

Рабочая программа учебной дисциплины

Технология и средства испытаний беспилотных воздушных средств

(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)	22
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (54)

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 «Технология и средства испытаний беспилотных воздушных средств» входит в «Обязательную часть» 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)):

ПК-1. Способен к осуществлению инженерного сопровождения предполетной подготовки воздушных судов, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС

Дескрипторы Универсальных компетенций:

ПК-1.1. Способен к осуществлению инженерного сопровождения предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов.

ПК-1.2. Способен к осуществлению инженерного сопровождения технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС.

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)
	ПК-1.1. Способен к осуществлению инженерного сопровождения предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов. ПК-1.2. Способен к осуществлению инженерного сопровождения технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС.	Знает: ИД 1 ПК-1.1 Порядок и методы инженерного сопровождения предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ПК-1.2 Содержание инженерного сопровождения технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ПК-1.1 Осуществлять инженерное сопровождение предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ПК-1.2 Осуществлять инженерное сопровождение технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ПК-1.1 Применения методов и средств инженерного

		сопровождения предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ПК-1.2 Обеспечения инженерного сопровождения технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС (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	Метеорологическое обеспечение	
2	Информационные технологии	
3	Надежность авиационной техники	

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	Тема 1. Введение. Организация испытаний БАС	4	2		2	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
2	Тема 2. Нормативно- техническая база и стандарты испытаний	6	2	2	2	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
3	Тема 3. Наземные испытания конструкции и систем	6	2	2	2	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
4	Тема 4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) и помехозащищенность	10	2	4	4	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
5	Тема 5. Силовые установки и энергосистемы: стендовые испытания	6	2	2	2	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
6	Тема 6. Летно- конструкторские испытания (ЛКИ): аэродинамика и устойчивость	6	2		4	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
7	Тема 7. Навигационные системы, сенсоры и автономное управление	10	2	4	4	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
8	Тема 8. Комплексные функциональные испытания и оценка эффективности	6	2	2	2	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		54				
Итого		108	16	16	22	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Организация процесса испытаний БАС

- **Содержание:** Цели и задачи испытаний. Классификация видов испытаний (заводские, государственные, квалификационные). Роль разработчика, изготовителя и центров сертификации. Жизненный цикл БВС с точки зрения подтверждения соответствия требованиям к летной годности.

- **Ключевые понятия:** Программа испытаний (ПИ), методика проведения испытаний (МПИ), натурный эксперимент, макетирование.

Тема 2. Нормативно-техническая база и стандарты испытаний

- **Содержание:** Структура Aviационных правил (АП-23, АП-25 для опционально пилотируемых ВС; специфические нормы для БАС — например, ФАП-273 или зарубежные аналоги Part 23/107). Требования Росавиации и ИКАО к документации. Методы оценки соответствия (МОС).

- **Ключевые понятия:** Сертификационный базис, доказательная документация, комплаенс-чек (Compliance Check).

Тема 3. Наземные испытания конструкции и систем

- **Содержание:** Статические испытания планера на прочность (нагружение крыльев, фюзеляжа, шасси). Испытания на усталость и живучесть (Damage Tolerance). Проверка работы бортовых систем без отрыва от земли (LRI — Low Rate Initial Testing).

- **Ключевые понятия:** Тензометрия, предельная эксплуатационная нагрузка, остаточная прочность, виброиспытания.

Тема 4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) и помехозащищенность

- **Содержание:** Методы проверки устойчивости каналов связи C2 (Command and Control) к внешним радиопомехам. Тестирование антенно-фидерных устройств. Оценка влияния молниевых разрядов на авионику. Совместимость полезной нагрузки (радиолокаторов, лидаров) с системами управления.

- **Ключевые понятия:** Экранированная камера (безэховая камера), напряженность поля, восприимчивость (Susceptibility).

Тема 5. Силовые установки и энергосистемы: стендовые испытания

- **Содержание:** Особенности тестирования электромоторов, ДВС и гибридных установок для БВС. Замер статической тяги винтов и импеллеров. Ресурсные тесты аккумуляторных батарей (разряд-заряд циклирование, тепловая деградация). Пожаробезопасность АКБ.

- **Ключевые понятия:** Удельная мощность, КПД винтомоторной группы, токоотдача (C-rate), термостатирование.

Тема 6. Летно-конструкторские испытания (ЛКИ): аэродинамика и устойчивость

- **Содержание:** Первый вылет («First Flight»). Снятие балансировочных кривых. Определение характеристик устойчивости и управляемости (V-модель полета). Оценка сваливания и штопорных характеристик. Полеты на определение максимальной скорости ($V_{\max}$) и потолка.

- **Ключевые понятия:** Центровка, фокус самолета, V-диаграмма (диаграмма ограничений), углы атаки.

Тема 7. Навигационные системы, сенсоры и автономное управление

- **Содержание:** Методика калибровки магнитометров и акселерометров. Оценка точности позиционирования GNSS (RTK/PPK режимы). Испытания систем машинного зрения, обхода препятствий (Detect-and-Avoid) и посадки по рельефу местности. Отработка миссий Swarming (рой дронов).

- **Ключевые понятия:** Инерциальная навигационная система (ИНС), дрейф нуля, геофенсинг (Geofencing), отказоустойчивость алгоритмов.

Тема 8. Комплексные функциональные испытания и оценка эффективности

- **Содержание:** Испытания целевого оборудования (фотограмметрия, доставка грузов, мониторинг ЛЭП). Оценка времени барражирования (Endurance) и дальности связи BVLOS.

Климатические испытания (работа при экстремальных температурах, обледенение, высокая влажность). Подготовка финального отчета о результатах испытаний.

- **Ключевые понятия:** Коэффициент готовности, надежность выполнения миссии (Mission Success Rate), метеоминимум.

3.2. Содержание практического блока дисциплины Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение. Организация процесса испытаний БАС
ПЗ 2	Тема 2. Нормативно-техническая база и стандарты испытаний
ПЗ 3, 4	Тема 3. Наземные испытания конструкции и систем
ПЗ 5	Тема 4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) и помехозащищенность
ПЗ 6, 7	Тема 5. Силовые установки и энергосистемы: стендовые испытания
ПЗ 8	Тема 6. Летно-конструкторские испытания (ЛКИ): аэродинамика и устойчивость

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	Тема 1. Введение. Организация процесса испытаний БАС	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Нормативно-техническая база и стандарты испытаний	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Наземные испытания конструкции и систем	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) и помехозащищенность	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Силовые установки и энергосистемы: стендовые испытания	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Летно-конструкторские испытания (ЛКИ): аэродинамика и устойчивость	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Навигационные системы, сенсоры и автономное управление	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Комплексные функциональные испытания и оценка эффективности	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	Тема 1. Введение. Организация процесса испытаний БАС	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Нормативно-техническая база и стандарты испытаний	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Наземные испытания конструкции и систем	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) и помехозащищенность	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Силовые установки и энергосистемы: стендовые испытания	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Летно-конструкторские испытания (ЛКИ): аэродинамика и устойчивость	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Навигационные системы, сенсоры и автономное управление	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Комплексные функциональные испытания и оценка эффективности	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Методология разработки программ и методик испытаний (ПИ/МПИ) БАС Структура сертификационного базиса. Переход от требований Авиационных правил к конкретным полетным заданиям и точкам измерения.

2. Статические прочностные испытания планера БВС на универсальных нагружающих устройствах (УНУ) Техника крепления дронов в стапелях, применение силовозбудителей и тензодатчиков для проверки крыльев и фюзеляжа.

3. Наземная отработка каналов связи C2 (Command and Control) в безэховых камерах Оценка диаграмм направленности антенн, коэффициента усиления и устойчивости к многолучевому распространению сигнала.

4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) бортовой аппаратуры БАС Методика проверки восприимчивости навигационных приемников (GPS/ГЛОНАСС) к помехам от силовых кабелей электромоторов.

5. Испытания аккумуляторных батарей: климатические камеры и вибростенды Циклирование Li-Po/Li-Ion элементов при экстремальных температурах (-40°C до $+60^{\circ}\text{C}$). Оценка риска теплового разгона (Thermal Runaway).

6. Стендовые испытания винтомоторной группы (ВМГ): замер тяги и КПД Использование моторных стендов с шестикомпонентными тензовесами для снятия характеристик различных типов пропеллеров (нормальные, саблевидные, переменного шага).

7. Ресурсные испытания конструкции на усталость (Fatigue Testing) Применение метода предельных нагрузок («дожим» до разрушения) для определения безопасного ресурса соединений лучей коптера.

8. Летно-конструкторские испытания (ЛКИ): определение аэродинамических характеристик Метод тяговых разниц и метод снижения для расчета поляры Лилиенталя БВС в реальных атмосферных условиях.

9. Калибровка инерциальных измерительных модулей (IMU) и магнитометров Алгоритмы компенсации девиации компаса и температурного дрейфа гироскопов перед первым вылетом.

10. Оценка точности спутниковой навигации: RTK-позиционирование против PPP Полевые тесты времени сходимости решения и стабильности удержания позиции над контрольной точкой.

11. Испытания систем автоматического зависимого наблюдения-вещания (ADS-B Out) на малых высотах Проверка видимости гражданского дрона пилотируемой авиацией вблизи аэродромов класса C/G.

12. Тестирование алгоритмов Detect-and-Avoid (DAA) и уклонения от столкновений Симуляция конфликтных ситуаций в симуляторах (SITL/HIL) и натурные полеты навстречу радиоуправляемым моделям-мишеням.

13. Испытания полезной нагрузки: метрологическая аттестация оптико-электронных систем (ОЭС) Оценка разрешения камер, точности лазерных сканеров (LiDAR) и качества термограмм при аэрофотосъемке.

14. Климатические испытания БАС на обледенение и воздействие осадков Работа винтов и датчиков машинного зрения в условиях искусственного дождя, снега и тумана в климатических установках.

15. Отработка посадки на подвижное судно или движущийся автомобиль Анализ динамики захвата цели системой управления при относительной скорости платформы более 101010 м/с.

16. Проверка электромагнитной заметности (Stealth/Bistatic RCS) военных БЛА Методы измерения эффективной площади рассеяния (ЭПР) объекта в сантиметровом диапазоне длин волн.

17. Акустические испытания (шумометрия) мультироторных БВС Измерение уровня звукового давления в контрольных точках на земле согласно нормам ИКАО для городской воздушной мобильности (UAM).

18. HIL/SITL-симуляции (Hardware-in-the-Loop / Software-in-the-Loop) как средство удешевления испытаний Замена реального полета математической моделью динамики аппарата для отладки прошивок автопилота (PX4/ArduPilot).

19. Анализ записей регистраторов полетных данных (LOG-файлов) после испытательного полета Инструменты MavExplorer/PyPlot для выявления аномалий вибрации моторов и просадок напряжения питания под нагрузкой.

20. Оценка надежности выполнения миссии (Mission Success Rate) при групповом применении (Swarming) Статистический анализ отказоустойчивости Mesh-сети роя дронов при выходе из строя отдельных узлов ретрансляции.

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 контролирующих 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	Тема 1. Введение. Организация процесса испытаний БАС	УО		ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
2	Тема 2. Нормативно-техническая база и стандарты испытаний	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
3	Тема 3. Наземные испытания конструкции и систем	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
4	Тема 4. Электромагнитная совместимость (ЭМС) и помехозащищенность	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
5	Тема 5. Силовые установки и энергосистемы: стендовые испытания	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
6	Тема 6. Летно-конструкторские испытания (ЛКИ): аэродинамика и устойчивость	УО		ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
7	Тема 7. Навигационные системы, сенсоры и автономное управление	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2

8	Тема 8. Комплексные функциональные испытания и оценка эффективности	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК-1.1 ИД 2 ПК-1.2 ИД 3 ПК-1.1 ИД 4 ПК-1.2 ИД 5 ПК-1.1 ИД 6 ПК-1.2
---	---	----	----	-----	--

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

Базовый уровень (обработка логов и первичные измерения)

Задание 1. Анализ вибрации двигателей по данным BlackBox Студенту предоставлен фрагмент LOG-файла (в формате .ulg или .bin) с данными гироскопа (IMU.Gyro.x/y/z). *Задача:* Построить график спектральной плотности мощности (FFT) для оси Z во время висения. Определить частоту основной гармоник вибрации в Гц. *Цель:* Навык использования инструментов анализа виброакустических характеристик (например, MavExplorer/PlotJuggler) для диагностики балансировки пропеллеров.

Задание 2. Оценка точности удержания позиции (Position Hold) Дан трек полета дрона над контрольной точкой длительностью 300 секунд в безветренную погоду. *Задача:* Рассчитать среднее отклонение (Mean Error) от центра точки и стандартное отклонение (σ) координат Lat/Lon/Lat/Lon/Lat/Lon. Сравнить результат с требованиями к субметровой точности. *Цель:* Статистическая оценка работы модулей RTK/GNSS.

Задание 3. Расчет эффективности ВМГ (Винтомоторной группы) Известно: напряжение батареи $U=22,2U = 22\{, \}2U=22,2$ В, ток потребления при висении $I=15I = 15I=15$ А, статическая тяга одного двигателя $T=650T = 650T=650$ грамм. *Задача:* Удельная мощность (г/Втг/Втг/Вт). Сделать вывод об энергоэффективности конфигурации. *Цель:* Применение формулы электрической мощности $P=U \cdot IP = U \cdot IP=U \cdot I$ для оценки КПД системы.

Задание 4. Определение времени барражирования (Endurance) Емкость аккумулятора $C=22\ 000C = 22\ 000C=22000$ мАч. Средний ток потребления в крейсерском полете $I_{avg}=8I_{\{avg\}} = 8I_{avg}=8$ А. Требуемый резерв энергии перед посадкой — 20%20%20%. *Задача:* Рассчитать чистое полетное время до автоматического возврата домой (RTL). *Цель:* Практический расчет дальности миссии исходя из энергобюджета.

Задание 5. Проверка срабатывания FailSafe по потере связи В логе зафиксирован момент потери пакетов C2 (Link Loss). *Задача:* Измерить временной интервал между событием Link Lost и началом выполнения процедуры Return to Launch (RTL). Соответствует ли он настройке таймаута в 3 секунды? *Цель:* Верификация настроек безопасности автопилота.

Средний уровень (анализ динамики и планирования миссий)

Задание 6. Реконструкция траектории посадки методом Dead Reckoning Условие: На высоте 50 метров произошел полный отказ GNSS-приемника. Известны данные инерциальной навигации (скорость VVV, курс ψ/ψ) последние 10 секунд до отказа. *Задача:* Математически оценить точку вероятного касания земли, если дрон перешел в режим стабилизации (Altitude Hold) без GPS. *Цель:* Понимание накопления ошибки ИНС при отсутствии внешней коррекции.

Задание 7. Расчет запаса высоты при авторотации (для БВС самолетного типа) Скорость сваливания $V_{stall}=12V_{\{stall\}} = 12V_{stall}=12$ м/с. При отказе двигателя пилот планирует под углом $\gamma=5^\circ\gamma = 5^\circ$. *Задача:* Какова минимальная высота (ННН), необходимая для совершения разворота на $180^\circ180^\circ$ к полосу без потери скорости ниже критической?

(Радиус разворота $R = V^2 / (g \cdot \tan \phi)$), где угол крена $\phi = 20^\circ$. *Цель:* Геометрическое построение безопасной зоны планирования.

Задание 8. Планирование фотограмметрического залета (Mission Planning) Требуется снять поле размером $500 \times 300 \times 500 \times 300$ метров. Фокусное объектива $f = 24 \text{ мм}$, размер матрицы $24 \times 1624 \times 1624 \times 16$ мм, разрешение $6000 \times 4000 \times 6000 \times 4000$ пикселей. Высота полета $H = 100 \text{ м}$. Перекрытие продольное 70%, поперечное 60%. *Задача:* Рассчитать количество проходов (галсов) и общее количество снимков. *Цель:* Проектирование параметров аэрофотосъемочной миссии.

Задание 9. Анализ температурного режима ESC В ходе ресурсного теста регуляторы хода (ESC) работали при температуре воздуха $+35^\circ\text{C}$. Датчики показали пиковую температуру радиатора 95°C . *Задача:* Согласно даташиту чипа, деградация начинается при 105°C . Вычислить запас по температуре и спрогнозировать MTBF компонента при повышении температуры воздуха до $+45^\circ\text{C}$ (правило "10 градусов"). *Цель:* Оценка надежности электроники через термодинамику.

Задание 10. Оценка влияния ветра на путевую скорость и расход энергии Курсовой угол сноса задан. Скорость дрона относительно воздуха (Airspeed) $= 15 \text{ м/с}$. Скорость ветра $W = 8 \text{ м/с}$ встречный. *Задача:* Рассчитать путевую скорость (Ground Speed) и процент увеличения тока потребления для поддержания воздушной скорости против такого ветра. *Цель:* Коррекция плана полета метеоусловиями.

Продвинутый уровень (тестирование автономности и комплексные задачи)

Задание 11. Верификация алгоритма SLAM по облаку точек LiDAR Предоставлено эталонное облако точек помещения и облако, полученное дроном в полете. *Задача:** Используя метрику ICP (Iterative Closest Point), вычислить среднеквадратичное отклонение (RMSE) позиционирования дрона относительно карты. *Цель:** Количественная оценка качества работы систем технического зрения.

Задание 12. Испытания канала связи BVLOS за препятствием (NLOS) Дрон скрывается за зданием высотой $h = 20 \text{ м}$ на расстоянии $d = 100 \text{ м}$ от пульта. *Задача:** Рассчитать дифракционный параметр Френеля (v_{Fov}) для частоты 2,42 ГГц. Определить ожидаемые потери сигнала (дБ) согласно модели ITU-R P.526. *Цель:** Прогнозирование зон радиомолчания при проектировании маршрутов.

Задание 13. Отказоустойчивость вычислителя (Single Event Upset — SEU) При моделировании космического излучения зафиксировано случайное изменение бита в переменной угла тангажа (Pitch) с 000 на экстремальное значение. *Задача:** Описать алгоритм фильтрации (Sanity Check), который должен применить контроллер, чтобы не дать команду на резкий маневр. Какие пределы изменения углов должны быть жестко прописаны? *Цель:** Разработка защитной логики ПО автопилота.

Задание 14. Тест Detect-and-Avoid (DAA): Time To Collision (TTC) Объект сближается с дроном со скоростью $V_{\text{rel}} = 10 \text{ м/с}$. Камера обнаруживает объект на расстоянии $L = 50 \text{ метров}$. *Задача:** Рассчитать оставшееся время до столкновения. Если тормозной путь дрона составляет 15 метров, успеет ли система уклонения инициировать маневр безопасно? *Цель:** Критерии принятия решений системами предотвращения столкновений.

Задание 15. Комплексный отчет о летном происшествии (Incident Report) Дан набор данных: резкое падение напряжения одной ячейки АКБ (Cell_Voltage_Drop), рост тока мотора, кратковременный провал телеметрии C2 и последующий краш. *Задача:** Составить цепочку причинно-следственных связей (Root Cause Analysis). Что было первопричиной: дефект ячейки, наводка на шину питания или ошибка пилота? *Цель:** Экспертиза авиационных инцидентов.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Темы для рефератов по дисциплине «Технология и средства испытаний беспилотных воздушных средств». Темы охватывают нормативно-правовую базу, методы наземной отработки, летные испытания систем автономного управления и специфику тестирования различных типов БВС.

1. Нормативно-правовое регулирование испытаний БАС в Российской Федерации Анализ актуальных Федеральных авиационных правил (ФАП), регулирующих экспериментальную авиацию и сертификацию дронов. Роль Росавиации и Авиарегистра.
2. Разработка программ и методик испытаний (ПИ/МПИ) беспилотных авиационных систем Структура доказательной документации. Определение целей испытаний, критериев приемки и методов оценки соответствия требованиям к летной годности.
3. Стендовые испытания прочности конструкций БВС: статика и ресурс Методы нагружения планера на универсальных испытательных стендах. Тензометрия и выявление усталостных трещин в элементах силового набора.
4. Наземная отработка системы управления полетом (СУП) с использованием HIL/SITL симуляторов Технология Hardware-in-the-Loop и Software-in-the-Loop для верификации прошивок автопилотов без риска потери материальной части.
5. Испытания каналов связи C2 (Command and Control): оценка дальности и помехоустойчивости Методика проведения рупорных тестов антенн, анализ зон Френеля и устойчивость к узкополосным и широкополосным радиопомехам (Jamming).
6. Электромагнитная совместимость (ЭМС) бортовой аппаратуры БАС Особенности совместного размещения полезной нагрузки (радиолокаторов, лидаров) и навигационного оборудования. Методы экранирования.
7. Климатические испытания энергосистем БВС: аккумуляторы и топливные элементы Тестирование Li-Ion/Li-Po батарей в термобарокамерах при низком давлении (высотность) и экстремальных температурах. Оценка риска теплового разгона.
8. Летно-конструкторские испытания аэродинамических характеристик БВС Методы определения поляры Лилиенталя в реальном полете (метод тяговых разниц). Расчет коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления.
9. Калибровка инерциальных измерительных модулей (IMU) и магнитометров Алгоритмы компенсации девиации компаса, температурного дрейфа гироскопов и акселерометров перед первым вылетом.
10. Методика летной проверки спутниковых навигационных систем (GNSS/RTK/PPK) Оценка точности позиционирования в кинематическом режиме. Тестирование времени захвата спутников и устойчивости решения RTK FIX.
11. Испытания систем автоматического взлета и посадки (ATOL — Automatic Takeoff and Landing) Верификация работы датчиков высоты (лидары, радары, сонары) над различными типами подстилающей поверхности (вода, трава, бетон).
12. Технология испытаний систем автономной навигации и обхода препятствий (DAA — Detect and Avoid) Натурные тесты сенсоров машинного зрения и ультразвуковых датчиков на полигоне. Оценка параметра Time To Collision (TTC).
13. Особенности испытаний конвертопланов и БВС вертикального взлета-посадки (VTOL) Специфика переходных режимов полета. Балансировка моментов при переходе из мультироторного режима в самолетный.
14. Акустические испытания (шумометрия) БВС мультироторного типа Измерение уровня звукового давления согласно стандартам ИКАО. Методы снижения шума за счет оптимизации шага винта и скорости вращения.
15. Анализ полетных данных (LOG-файлов) как средство послеполетной диагностики Использование инструментов MavExplorer/PyPlot для выявления аномалий вибрации моторов, просадок напряжения питания под нагрузкой и ошибок алгоритмов.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

Блок 1. Теоретические вопросы

1. Виды испытаний БАС Классификация: наземные (стендовые), летно-конструкторские, государственные сертификационные. Цели каждого этапа.
2. Программа и методика испытаний (ПИ/МПИ) Структура документа. Определение объектов испытаний, перечня измеряемых параметров и критериев успешного прохождения теста.

3. Нормативная база испытаний в РФ Основные положения ФАП-273 или ведомственных стандартов (например, требований Минобороны). Роль Авиарегистра.
4. Статические прочностные испытания планера Методика нагружения конструкции до расчетного предела. Применение тензометрии для замера деформаций.
5. Наземная отработка СУП с использованием HIL/SITL симуляторов Суть технологий Hardware-in-the-Loop и Software-in-the-Loop. Преимущества перед натурными полетами при отладке автопилота.
6. Испытания каналов связи C2 (Command and Control) Методы оценки дальности радиовидимости (LOS). Понятие энергетического бюджета линии связи (Link Budget).
7. Электромагнитная совместимость (ЭМС) бортовой аппаратуры Влияние полезной нагрузки (видеопередатчиков, лидаров) на работу спутниковых навигационных приемников (GNSS).
8. Климатические испытания энергосистем (АКБ) Особенности тестирования литий-полимерных аккумуляторов в термобарокамерах. Оценка деградации емкости при низких температурах.
9. Летное определение аэродинамических характеристик (поляры Лилиенталя) Методы тяговых разниц и метод снижения для расчета коэффициентов C_{yC_yC} и C_{xC_xC} в полете.
10. Калибровка инерциальных датчиков (IMU) Процедуры компенсации Hard Iron / Soft Iron эффектов для магнитометров и устранение смещения нуля гироскопов.
11. Оценка точности GNSS-позиционирования (RTK/PPK) Понятие времени сходимости решения. Различия между режимами FLOAT и FIX.
12. Методика первого вылета («First Flight») Чек-листы предполетной подготовки. Зоны безопасности и критерии немедленного прекращения полета (Abort criteria).
13. Испытания систем автоматической посадки (ATOL) Тестирование работы сенсоров высоты (лидары, радары, сонары) над различными типами подстилающей поверхности.
14. Технология испытаний систем Detect-and-Avoid (DAA) Оценка параметра Time To Collision (TTC). Натурные тесты уклонения от динамических препятствий.
15. Особенности испытаний VTOL-БВС (конвертопланов) Специфика переходных режимов полета. Балансировка моментов при переключении из коптерного режима в самолетный.
16. Акустические испытания (шумометрия) мультироторных БВС Измерение уровня звукового давления согласно стандартам ИКАО. Методы снижения шума винтомоторной группы.
17. Анализ отказоустойчивости системы питания Расчет надежности при последовательном соединении элементов (отказ одного АКБ ведет к крашу всей цепи).
18. Послеполетный анализ данных (LOG-файлов) Использование инструментов MavExplorer/PyPlot для диагностики аномалий вибрации моторов и просадок напряжения под нагрузкой.
19. Ресурсные испытания механизмов складывания (для транспортных БВС) Циклические тесты на усталость шарниров и сервоприводов трансформации крыла.
20. Оценка эффективности целевой миссии (Mission Success Rate) Количественный показатель надежности выполнения задачи (доставка груза, аэрофотосъемка) с учетом внешних факторов.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Инструкция: Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.

1. Какой метод неразрушающего контроля является основным для выявления усталостных трещин в металлических валах роторов БВС? а) Ультразвуковой; б) Магнитопорошковый; в) Радиографический; г) Тепловизионный. *Правильный ответ: б)*
2. Как называется процесс проверки работоспособности автопилота путем подачи сигналов от симулятора полета на вход контроллера, при этом моторы остаются отключенными? а) Пролет миссии; б) HIL-тестирование (Hardware-in-the-Loop); в) Холодная прокрутка; г) Виброиспытания. *Правильный ответ: б)*

3. Что измеряет параметр RSSI при испытаниях канала связи C2? а) Скорость передачи данных; б) Уровень принимаемого сигнала (Received Signal Strength Indicator); в) Количество потерянных пакетов; г) Задержку сигнала (Latency). *Правильный ответ: б)*

4. При каком значении числа Маха (МММ) начинаются трансзвуковые испытания аэродинамики БВС? а) $M < 0,3$; $0,3 < M < 0,8$; б) $M \approx 0,8 \dots 1,2$; в) $M > 1,2$; г) $M = 2,0$. *Правильный ответ: б)*

5. Какой документ фиксирует факт успешного завершения этапа наземной отработки перед первым вылетом? а) Акт взвешивания; б) Карта контрольных проверок (Check-list) с отметкой о допуске к ЛКИ; в) Сертификат качества материала; г) Технический паспорт аккумулятора. *Правильный ответ: б)*

Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Инструкция: Выберите два правильных ответа.

6. Какие два метода используются для калибровки магнитометра (компаса) дрона на земле? а) Hard Iron calibration; б) Soft Iron calibration; в) Калибровка акселерометра по шести точкам; г) Балансировка пропеллеров. *Правильный ответ: а), б)*

7. Укажите две основные цели проведения ресурсных (усталостных) испытаний планера БВС: а) Определение максимальной скорости полета; б) Выявление накопления микротрещин после многократного нагружения; в) Подтверждение расчетного срока службы конструкции (Life limit); г) Измерение тяги двигателей. *Правильный ответ: б), в)*

8. Какие параметры обязательно анализируются в полетном логе (LOG-файле) после первого вылета для оценки надежности? а) Напряжение каждой ячейки АКБ под нагрузкой; б) Уровень вибрации моторов (IMU Vibe); в) Цвет корпуса аппарата; г) Имя пилота в системе управления. *Правильный ответ: а), б)*

9. Какие виды климатических испытаний проходят аккумуляторные батареи БВС? а) Циклирование заряда-разряда при $-20^{\circ}\text{C} \dots +20^{\circ}\text{C}$; б) Тест на тепловой разгон (Thermal Runaway) в камере сгорания; в) Испытание на герметичность под водой; г) Проверка цвета изоляции проводов. *Правильный ответ: а), б)*

10. Какие системы относятся к средствам объективного контроля испытательного процесса? а) Наземная станция управления (GCS); б) Высокоскоростные камеры фиксации отделения элементов; в) Бортовой регистратор параметров полета («Черный ящик»); г) Метеостанция на полигоне. *Правильный ответ: б), в)*

На установление последовательности (5 вопросов)

Инструкция: Укажите правильную последовательность действий или этапов.

11. Расположите этапы подготовки к натурному летному испытанию:

1. Первый вылет (First Flight);
2. Разработка программы-методики (ПМИ);
3. Статические испытания прочности на стенде;
4. Прохождение макетной комиссии. *Правильный ответ: 4-3-2-1*

12. Расположите действия при проведении теста «Ложный запуск» (False Start):

1. Прокрутка стартером без подачи топлива/зажигания;
2. Проверка индикации отказов на пульте;
3. Контроль давления масла в магистральных;
4. Запуск двигателя/мозгов. *Правильный ответ: 4-1-3-2*

13. Расположите методы дефектоскопии в порядке их применения при осмотре металлической детали:

1. Нанесение проявителя (для цветной дефектоскопии);
2. Очистка поверхности до блеска;
3. Нанесение пенетранта (краски);
4. Осмотр под УФ-светом или визуально. *Правильный ответ: 2-3-1-4*

14. Расположите режимы длительных испытаний двигателя БВС на стенде от простого к сложному:

1. Режим максимального газа (Takeoff Power);
2. Малый газ (Idle);
3. Крейсерский режим (Cruise);
4. Охлаждение и выключение. *Правильный ответ: 2-3-1-4*

15. Расположите зоны удаления от точки взлета при выполнении теста на потерю связи (Link Loss FailSafe):

1. Зона автоматического возврата домой (RTL);
2. Зона посадки (Landing);
3. Зона ожидания (Loiter);
4. Точка потери сигнала. *Правильный ответ: 4-3-1-2*

На установление соответствия (4 вопроса)

Инструкция: Установите соответствие между термином и его определением/формулой.

16. Соответствие между типом испытания и объектом:

А) Статическая прочность	1) Автопилот Pixhawk
Б) Функциональное ПО	2) Стапель с силовозбудителями
В) Энергосистема	3) Зарядно-разрядный цикл Li-Po

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3.

17. Соответствие между параметром телеметрии и физическим смыслом:

А) Throttle (%)	1) Угол наклона аппарата относительно горизонта
Б) Pitch (градусы)	2) Потребляемая электрическая мощность мотора
В) Current (Амперы)	3) Положение стика газа / нагрузка на двигатель

Правильный ответ: А – 3, Б – 1, В – 2.

18. Соответствие между видом отказа и процедурой безопасности:

А) Отказ GPS	1) Экстренное снижение и посадка (Land)
Б) Критически низкий заряд АКБ	2) Переход в режим стабилизации (Stabilize/AltHold)
В) Поломка луча коптера	2) Немедленное выключение моторов

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3 (при краше).

19. Соответствие между оборудованием и измеряемой величиной:

А) Шестикомпонентные тензосенсоры	1) Уровень шума в дБА
Б) Шумомер	2) Тяга, боковая сила, моменты рыскания/тангажа
В) Линейка/Шаблон	3) Радиальные зазоры в ГВТ

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3.

Открытого типа (2 вопроса)

Инструкция: Запишите краткий ответ.

20. Как называется технология удаленного тестирования программного обеспечения автопилота без использования реального летательного аппарата? *Правильный ответ: sitl (или software in the loop).*

21. Как называется график зависимости коэффициента лобового сопротивления от коэффициента подъемной силы, строящийся по результатам летных испытаний? *Правильный ответ: поляра лилиенталя.*

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. ГОСТ Р 59517–2021. Беспилотные авиационные системы. Классификация и категоризация. М. : Стандартинформ, 2021. 7 с

7.2. Дополнительная литература

2. Соломин Евгений Викторович, Мартьянов Андрей Сергеевич, Шахин Ханна, Пшениснов Никита Анатольевич, Шерьязов Сакен Койшыбаевич Обзор беспилотных авиационных систем доставки грузов // Сибирский аэрокосмический журнал. 2025. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-dostavki-gruzov>

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 «**Технология и средства испытаний беспилотных воздушных средств**» 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

**Технология и средства испытаний беспилотных
воздушных средств**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)