

## Рабочая программа учебной дисциплины

### Беспилотные авиационные системы

(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 .....                              | 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 «Беспилотные авиационные системы» входит в «факультативную часть дисциплин» подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

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

**ОПК-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 универсальной 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)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | <b>ОПК-3.1.</b> 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.<br><b>ОПК-3.2.</b> 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 | Знает:<br>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);<br>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 судном и бортовых систем |

|  |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>бортовых систем навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач.</p> | <p>навигационного и связного оборудования при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту).<br/> Умеет:<br/> 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);<br/> 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).<br/> Имеет навыки:<br/> 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);<br/> ИД 6 ОПК-3.2 Применения теории технической</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 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<br>(дисциплины, изучаемые параллельно) | Последующие дисциплины                 |
|---|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 | 2                                                                | 3                                      |
| 1 | Основы инженерной деятельности                                   | Системы и оборудование воздушных судов |
| 2 |                                                                  | 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<br>го    | Аудиторные<br>занятия |             | СРО | Код<br>индикатора и<br>дескриптора<br>достижения<br>компетенций                              |
|                                     |                                                                                   |              | Л                     | ПЗ (ЛЗ, СЗ) |     |                                                                                              |
| 1                                   | 2                                                                                 | 3            | 4                     | 5           | 6   | 7                                                                                            |
| 1                                   | 1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование | 7            | 2                     |             | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 2                                   | 2. Аэродинамика и динамика полета БПЛА                                            | 9            | 2                     | 2           | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 3                                   | 3. Силовые установки и источники энергии                                          | 9            | 2                     | 2           | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 4                                   | 4. Навигация и сенсоры (IMU, ГНСС, компьютерное зрение)                           | 11           | 2                     | 4           | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 5                                   | 5. Система автоматического управления (автопилот) и алгоритмы стабилизации        | 9            | 2                     | 2           | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 6                                   | 6. Каналы передачи данных и радиосвязь (C2 Link)                                  | 7            | 2                     |             | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 7                                   | 7. Наземные станции управления (GCS) и планирование миссий                        | 11           | 2                     | 4           | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 8                                   | 8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (Failsafe)                       | 9            | 2                     | 2           | 5   | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| Вид промежуточной аттестации(Зачет) |                                                                                   |              |                       |             |     |                                                                                              |
| Итого                               |                                                                                   | 72           | 16                    | 16          | 40  |                                                                                              |

## Раздел 3. Содержание дисциплины

### 3.1. Содержание дисциплины

**1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование** Определение беспилотной авиационной системы (БАС) и ее элементов (воздушное судно, станция внешнего пилота, линия управления). Классификация по типу взлетно-посадочного устройства (самолетный, мультироторный, VTOL), массе и дальности полета. Обзор воздушного законодательства РФ (ФАП) и процедуры постановки на учет.

**2. Аэродинамика и динамика полета БПЛА** Уравнения движения центра масс и вращательного движения. Системы координат (земная, связанная, скоростная). Аэродинамические силы для различных схем. Особенности устойчивости и управляемости многороторных систем (квадрокоптеры).

**3. Силовые установки и источники энергии** Типы двигателей: электрические (бесколлекторные), ДВС, реактивные. Характеристики аккумуляторных батарей (Li-Po, Li-Ion), расчет полетного времени. Гибридные силовые установки и альтернативные источники (солнечные панели, топливные элементы).

**4. Навигация и сенсоры (IMU, ГНСС, компьютерное зрение)** Инерциальные навигационные системы (ИНС/IMU): гироскопы, акселерометры, магнитометры. Спутниковая навигация (GPS/ГЛОНАСС/BeiDou). Методы автономной навигации при потере сигнала (*GNSS-denied*): оптический поток, лидары, SLAM.

**5. Система автоматического управления (автопилот) и алгоритмы стабилизации** Архитектура полетного контроллера (на примере *Pixhawk*, *PX4*, *ArduPilot*). Законы ПИД-регулирования для контуров Roll, Pitch, Yaw. Режимы полетов: Stabilize, AltHold, Loiter, Auto (Mission Planning).

**6. Каналы передачи данных и радиосвязь (C2 Link)** Организация командно-телеметрического канала. Частотные диапазоны (868 МГц, 2.4 ГГц, 5.8 ГГц). Пропускная способность, задержки и методы шифрования. Передача видеопотока (*FPV*) и протоколы связи (*MAVLink*).

**7. Наземные станции управления (GCS) и планирование миссий** Программное обеспечение для планирования полетов (*Mission Planner*, *QGroundControl*). Построение полетных заданий (*Waypoints*), геозонирование (*Geofencing*). Процедуры предполетной подготовки и чек-листы безопасности.

**8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (*Failsafe*)** Анализ рисков столкновения с пилотируемой авиацией (*Air Risk Class*). Алгоритмы автоматической реакции на нештатные ситуации: потеря связи (*Return to Land*), критический разряд батареи, обледенение. Парашютные системы спасения.

### 3.2. Содержание практического блока дисциплины

#### Очная форма обучения (полный срок)

| №       | Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия                          |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2                                                                                 |
| ПЗ 1    | 1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование |
| ПЗ 2    | 2. Аэродинамика и динамика полета БПЛА                                            |
| ПЗ 3, 4 | 3. Силовые установки и источники энергии                                          |
| ПЗ 5    | 4. Навигация и сенсоры (IMU, ГНСС, компьютерное зрение)                           |
| ПЗ 6, 7 | 5. Система автоматического управления (автопилот) и алгоритмы стабилизации        |
| ПЗ 8    | 6. Каналы передачи данных и радиосвязь (C2 Link)                                  |

### 3.3. Образовательные технологии

#### Очная форма обучения (полный срок)

| №            | Тема занятия                                                                      | Вид учебного занятия | Форма / Методы интерактивного обучения | % учебного времени |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|--------------------|
| 1            | 2                                                                                 | 3                    | 4                                      | 5                  |
| 1            | 1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование | ПЗ                   | Метод кейсов                           | 75                 |
| 2            | 2. Аэродинамика и динамика полета БПЛА                                            | Л                    | Лекция-ситуация                        | 25                 |
| 3            | 3. Силовые установки и источники энергии                                          | ПЗ                   | Метод кейсов                           | 75                 |
| 4            | 4. Навигация и сенсоры (IMU, ГНСС, компьютерное зрение)                           | ПЗ                   | Мозговой штурм                         | 25                 |
| 5            | 5. Система автоматического управления (автопилот) и алгоритмы стабилизации        | Л                    | Мозговой штурм                         | 50                 |
| 6            | 6. Каналы передачи данных и радиосвязь (C2 Link)                                  | ПЗ                   | Метод кейсов                           | 75                 |
| 7            | 7. Наземные станции управления (GCS) и планирование миссий                        | ПЗ                   | Метод кейсов                           | 75                 |
| 8            | 8. Безопасность полетов и предотвращение отказов ( <i>Failsafe</i> )              | ПЗ                   | Деловая игра                           | 75                 |
| <b>Итого</b> |                                                                                   |                      |                                        | <b>29,68%</b>      |



## Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

### 4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

| № | Тема дисциплины                                                                   | № вопросов     | № рекомендуемой литературы |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|
| 1 | 2                                                                                 | 3              | 4                          |
| 1 | 1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование | 1, 2           | 1, 3, 5                    |
| 2 | 2. Аэродинамика и динамика полета БПЛА                                            | 3, 4, 5, 6     | 1, 3, 5                    |
| 3 | 3. Силовые установки и источники энергии                                          | 7, 8, 9        | 3, 4, 5                    |
| 4 | 4. Навигация и сенсоры (IMU, ГНСС, компьютерное зрение)                           | 10, 11, 12, 13 | 2, 3, 4, 5                 |
| 5 | 5. Система автоматического управления (автопилот) и алгоритмы стабилизации        | 14, 15, 16     | 3, 4, 5                    |
| 6 | 6. Каналы передачи данных и радиосвязь (C2 Link)                                  | 17, 18         | 2, 3, 5                    |
| 7 | 7. Наземные станции управления (GCS) и планирование миссий                        | 19-25          | 1, 3, 5                    |
| 8 | 8. Безопасность полетов и предотвращение отказов (Failsafe)                       | 26, 27, 28     | 2, 3, 5, 6                 |

#### Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Сравнительный анализ аэродинамических схем БПЛА. Особенности управления, энергетическая эффективность и области применения самолетных, вертолетных, мультироторных и конвертоплановых (VTOL) конфигураций.

2. Математическое моделирование динамики полета квадрокоптера. Составление системы дифференциальных уравнений движения твердого тела с шестью степенями свободы в среде MATLAB/Simulink или Python.

3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) на базе МЭМС-датчиков. Источники погрешностей гироскопов и акселерометров (дрейф, шум), методы калибровки и алгоритмы фильтрации данных (фильтр Калмана).

4. Технология высокоточного позиционирования RTK/PPP для агрономических и геодезических БПЛА. Принципы работы базовых станций, источники дифференциальных поправок и оценка точности определения координат.

5. Автономная навигация в условиях отсутствия сигналов ГНСС (GNSS-denied environment). Использование оптического потока (Optical Flow), лидаров и систем визуальной одометрии (VIO) для удержания позиции внутри помещений.

6. Архитектура полетного контроллера Pixhawk/PX4: процессы реального времени. Распределение задач между модулями стабилизации углов, контроля высоты и навигации, роль шины UAVCAN.

7. Настройка ПИД-регуляторов автопилота методами классической теории управления. Применение критерия Циглера — Никольса и метода ЛАЧХ для устранения осцилляций по осям тангажа и крена.

8. Интеллектуальное управление БПЛА на основе нечеткой логики (Fuzzy Logic). Разработка базы правил для адаптивной стабилизации аппарата при резких порывах ветра.

9. Обучение с подкреплением (Deep Reinforcement Learning) для автономной навигации дронов. Использование симуляционных сред (AirSim, Gazebo) для тренировки агента обхода препятствий методом Policy Gradient.

10. Оценка глубины сцены монокулярным зрением. Нейросетевые подходы (MiDaS, DPT) и их интеграция в системы предотвращения столкновений (Obstacle Avoidance).

11. Сжатие и ускорение ИИ-моделей для Edge-вычислений (TinyML). Техники квантования весов (Quantization) и прунинга (Pruning) для инференса нейросетей на микроконтроллерах STM32/Hailo-8.

12. SLAM на основе графовых методов оптимизации (GTSAM, iSAM2). Построение разреженных 3D-карт местности беспилотником в режиме офлайн и реального времени.
13. Трансферное обучение (Transfer Learning) в компьютерном зрении БАС. Тонкая настройка предобученных энкодеров (ResNet, ConvNeXt) для классификации специфических дефектов промышленных объектов.
14. Генеративно-сопоставительные сети (GAN) для увеличения выборки данных (Data Augmentation). Синтез реалистичных изображений городских районов для обучения систем Detect-and-Avoid без полетов в плотной застройке.
15. Мультимодальное слияние данных (Sensor Fusion): радар плюс камера. Применение трансформеров (ViViT, TimeSformer) для обнаружения «слепых» для лидара проводов и тонких веток деревьев в тумане.
16. Предиктивное управление (Model Predictive Control — MPC) с использованием рекуррентных сетей (LSTM/GRU). Прогнозирование порывов ветра по данным бортовых датчиков для упреждающей стабилизации курса.
17. Проблема интерпретируемости ИИ (Explainable AI — XAI) в принятии решений БПЛА. Визуализация карт значимости (Grad-CAM) для объяснения выбора траектории уклонения алгоритмом машинного обучения.
18. Симуляционно-реальный разрыв (Sim-to-Real gap). Методы доменной рандомизации (Domain Randomization) и системной идентификации для успешного переноса политик RL из виртуальной среды на физический аппарат.
19. Использование Vision Transformers (ViT / Swin Transformer) для анализа длиннопоследовательных видеопотоков. Обнаружение аномального поведения техники или людей на больших территориях за счет механизма внимания (Attention Mechanism).
20. Организация защищенного канала связи (C2 Link) с использованием шифрования AES. Противодействие средствам радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и подавлению спутниковых сигналов в частотных диапазонах 2.4 ГГц и 5.8 ГГц.

#### **4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

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

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

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

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

| № | Контролируемые разделы (темы) дисциплины                                          | Оценочные средства |             |     |                                                                                              |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                                   | Л                  | ПЗ (ЛЗ, СЗ) | СРО | Код индикатора и дескриптора достижения компетенций                                          |
| 1 | 2                                                                                 | 3                  | 4           | 5   | 6                                                                                            |
| 1 | 1. Введение в БАС: классификация, архитектура и нормативно-правовое регулирование | УО                 |             | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 2 | 2. Аэродинамика и динамика полета БПЛА                                            | УО                 | КМ          | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 3 | 3. Силовые установки и источники энергии                                          | ЛС                 | МШ          | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 4 | 4. Навигация и сенсоры (IMU, ГНСС, компьютерное зрение)                           | УО                 | КМ          | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 5 | 5. Система автоматического управления (автопилот) и алгоритмы стабилизации        | УО                 | МШ          | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 6 | 6. Каналы передачи данных и радиосвязь (C2 Link)                                  | УО                 |             | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |
| 7 | 7. Наземные станции управления (GCS) и планирование миссий                        | УО                 | КМ          | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>ИД 6 ОПК-3.2 |

|   |                                                                      |    |    |     |                                                                                              |
|---|----------------------------------------------------------------------|----|----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | 8. Безопасность полетов и предотвращение отказов ( <i>Failsafe</i> ) | УО | ДИ | ПРВ | ИД 1 ОПК-3.1<br>ИД 2 ОПК-3.2<br>ИД 3 ОПК-3.1<br>ИД 4 ОПК-3.2<br>ИД 5 ОПК-3.1<br>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. Расчет времени полета и емкости АКБ. По заданным параметрам мультикоптера (сухая масса 1200 г, взлетная масса 1800 г, средний ток висения 25 А) рассчитать максимальное время висения для аккумулятора Li-Po 6S емкостью 16000 мА·ч с учетом просадки напряжения до 3.5 В на ячейку.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 5.3. Тематика письменных работ обучающихся

1. Классификация и архитектура беспилотных авиационных систем (БАС). Сравнительный анализ самолетных, вертолетных, мультироторных и гибридных схем по критериям грузоподъемности, дальности и энергоэффективности.
2. Динамика полета квадрокоптера: математическое моделирование. Составление системы дифференциальных уравнений движения твердого тела с шестью степенями свободы и их численное решение в среде MATLAB/Simulink или Python.
3. Инерциальные навигационные системы (ИНС) на базе МЭМС-датчиков. Источники погрешностей гироскопов и акселерометров (дрейф, шум), методы калибровки и алгоритмы фильтрации данных (фильтр Калмана).
4. Технология высокоточного позиционирования RTK/PPP для агрономических БПЛА. Принципы работы базовых станций, источники дифференциальных поправок и оценка времени сходимости решения до сантиметровой точности.
5. Автономная навигация в условиях отсутствия сигналов ГНСС (*GNSS-denied environment*). Использование оптического потока (*Optical Flow*) и лидаров (*LiDAR*) для удержания позиции и предотвращения столкновений внутри помещений.
6. Архитектура полетного контроллера *Pixhawk/PX4*: процессы реального времени. Распределение задач между модулями стабилизации углов, контроля высоты и навигации, роль шины *UAVCAN*.
7. Настройка ПИД-регуляторов автопилота методами классической теории управления. Применение критерия Циглера — Никольса и метода ЛАЧХ для устранения осцилляций по осям тангажа и крена.
8. Обучение с подкреплением (*Deep Reinforcement Learning*) для автономной навигации дронов. Использование симуляционных сред (*AirSim*, *Gazebo*) для тренировки агента обхода препятствий методом *Policy Gradient*.
9. Оценка глубины сцены монокулярным зрением. Нейросетевые подходы (*MiDaS*, *DPT*) и их интеграция в системы предотвращения столкновений (*Obstacle Avoidance*) без использования стереокамеры.
10. Сжатие и ускорение ИИ-моделей для Edge-вычислений (*TinyML*). Техники квантования весов (*Quantization*) и прунинга (*Pruning*) для инференса нейросетей YOLOv8 на микроконтроллерах STM32/Hailo-8.

11. SLAM на основе графовых методов оптимизации (*GTSAM*, *iSAM2*). Построение разреженных 3D-карт местности беспилотником в режиме офлайн и реального времени.
12. Мультимодальное слияние данных (*Sensor Fusion*): радар плюс камера. Применение трансформеров (*ViViT*, *TimeSformer*) для обнаружения «слепых» для лидара проводов и тонких веток деревьев в тумане.
13. Симуляционно-реальный разрыв (*Sim-to-Real gap*). Методы доменной рандомизации (*Domain Randomization*) и системной идентификации для успешного переноса политик RL из виртуальной среды на физический аппарат.
14. Использование Vision Transformers (*ViT* / *Swin Transformer*) для анализа видеопотоков. Обнаружение аномального поведения техники или людей на больших территориях за счет механизма внимания (*Attention Mechanism*).
15. Организация защищенного канала связи (*C2 Link*) с использованием шифрования AES. Противодействие средствам радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и подавлению спутниковых сигналов в частотных диапазонах 2.4 ГГц и 5.8 ГГц.

#### 5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

##### Список вопросов для зачета

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

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

## **Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)**

### **1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа**

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

### **2. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа**

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

### **3. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа**

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

### **4. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа**

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

### **5. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа**

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

### **6. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа**

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

### **7. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа**

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

### **8. На установление последовательности**

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

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

#### 9. На установление последовательности

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

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

#### 10. На установление соответствия

Установите соответствие между режимом стабилизации и управляющим воздействием:

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

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

#### 11. На установление соответствия

Установите соответствие между типом БПЛА и преобладающей силой аэродинамики:

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

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

#### 12. Открытого типа с одним-двумя словами

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

#### 13. Открытого типа с одним-двумя словами

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

#### 14. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Что такое стратегия «пивота» (*Pivot*)? Приведите пример изменения вектора развития стартапа без смены основной технологии. **Правильный ответ: осознанное изменение бизнес-модели, продукта или сегмента целевой аудитории на основе полученных данных; пример — Slack (смена игровой разработки на корпоративный мессенджер).**



### **15. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)**

*Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.* Объясните разницу между ролями «Хакера», «Хастлера» и «Хипстера» в классической команде технологического стартапа. **Правильный ответ:** хакер отвечает за разработку и технологию, хастлер — за продажи и поиск ресурсов, хипстер — за дизайн, интерфейс и пользовательский опыт.

## **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](http://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](http://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 «Bayск 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 «Bayск 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 «**Беспилотные авиационные системы**» 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**

**Беспилотные авиационные системы**

---

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным  
планом)*

**Беликова Екатерина Владимировна**

---

*(Фамилия, Имя, Отчество составителя)*