

Рабочая программа учебной дисциплины

Усовершенствование беспилотного летательного аппарата

(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	2
Общее количество часов	72
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	40
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.....	6
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	7
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	9
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	11
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	19
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	21

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Усовершенствование беспилотного летательного аппарата» входит в факультативные дисциплины 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-3. Способен применять теорию технической эксплуатации, основы конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования

Дескрипторы общепрофессиональной компетенции:

ОПК-3.1. Демонстрирует понимание теории технической эксплуатации, основ конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования.

ОПК-3.2. Применяет теорию технической эксплуатации, основы конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач.

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-3.1. Демонстрирует понимание теории технической эксплуатации, основ конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования. ОПК-3.2. Применяет теорию технической эксплуатации, основы конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного	Знает: ИД 1 ОПК-3.1 Теорию технической эксплуатации, основы конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ОПК-3.2 Порядок и принципы применения теории технической эксплуатации, основ конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным

	оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач.	судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ОПК-3.1 Оценить техническое состояние и потребность в техническом обслуживании и ремонте конструкций и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ОПК-3.2 Применять теорию технической эксплуатации, основы конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ОПК-3.1 Оценки технического состояния и потребности в техническом обслуживании и ремонте конструкций и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ОПК-3.2 Применения
--	---	---

		теории технической эксплуатации, основ конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач (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	
2	Системы и оборудование воздушных судов	
3	Основы беспилотных авиационных систем	

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. Основы методологии модернизации БПЛА и анализ жизненного цикла	7	2		5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
2	2. Аэродинамическое совершенствование планера и несущих поверхностей	9	2	2	5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
3	3. Модернизация силовой установки и систем энергопотребления	9	2	2	5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
4	4. Развитие бортовых источников питания и управление энергопотоками	11	2	4	5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
5	5. Уменьшение массы конструкции за счет применения композиционных материалов	9	2	2	5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
6	6. Совершенствование системы управления и авионики (Flight Control System — FCS)	7	2		5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
7	7. Интеграция целевого оборудования и улучшение характеристик полезной нагрузки	11	2	4	5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
8	8. Повышение автономности и отказоустойчивости через ИИ и дублирование систем	9	2	2	5	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Итого		72	16	16	40	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

1. Основы методологии модернизации БПЛА и анализ жизненного цикла Цели усовершенствования: повышение грузоподъемности, дальности, автономности или снижение заметности. Этапы анализа существующего образца (Reverse Engineering). Оценка влияния модификаций на сертификацию и летную годность.

2. Аэродинамическое совершенствование планера и несущих поверхностей Оптимизация геометрии крыла (удлинение, стреловидность, аэродинамический профиль) с использованием CFD-моделирования (*Computational Fluid Dynamics*). Установка винглетов и законцовок *Шренка*. Уменьшение лобового сопротивления фюзеляжа.

3. Модернизация силовой установки и систем энергопотребления Замена двигателей внутреннего сгорания на электрические (электрификация). Подбор воздушных винтов изменяемого шага (*Variable Pitch*) для повышения КПД. Интеграция гибридных силовых установок.

4. Развитие бортовых источников питания и управление энергопотоками Применение аккумуляторных батарей нового поколения (Li-S, твердотельные). Системы рекуперации энергии при снижении. Оптимизация архитектуры шины распределения питания (*Power Bus*) и использование алгоритмов энергосбережения полетным контроллером.

5. Уменьшение массы конструкции за счет применения композиционных материалов Переход от алюминиевых сплавов к углепластикам (*Carbon Fiber*) и гибридным тканям. Топологическая оптимизация деталей (*Generative Design*) и внедрение 3D-печати металлом и полимерными композитами для создания облегченных кронштейнов.

6. Совершенствование системы управления и авионики (Flight Control System — FCS) Внедрение адаптивных законов управления и нейросетевых фильтров шумов МЭМС-датчиков. Переход на резервированные вычислители (*Dual/Triple Redundancy*) и протоколы передачи данных повышенной надежности (*AFDX/Ethernet, CAN FD*).

7. Интеграция целевого оборудования и улучшение характеристик полезной нагрузки Стабилизация тяжелых оптико-электронных систем (подвесы со стабилизацией по 3 осям). Улучшение охлаждения тепловизоров. Модификация отсека вооружения для увеличения номенклатуры применяемых средств поражения.

8. Повышение автономности и отказоустойчивости через ИИ и дублирование систем Установка модулей аппаратной акселерации нейросетей (*NPU*) для компьютерного зрения (*Obstacle Avoidance*). Реализация концепции безопасных отказов (*Fail-Operational/Fail-Safe*) при потере датчиков ГНСС или каналов связи.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	1. Основы методологии модернизации БПЛА и анализ жизненного цикла
ПЗ 2	2. Аэродинамическое совершенствование планера и несущих поверхностей
ПЗ 3, 4	3. Модернизация силовой установки и систем энергопотребления
ПЗ 5	4. Развитие бортовых источников питания и управление энергопотоками
ПЗ 6, 7	5. Уменьшение массы конструкции за счет применения композиционных материалов
ПЗ 8	6. Совершенствование системы управления и авионики (Flight Control System — FCS)

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. Основы методологии модернизации БПЛА и анализ жизненного цикла	ПЗ	Метод кейсов	75
2	2. Аэродинамическое совершенствование планера и несущих поверхностей	Л	Лекция-ситуация	25
3	3. Модернизация силовой установки и систем энергопотребления	ПЗ	Метод кейсов	75
4	4. Развитие бортовых источников питания и управление энергопотоками	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	5. Уменьшение массы конструкции за счет применения композиционных материалов	Л	Мозговой штурм	50
6	6. Совершенствование системы управления и авионики (Flight Control System — FCS)	ПЗ	Метод кейсов	75
7	7. Интеграция целевого оборудования и улучшение характеристик полезной нагрузки	ПЗ	Метод кейсов	75
8	8. Повышение автономности и отказоустойчивости через ИИ и дублирование систем	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. Основы методологии модернизации БПЛА и анализ жизненного цикла	1, 2	1, 3, 5
2	2. Аэродинамическое совершенствование планера и несущих поверхностей	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	3. Модернизация силовой установки и систем энергопотребления	7, 8, 9	3, 4, 5
4	4. Развитие бортовых источников питания и управление энергопотоками	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	5. Уменьшение массы конструкции за счет применения композиционных материалов	14, 15, 16	3, 4, 5
6	6. Совершенствование системы управления и авионики (Flight Control System — FCS)	17, 18	2, 3, 5
7	7. Интеграция целевого оборудования и улучшение характеристик полезной нагрузки	19-25	1, 3, 5
8	8. Повышение автономности и отказоустойчивости через ИИ и дублирование систем	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Аэродинамическое совершенствование крыла БПЛА. Применение винглетов и законцовок размаха (винглеты, sharklets) для снижения индуктивного сопротивления: расчет эффективности на крейсерском режиме.

2. Топологическая оптимизация силовых элементов планера. Использование алгоритмов генеративного дизайна (*Generative Design*) для облегчения кронштейнов крепления двигателей без потери жесткости.

3. Модернизация системы управления полетом (*Flight Controller*). Переход с архитектуры 8-битных контроллеров на 32-битные процессоры с аппаратной поддержкой вычислений с плавающей точкой (*FPU*) для реализации сложных фильтров Калмана.

4. Применение нейросетевых фильтров для обработки данных МЭМС-сенсоров. Замена классического фильтра Калмана рекуррентными сетями (*LSTM/GRU*) для более точного предсказания дрейфа гироскопов.

5. **Электрификация силовой установки*. Сравнительный анализ замены ДВС на электродвигатель в существующем корпусе: перерасчет центровки, теплового режима и времени полета.

6. **Использование воздушных винтов изменяемого шага (Variable Pitch Propeller)*. Повышение КПД ВРХ (винтомоторной группы) на переходных режимах полета (вертикальный взлет — горизонтальный полет).

7. Внедрение гибридных силовых установок для увеличения радиуса действия. Анализ схем последовательного и параллельного гибрида применительно к средневысотным БПЛА большой продолжительности полета (*MALE*).

8. Совершенствование аккумуляторных батарей: переход на Li-S или твердотельные технологии. Оценка рисков возгорания при повышении удельной энергоемкости и методы активного термостатирования ячеек.

9. Система рекуперации энергии при снижении БПЛА самолетного типа. Механическая или электрическая передача крутящего момента от набегающего потока на генератор для подзарядки АКБ.

10. **Оптимизация архитектуры шины распределения питания (Power Bus)*. Переход на повышенное напряжение (HV Batteries/Solar) для снижения массы кабельной сети планера.
11. Уменьшение эффективной площади рассеяния (ЭПР) БПЛА за счет геометрии. Проектирование «безхвостых» схем (*Flying Wing, Blended Wing Body*) для снижения заметности в РЛС-диапазоне.
12. **Применение радиопоглощающих покрытий (RAM - Radar Absorbent Material)*. Технология нанесения ферритовых пленок на композитный корпус коммерческого дрона для его конвертации в разведывательный.
13. Адаптивное крыло и активная механизация. Управление пограничным слоем (*сдув/отсос*) для предотвращения сваливания на низких скоростях при выполнении задач ISR (*Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*).
14. **Повышение точности позиционирования до сантиметров (RTK/PPP)*. Интеграция второго приемника ГНСС и базовой станции в бортовую сеть для выполнения агротехнических миссий.
15. **Автономная навигация в условиях отсутствия ГНСС (GNSS-denied)*. Визуально-инерциальная одометрия (VIO) на базе стереокамеры и оптического потока для полетов внутри зданий или в каньонах.
16. Установка модулей аппаратной акселерации ИИ (*NPU/GPU*) на борту. Размещение вычислителя NVIDIA Jetson или Hailo-8 для запуска моделей YOLOv8 непосредственно во время полета (Edge AI).
17. Усовершенствование систем сброса полезной нагрузки. Разработка механизма высокоточного десантирования грузов с парашютом, управляемым по системе сотовой связи (*Cellular Controlled Recovery*).
18. Улучшение характеристик целевого оборудования: стабилизация тяжелых камер. Расчет моментов инерции трехосевого подвеса (*Gimbal*) и выбор моментных двигателей для компенсации высокочастотной вибрации моторов.
19. **Концепция безопасных отказов (Fail-Operational / Fail-Safe)*. Реализация тройного резервирования датчиков (гироскопы, акселерометры, магнитометры) с голосованием мажоритарной логики (*Triple Modular Redundancy*).
20. Разработка противообледенительной системы (ПОС) для крыльев БПЛА. Сравнение методов: пневматические ботинки, электроимпульсный нагрев кромок и гидрофобные нанопокрывтия для малых высот.

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. Основы методологии модернизации БПЛА и анализ жизненного цикла	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
2	2. Аэродинамическое совершенствование планера и несущих поверхностей	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
3	3. Модернизация силовой установки и систем энергопотребления	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
4	4. Развитие бортовых источников питания и управление энергопотоками	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
5	5. Уменьшение массы конструкции за счет применения композиционных материалов	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
6	6. Совершенствование системы управления и авионики (Flight Control System — FCS)	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
7	7. Интеграция целевого оборудования и улучшение характеристик полезной нагрузки	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2

8	8. Повышение автономности и отказоустойчивости через ИИ и дублирование систем	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
---	---	----	----	-----	--

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. Аэродинамический расчет законцовок крыла. По предоставленной 3D-модели БПЛА самолетного типа рассчитать снижение индуктивного сопротивления при установке винглетов высотой 15% от размаха, используя формулы теории несущей линии.

2. Топологическая оптимизация кронштейна двигателя. В САПР (SolidWorks Simulation или аналоги) выполнить генерацию облегченной формы переходника «луч рамы — мотормаунт» с сохранением запаса прочности не менее 2.0 при полетных перегрузках +6g.

3. Пересчет центровки после модернизации. Исходный БПЛА имел носовой ДВС. После замены на электромотор (легче на 400 г) и установку АКБ в хвосте сместился центр тяжести. Рассчитать массу балансировочного груза для восстановления оптимальной центровки (25% САХ).

4. Подбор винта изменяемого шага (*Variable Pitch*). Для заданной мощности электродвигателя и профиля полета (вертикальный взлет -> быстрый горизонтальный рывок) подобрать углы установки лопастей для каждого режима, чтобы КПД оставался выше 0.7.

5. Проектирование системы рекуперации энергии. Разработать кинематическую схему подключения ветвей воздушных винтов к микро-генератору через обгонную муфту для подзарядки батареи при планировании БПЛА.

6. Моделирование теплового режима АКБ. Построить тепловой профиль литий-полимерной сборки при токе разряда 5С в условиях замкнутого отсека фюзеляжа. Предложить геометрию каналов принудительного охлаждения.

7. **Оптимизация архитектуры шины питания (Power Bus)*. Пересчитать сечение силовых кабелей при переходе бортового напряжения с 12В (Li-Po 3S) на 48В (Li-Po 12S) для передачи той же мощности, оценить экономию массы меди.

8. **Расчет ЭПР (эффективной площади рассеяния)*. Оценить изменение радиолокационной заметности квадрокоптера при замене выступающих антенн радиосвязи на интегрированные в лучи рамки скрытого монтажа.

9. Настройка фильтра Калмана на нейросетевом датчике. Используя сырые данные гироскопа с высокой шумностью, реализовать скрипт фильтрации (Python/Matlab), сравнив классический EKF и LSTM-сеть по уровню дрожания сигнала.

10. Интеграция модуля RTK-позиционирования. Составить электрическую схему подключения платы *RTK Facet* или аналога к полетному контроллеру Pixhawk через протокол UART, указав необходимость заземления антенны.

11. Разработка алгоритма автономной посадки без ГНСС. Написать псевдокод логики работы автопилота, использующего камеру вниз (*Optical Flow*) и лидар для поиска контрастной метки Н-падинг на посадочной площадке.

12. *Программная реализация компьютерного зрения (*Onboard AI*). Настроить модель YOLOv8n на микрокомпьютере Jetson Nano для детекции проводов ЛЭП в видеопотоке с курсовой камеры с частотой не ниже 15 FPS.
13. *Балансировка трехосевого подвеса. По паспортным данным тяжелой кинокамеры (вес, габариты, расположение центра масс) рассчитать требуемые моменты удержания (*Holding Torque*) для моторов Roll/Pitch/Yaw.
14. Анализ отказоустойчивости Failsafe-процедур. Смоделировать сценарий одновременного отказа компаса и одного GPS-модуля на тандемном коптере. Описать алгоритм перехода в режим стабилизации только по инерциальной системе (*Dead Reckoning*).
15. *Проектирование противообледенительной системы (ПОС). Рассчитать потребляемую мощность электроимпульсного нагревателя передней кромки крыла площадью 0.5 м² для удаления льда толщиной 3 мм при температуре -10°C за 5 минут.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

1. Аэродинамическое совершенствование БПЛА типа «летающее крыло». Анализ влияния геометрической крутки и S-образного профиля на обеспечение продольной устойчивости без использования горизонтального оперения.
2. Применение бионических принципов в проектировании планера. Использование структур птичьих костей (внутренние перегородки) для облегчения силовых элементов лучей рамы квадрокоптера при сохранении жесткости на кручение.
3. Топологическая оптимизация деталей, изготавливаемых методом 3D-печати металлом. Снижение массы узлов крепления крыла к центроплану тяжелых беспилотников за счет генеративного дизайна (*Generative Design*).
4. Модернизация системы управления полетом (*Flight Controller*) с использованием нейросетевых наблюдателей состояния. Замена классических фильтров Калмана рекуррентными сетями (*LSTM*) для оценки углов ориентации по зашумленным данным МЭМС-датчиков.
5. *Совершенствование алгоритмов предотвращения столкновений (*Obstacle Avoidance*) на основе данных лидаров. Реализация метода *Voxel Trails* или *Ego-Trajectory Hypothesis* для высокоскоростных полетов в плотной городской застройке.
6. Гибридизация силовой установки: интеграция ДВС-генератора и аккумуляторной батареи. Расчет оптимальной емкости АКБ для компенсации пиковых нагрузок при маневрировании БПЛА самолетного типа вертикального взлета (*VTOL*).
7. Повышение энергоэффективности винтомоторной группы (*ВМГ*). Применение саблевидных винтов из композитных материалов и соосной схемы расположения для компенсации реактивного момента и увеличения тяги.
8. Усовершенствование систем энергоснабжения: применение водородно-воздушных топливных элементов. Особенности хранения сжатого водорода на борту и организация системы отвода тепла от ячеек ТЭ.
9. Разработка противообледенительной системы (ПОС) для крыльев малых БПЛА. Сравнение эффективности пневматических резиновых протекторов и электроимпульсного метода удаления льда с передней кромки.
10. *Адаптивное крыло: внедрение механизации с изменяемой кривизной (*морфинг*). Технологии использования «умных» композитов (сплавы с памятью формы — *SMA*) для автоматической оптимизации профиля под скорость полета.
11. *Совершенствование целевого оборудования: гиростабилизированные платформы для РЛС с синтезированной апертурой (*SAR*). Методы подавления вибраций моторов ВРД, передающихся на антенный блок во время съемки.
12. *Увеличение пропускной способности канала связи (*C2 Link*) через использование фазированных антенных решеток (*ФАР*). Механизмы электронного сканирования луча для удержания связи с быстро маневрирующим дроном.
13. *Когнитивное радио (*Cognitive Radio*) для защиты каналов управления от средств РЭБ. Алгоритмы спектрального анализа и мгновенной перестройки частоты (*Frequency Hopping*) при обнаружении помех.

14. *Улучшение характеристик оптико-электронных систем (ОЭС) за счет активного охлаждения матриц. Применение микрохолодильников Пельтье или жидкостных контуров для снижения теплового шума CMOS-сенсоров при ночной съемке.

15. *Концепция роевого взаимодействия (Swarm Intelligence) как способ усовершенствования одиночного аппарата. Перераспределение вычислительных задач между членами группы (распределенное зрение SLAM) для повышения автономности каждого узла.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Раскройте сущность процесса модернизации БПЛА. В чем принципиальное отличие «усовершенствования» от планового технического обслуживания (ТО) и ремонта?
2. Опишите методы аэродинамического совершенствования планера. Как установка винглетов или изменение геометрической крутки крыла влияет на индуктивное сопротивление и дальность полета?
3. Бионический подход в проектировании: приведите примеры заимствования конструкций у природы (кости птиц, акуля кожа) для облегчения и укрепления элементов рамы дрона.
4. Что такое топологическая оптимизация (*Generative Design*)? Как аддитивные технологии (3D-печать металлом/композитом) позволяют реализовать детали сложной формы, недоступные для фрезерования?
5. Охарактеризуйте процесс электрификации силовых установок.* С какими проблемами центровки и теплового режима сталкивается инженер при замене ДВС на электродвигатель в существующем корпусе БПЛА?
6. Преимущества воздушных винтов изменяемого шага (*Variable Pitch*). Почему их применение критически важно для аппаратов схемы VTOL (вертикальный взлет и посадка)?
7. Пути повышения энергоэффективности винтомоторной группы (ВМГ). Объясните физический смысл использования соосных схем расположения пропеллеров.
8. Совершенствование систем энергоснабжения: водородные топливные элементы против литий-полимерных батарей. Особенности хранения топлива и управления тепловыделением ТЭ на борту.
9. Разработка противообледенительных систем (ПОС) для малых высот. Сравните пневматические протекторы и электроимпульсный метод удаления льда с кромок крыльев.
10. Концепция адаптивного крыла (морфинг). Какие современные материалы (сплавы с памятью формы — SMA, пьезокерамика) используются для изменения геометрии профиля в полете?
11. Усовершенствование системы управления полетом (FC). Как внедрение нейросетевых фильтров (*LSTM*) улучшает оценку углов ориентации по сравнению с классическим расширенным фильтром Калмана (*EKF*)?
12. Алгоритмы предотвращения столкновений (*Collision Avoidance*) для высокоскоростных полетов. В чем преимущество данных лидара перед оптическим потоком при движении в условиях плохой видимости?
13. Методы снижения радиолокационной заметности (ЭПР) беспилотного аппарата. Как геометрия «летающее крыло» и радиопоглощающие покрытия (*RAM*) влияют на обнаруживаемость БПЛА?
14. Улучшение характеристик канала связи (*C2 Link*) с помощью фазированных антенных решеток (ФАР). Принцип электронного сканирования луча без механического поворота антенны.
15. Когнитивное радио (*Cognitive Radio*) как средство защиты от средств РЭБ. Опишите алгоритм мгновенной перестройки частоты (*Frequency Hopping*) при обнаружении помехи.
16. Усовершенствование целевого оборудования: стабилизация тяжелых подвесов для РЛС или лидаров. Как компенсируются вибрации двигателей внутреннего сгорания, передающиеся на полезную нагрузку?
17. Повышение качества аэрофотосъемки за счет активного охлаждения матриц ОЭС. Зачем охлаждать CMOS-сенсоры при ночной инфракрасной съемке и какие методы охлаждения применяются?

18. Интеграция модулей RTK/PPP в бортовую сеть. Как аппаратная коррекция сигналов ГНСС сантиметровой точности меняет алгоритмы работы автопилота при посадке?
19. Автономная навигация в зонах отсутствия ГНСС (*GNSS-denied*). Как визуально-инерциальная одометрия (*VIO*) позволяет дрону строить карту местности одновременно с определением своего положения (*SLAM*)?
20. Роевое взаимодействие (*Swarm Intelligence*) как способ усовершенствования возможностей одиночного аппарата. Перечислите преимущества распределенного вычисления задач *SLAM* между несколькими БПЛА группы.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется процесс снижения массы конструкции БПЛА за счет создания деталей сложной внутренней геометрии, недоступной для традиционного фрезерования? а) Литье под давлением; б) Топологическая оптимизация (*Generative Design*); в) Штамповка; г) Механическая обработка. **Правильный ответ: б)**

2. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой тип силовой установки объединяет двигатель внутреннего сгорания (ДВС), работающий как генератор, и аккумуляторную батарею для питания электромоторов? а) Турбореактивный двигатель; б) Гибридная электрическая установка; в) Поршневой двигатель прямого привода; г) Ракетный ускоритель. **Правильный ответ: б)**

3. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Для чего применяются сплавы с памятью формы (*SMA*) в усовершенствовании крыла беспилотника? а) Для увеличения радиолокационной заметности; б) Для изменения кривизны профиля крыла в полете (морфинг); в) Для охлаждения аккумулятора; г) Для усиления прочности шасси при ударе. **Правильный ответ: б)**

4. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В чем заключается основное преимущество использования фазированных антенных решеток (ФАР) по сравнению с механическими антеннами на наземной станции управления? а) ФАР дешевле в производстве; б) Возможность электронного сканирования луча без движущихся частей; в) ФАР не требуют электропитания; г) ФАР работают только на низких частотах. **Правильный ответ: б)**

5. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой метод усовершенствования позволяет дрону продолжать полет и строить карту местности при полном отсутствии сигналов ГНСС (*GPS/ГЛОНАСС*)? а) Увеличение мощности передатчика видеосвязи; б) Визуально-инерциальная одометрия (*VIO*) и *SLAM*; в) Установка более мощного пропеллера; г) Использование парашютной системы спасения. **Правильный ответ: б)**

6. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие аэродинамические элементы устанавливаются на законцовки крыла для снижения индуктивного сопротивления и повышения дальности полета? а) Закрылки; б) Предкрылки; в) Винглеты / Законцовки *Шренка*; г) Интерцепторы. **Правильный ответ: а), в)**

7. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие методы используются для защиты каналов связи (*C2 Link*) от средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ)? а) Увеличение

длины антенны; б) Псевдослучайная перестройка рабочей частоты (*Frequency Hopping*); в) Снижение мощности передачи; г) Когнитивное радио (*Cognitive Radio*). **Правильный ответ: б), г)**

8. На установление последовательности

Укажите правильную последовательность этапов модернизации винтомоторной группы (ВМГ):

1. Тестирование тяги нового винта на стенде;
2. Подбор мотора с большим значением KV;
3. Анализ логов падения напряжения старой батареи под нагрузкой;
4. Калибровка регуляторов оборотов (ESC). **Правильный ответ: 3-2-4-1**

9. На установление соответствия

Установите соответствие между типом усовершенствования и его результатом:

Метод	Результат
А) Активное охлаждение ИК-матрицы	1) Снижение теплового шума и повышение четкости ночной съемки
Б) Применение RTK-модуля	2) Повышение точности навигации до сантиметров
В) Нанесение RAM-покрытия	3) Снижение эффективной площади рассеяния (ЭПР)

Правильный ответ: А – 1, Б – 2, В – 3

10. На установление соответствия

Установите соответствие между проблемой и решением по усовершенствованию:

Проблема	Решение
А) Дрейф гироскопа в полете	1) Замена классического фильтра Калмана на LSTM-сеть
Б) Вибрация камеры на подвесе	2) Установка демпферов повышенной жесткости или активный подвес
В) Обледенение кромки крыла	3) Электроимпульсная ПОС

Правильный ответ: А – 1, Б – 2, В – 3

11. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Технология печати металлических деталей сложной формы для облегчения рамы дрона. **Правильный ответ:** аддитивные технологии (или 3d печать металлом)

12. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Метод защиты канала связи, заключающийся в мгновенной смене частоты передатчиком по заданному алгоритму. **Правильный ответ:** псевдослучайная перестройка

13. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Что такое «когнитивное радио» (*Cognitive Radio*) в контексте усовершенствования БПЛА? Какую задачу оно решает при воздействии помех? **Правильный ответ:** интеллектуальная система связи, способная анализировать радиоэфир и автоматически переключаться на свободные частоты для обхода преднамеренных помех (рэб).

14. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Объясните принцип работы визуально-инерциальной одометрии (VIO). Почему она считается критическим усовершенствованием для полетов в помещениях? **Правильный ответ:** слияние данных со зрительной сенсора (камеры) и инерциального модуля (imu) для оценки перемещения без использования спутниковых сигналов.

15. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В чем заключается концепция «морфинга» крыла и какие материалы позволяют реализовать изменение геометрии профиля в реальном времени? **Правильный ответ:** способность планера изменять свою форму в полете; реализуется через композиты с памятью формы, пьезоэлементы или умные полимеры.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Беспилотные летательные аппараты. От устройства до выбора профессии. 10–11 классы : базовый уровень : учебное пособие / Г. А. Антонов, Л. А. Захаров, О. Д. Калачев [и др.]. — Москва : Просвещение, 2026. — 160 с. — ISBN 978-5-09-133344-2. — Текст : электронный // ЭБС Знаниум : [сайт]. — URL: znanium.ru

2. Антонов, А. А. Беспилотные летательные аппараты : учебное пособие для СПО / А. А. Антонов. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 112 с. — ISBN 978-5-507-54864-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: lanbook.com

7.2. Дополнительная литература

3. Моисеев, В. С. Беспилотные летательные аппараты: Отечественная история создания и современная классификация : препринт / В. С. Моисеев. — Казань : РИЦ «Школа», 2022. — 40 с. — Текст : непосредственный.

4. Рузняев, Е. С. Зарубежные беспилотные летательные аппараты военного назначения / Е. С. Рузняев. — Текст : непосредственный // Матрица научного познания. — 2022. — № 6-2. — С. 42–47.

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 «Усовершенствование беспилотного летательного аппарата» 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

Усовершенствование беспилотного летательного аппарата

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)