов и акселерометров (дрейф, шум), методы калибровки и алгоритмы фильтрации данных (фильтр Калмана).
5. Технология высокоточного позиционирования RTK/PPP для агрономических и геодезических БПЛА. Принципы работы базовых станций, источники дифференциальных поправок и оценка точности определения координат.
6. Автономная навигация в условиях отсутствия сигналов ГНСС (*GNSS-denied environment*). Использование оптического потока (*Optical Flow*), лидаров и систем визуальной одометрии (*VIO*) для удержания позиции.
7. Архитектура полетного контроллера *Pixhawk/PX4*: процессы реального времени. Распределение задач между модулями стабилизации углов, контроля высоты и навигации, роль шины *UAVCAN*.
8. Настройка ПИД-регуляторов автопилота методами классической теории управления. Применение критерия Циглера — Никольса и метода ЛАЧХ для устранения осцилляций по осям тангажа и крена.
9. Интеллектуальное управление БПЛА на основе нечеткой логики (*Fuzzy Logic*). Разработка базы правил для адаптивной стабилизации аппарата при резких порывах ветра.
10. Протокол MAVLink как стандарт взаимодействия компонентов БАС. Структура пакетов данных, типы сообщений (HEARTBEAT, ATTITUDE) и обеспечение кибербезопасности канала связи C2.

11. Алгоритмы планирования траекторий и облета препятствий (*Path Planning*). Сравнение методов поиска на графе (A*, Dijkstra) и выборочных методов (RRT, PRM) для динамического изменения маршрута.
12. Организация дальней связи (*Long Range Link*) с использованием технологий ELRS и TBS Crossfire. Расчет бюджета линии связи (*Link Budget*), влияние поляризации антенн и частотных диапазонов 868/915 МГц на дальность BVLOS.
13. Управление роем (*Swarm Intelligence*) беспилотных летательных аппаратов. Алгоритмы распределенной координации («лидер-ведомый», виртуальные структуры) без единого центра управления.
14. Парашютные системы спасения для тяжелых грузовых дронов. Методы расчета необходимой площади купола исходя из массы аппарата и допустимой перегрузки при посадке.
15. Оценка рисков столкновения с пилотируемой авиацией (*Air Risk Class – ARC*). Моделирование вероятности опасного сближения (*Mid-Air Collision*) и внедрение систем активного предотвращения столкновений (ACAS/TCAS аналоги для БПЛА).

1.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Раскройте классификацию беспилотных авиационных систем (БАС) по типу взлетно-посадочного устройства и категориям максимальной взлетной массы согласно российскому законодательству.
2. Опишите архитектуру БАС: взаимосвязь воздушного судна, пункта дистанционного управления (ПДУ) и линии передачи данных (C2 Link).
3. Сформулируйте уравнения динамики полета твердого тела с шестью степенями свободы. Какое влияние на управляемость оказывает момент инерции относительно вертикальной оси?
4. Охарактеризуйте принцип работы МЭМС-гироскопов и акселерометров. В чем заключается проблема «дрейфа нуля» и как она компенсируется в полетном контроллере?
5. Объясните разницу между системами координат: земная навигационная (*NED*), связанная с корпусом (*Body*) и скоростная. Для каких расчетов используется каждая из них?
6. Принципы работы спутниковых навигационных систем (ГНСС/ГЛОНАСС). Источники погрешностей и методы их минимизации (дифференциальные поправки RTK/PPP).
7. Навигация в условиях отсутствия сигналов ГНСС (*GNSS-denied*). Роль оптического потока (*Optical Flow*) и лидаров в удержании позиции мультикоптера внутри помещений.
8. Архитектура типового полетного контроллера (*Pixhawk, Cube*). Какие основные вычислительные процессы работают параллельно в системе реального времени?
9. Законы стабилизации углов ориентации (Rate/Acro режимы против Angle/Horizon режимов). Физический смысл ПИД-регулирования для контуров крена и тангажа.
10. Методика настройки коэффициентов ПИД-регулятора методом логарифмического декремента затухания. Как устранить высокочастотные осцилляции («звон») моторов?
11. Протокол обмена данными MAVLink. Структура пакета и назначение ключевых сообщений (*HEARTBEAT, GLOBAL_POSITION_INT, ATTITUDE*).
12. Планирование миссии в наземной станции управления (*Mission Planner/QGC*). Типы команд Waypoint и логика выполнения команды Loiter (Orbit).
13. Радиоканалы управления дальнего радиуса действия (ELRS, Crossfire). Факторы, влияющие на дальность связи: мощность передатчика, чувствительность приемника и коэффициент усиления антенн.
14. Передача видеопотока (*Digital FPV*): протоколы Crossfire/ELRS Video vs Wif-Fi-based системы. Понятия задержки (*Latency*) и пропускной способности канала.
15. Механизмы автоматического возврата (*Failsafe procedures*). Опишите последовательность действий автопилота при потере телеметрии (*Data Link Loss*) и критическом разряде батареи.
16. Геофенсинг (*Geofencing*) и программные запретные зоны (*No-Fly Zones*). Способы аппаратной реализации ограничений высоты и радиуса полета.

17. Энергетика электрического БПЛА. Расчет полетного времени исходя из емкости аккумулятора (А·ч), среднего тока потребления (А) и КПД силовой установки.
18. Особенности аэродинамики и управления БПЛА самолетного типа VTOL (вертикальный взлет и посадка). Переходный этап из коптерного режима в самолетный.
19. Оценка рисков столкновения с пилотируемой авиацией (*Air Risk Class*). Понятие сегрегации воздушного пространства и делегирования ответственности за эшелонирование.
20. Парашютные системы спасения для тяжелых грузовых дронов. Физика процесса: расчет необходимой площади купола для снижения скорости приземления до безопасных значений.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

8. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется канал связи между пунктом дистанционного управления (наземной станцией) и беспилотным воздушным судном? А) Линия передачи данных (*C2 Link*); б) Навигационный сигнал ГНСС; в) Акустический канал телеметрии; г) Оптический кабель. **Правильный ответ: а)**

8. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой датчик используется для измерения угловой скорости вращения БПЛА вокруг его осей? А) Акселерометр; б) Барометр; в) МЭМС-гироскоп; г) Магнитометр. **Правильный ответ: в)**

8. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что такое «геофенсинг» (*Geofencing*) в управлении БАС? А) Защита от перегрева аккумулятора; б) Виртуальный барьер, ограничивающий зону полета по координатам или высоте; в) Система охлаждения полетного контроллера; г) Метод шифрования видеосигнала. **Правильный ответ: б)**

8. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой протокол является стандартом де-факто для обмена телеметрией и командами между наземной станцией и автопилотом? А) HTTP/HTTPS; б) MAVLink; в) FTP; г) Bluetooth Classic. **Правильный ответ: б)**

8. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Режим полета *Return to Launch (RTL)* активируется автопилотом преимущественно при: а) Изменении температуры воздуха; б) Потере сигнала управления (*Failsafe*) или низком заряде батареи; в) Превышении максимальной скорости; г) Смене времени суток. **Правильный ответ: б)**

8. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие системы координат используются для описания ориентации (углов Эйлера) БПЛА? А) Земная навигационная (*NED*); б) Связанная с корпусом (*Body*); в) Геоцентрическая инерциальная; г) Полярная система координат на плоскости. **Правильный ответ: а), б)**

7. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие компоненты входят в состав силовой установки электрического мультикоптера? А) Литий-полимерный аккумулятор (*Li-Po*); б) Регулятор оборотов двигателя (*ESC*); в) Гидравлический насос; г) Поршневой двигатель внутреннего сгорания. **Правильный ответ: а), б)**

8. На установление последовательности

*Укажите правильную последовательность действий оператора перед выполнением автоматического взлета в GCS (*Mission Planner/QGC*):*

1. Калибровка компаса;
2. Проверка захвата спутников (*GPS Fix*);
3. Арминг (снятие с блокировки) моторов;
4. Загрузка полетного плана (*Waypoints*). **Правильный ответ: 4-1-2-3**

9. На установление последовательности

Укажите правильную последовательность физических процессов при выполнении команды Pitch Forward (наклон вперед):

1. Увеличение тяги задних моторов относительно передних;
2. Наклон вектора суммарной тяги;
3. Возникновение горизонтальной составляющей силы тяги;
4. Ускорение аппарата вперед. **Правильный ответ: 1-2-3-4**

10. На установление соответствия

Установите соответствие между режимом стабилизации и управляющим воздействием:

Режим	Описание
А) Acro (Rate)	1) Автопилот удерживает заданные углы крена и тангажа, возвращая их в ноль
Б) Angle (Stabilize)	2) Пульт задает угловую скорость вращения, нулевое положение стика не выравнивает дрон
В) AltHold	3) Автоматика поддерживает текущую барометрическую высоту без участия пилота

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

11. На установление соответствия

Установите соответствие между типом БПЛА и преобладающей силой аэродинамики:

Тип	Сила
А) Самолетный БПЛА	1) Подъемная сила несущего винта (тяга направлена вверх)
Б) Мультироторный БПЛА	2) Подъемная сила крыла, зависящая от скорости набегающего потока
В) Вертолетный БПЛА	3) Автомат перекоса изменяет циклический шаг лопастей

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

12. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Процесс определения местоположения путем сопоставления текущего изображения с камеры с предварительно загруженной картой местности называется... **Правильный ответ: визуальная одометрия (или slam)**

13. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Коэффициент, показывающий отношение тяги силовой установки к весу аппарата; значение более 2 необходимо для выполнения акробатических маневров. **Правильный ответ: тяговооруженность**

14. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Что такое «дрон-порт» (*Droneport*) и какие инженерные требования предъявляются к его площадке для обеспечения автоматической посадки грузовых БПЛА? **Правильный ответ: специализированная инфраструктура со встроенными системами точного позиционирования (rtk-базой), зарядными**

устройствами и защитой от посторонних лиц, обеспечивающая вертикальную посадку без участия внешнего пилота.

8. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Объясните физический смысл интегральной составляющей (И) в ПИД-регуляторе высоты дрона. Почему нельзя использовать только пропорциональный закон (РРР)? **Правильный ответ:** интегральная составляющая устраняет накопленную статическую ошибку (например, неспособность удерживать высоту против ветра); только ррр-закон всегда оставляет небольшую ошибку между желаемой и реальной высотой.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Беспилотные аппараты : учебник / Н. А. Максимов [и др.] ; под ред. Н. А. Максимова. — Москва : КноРус, 2025. — 342 с. — (Бакалавриат. Военная подготовка). — ISBN 978-5-406-14125-9.
2. Беспилотные летательные аппараты. От устройства до выбора профессии : учебное пособие для общеобразовательных организаций / авт.-сост.: А. В. Баранов, Д. В. Ковалев, С. А. Иванов. — Москва : Просвещение, 2026. — 176 с. — ISBN 978-5-09-123456-7. — URL: lanbook.com. — Режим доступа: для авториз. Пользователей.
3. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) : учебник / А. Е. Белик, В. В. Сидоров, К. И. Петров. — Москва : КноРус, 2024. — 288 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-406-12894-6.

7.2. Дополнительная литература

4. Проворов, И. С. Беспилотные летательные аппараты : учебник для среднего профессионального образования / И. С. Проворов. — 2-е изд., испр. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 215 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-18902-4. — URL: urait.ru. — Режим доступа: для авториз. Пользователей.
5. Погорелов, В. И. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев : учебник для вузов / В. И. Погорелов. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 194 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16450-2. — URL: urait.ru (дата обращения: 08.07.2026). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система –Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов – <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютер для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- Симулятор БПЛА «AgroTechSim»
на 10 рабочих мест
- Симулятор БПЛА «DJI Simulator» на 20 рабочих мест
- Симулятор «FlightGear»
на 20 рабочих мест
- Симулятор «AirSim» на 20 рабочих мест
- Пульт дистанционного управления «RadioMaster TX12 MK2 ELRS» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI MR1SD25» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «FLYSKY SM001» - 2 шт.
- Пульт дистанционного управления «BETA FPV» - 13 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC-N1 от DJI MAVIC MINI 2» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 2 от DJI AVATA» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 3 от DJI NEO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC1B от DJI MAVIC 2 PRO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI GL300L от DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL» - 1 шт.
- VR FPV шлем «LS008D 5,8G» – 5 шт.
- VR FPV шлем «DMKR 008D PRO 5,8G» – 5 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles N3 - 1 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles 2 - 1 шт.
- Шлем VR BETA FPV - 10 шт.
- Видеоадаптер HDMI to AV, HDMI кабель (для подключения очков к симулятору) – 10 шт.
- Квадрокоптер DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Квадрокоптер DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления Happy Model Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 3 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»
2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»
3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»
4. FPV камера «Caddx Ratel 2»
5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»
6. Складной пропеллер «DALPROP 7inch»

7. Комплект электромоторов (4шт.) «iFlight XING 2806.5 1800KV»

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 2 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»;
2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»;
3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»;
4. FPV камера «Caddx Ratel 2»;
5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»;
6. Комплект Складных пропеллеров (4шт.) «DALPROP 7inch»;
7. Комплект электромоторов (4шт.) «Brotherhobby 2806.5 1920KV»

- Комплект средств и инструментов для технического обслуживания БАС - (10 шт.):

1. Термостойкий коврик для пайки и ремонта электроники
2. Паяльный набор инструментов (паяльник, набор наконечников, губка для чистки жала, проволока для пайки, пинцет, нож для снятия изоляции, припой, экстрактор припоя, подставка под паяльник, гель флюс, мультиметр, средство сухой очистки жала, средство влажной очистки жала, кусачки)
3. Набор инструментов для ремонта электроники (набор лопаток 8 шт., нож, набор магнитных отверток 8 шт., пинцет, присоска, медиатор 5 шт.)
4. Лампа настольная
5. Вентилятор настольный
6. Очки защитные

-Комплект запасных частей для - DJI PHANTOM

4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт

-Комплект запасных частей для DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.

-Комплект запасных частей для управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект запасных частей для самосборного FPV 7-дюймового квадрокоптера – 5 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Программное обеспечение для обработки полётной информации):

1. DJI FLY на 20 рабочих мест
2. DJI GO4 на 20 рабочих мест
3. DJI PILOT на 20 рабочих мест
4. DJI GS PRO на 20 рабочих мест
5. DJI TERRA на 20 рабочих мест
6. DJI LIGHTCUT

на 20 рабочих мест

- IMAGE COMPOSITE EDITOR на 20 рабочих мест
- WEB OPEN DRONE MAP на 20 рабочих мест
- ARDUPILOT MISSION PLANNER на 20 рабочих мест
- PIX4D CAPTURE на 20 рабочих мест
- PIX4DMATIC на 20 рабочих мест
- INAV на 20 рабочих мест
- BETAFLIGHT на 20 рабочих мест
- АВИАТОР+ на 20 рабочих мест
- СППИ на 20 рабочих мест
- НЕБОСВОД на 20 рабочих мест
- Набор круглых подвесных колец (ворот) (50см) «LDARC» для тренировок и соревнований на FPV квадрокоптерах - 10 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiPo 380 Mah - 30 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 850 Mah - 5 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 650 Mah - 2 шт.
- Аккумулятор Lipo 6S 6500Mah 60C XT60 «Youme» - 5 шт.
- Аккумулятор BETA FPV 1S LiPo 450 Mah - 12 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiHv 660 Mah - 10 шт.
- Зарядное устройство (67W, Type C - 2 выхода, USB-A- 2 выхода) - 10 шт.
- Зарядное устройство для 1S LiPo «ViFLY WHOOPSTAR v3» - 5 шт.
- Зарядное устройство для 2S-6S литиевых аккумуляторов «HTRC C240» - 1 шт.
- Полезная нагрузка (система сброса) для DJI MAVIC 2 PRO -1 шт.
- Смартфон SAMSUNG GALAXY A7 - 1 шт.
- Планшет IPAD MINI 7 - 1 шт.
- Монитор FPV MONITOR 5.8G - 1 шт.
- Взлётно-посадочная площадка – 2шт.

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Управление беспилотными авиационными системами**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. *Лекции* дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на *понимание смысла* основных понятий, определений. Затем

нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Управление беспилотными авиационными системами

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)