



Рабочая программа учебной дисциплины

БАС и наземные робототехнические комплексы

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Экономики и управления

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	11
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся	13
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)	16
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	20
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	23

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «БАС и наземные робототехнические комплексы» входит в перечень **Факультативных дисциплин** подготовки обучающихся по направлению **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**

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 осуществлять проектирование и конструирование изделий робототехники;

Дескрипторы общепрофессиональных компетенций:

ПК-1.1 Способен выполнять разработку схмотехнического решения и проведение расчетов изделий робототехники;

ПК-1.2 Способен осуществлять разработку рабочей проектно-конструкторской и эксплуатационной документации изделий робототехники в соответствии с требованиями нормативной документации.

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)
Профстандарт: 40.148 Специалист по Эксплуатации гибких производственных систем в машиностроении	ПК-1.1 Способен выполнять разработку схмотехнического решения и проведение расчетов изделий робототехники; ПК-1.2 Способен осуществлять разработку рабочей проектно-конструкторской и эксплуатационной документации изделий робототехники в соответствии с требованиями нормативной документации.	Знает: ИД 1 ПК.1.1 Основы схмотехники изделий робототехники, современную элементную базу изделий робототехники, современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схмотехнических задач, методики построения и расчета монтажных и принципиальных схем, методики расчета электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем, основные принципы конструкции робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 2 ПК.1.2 Национальные и отраслевые стандарты, технические регламенты, правила, требования и нормы единой системы конструкторской документации, типовые конструкции и конструктивные решения изделий робототехники, принципы работы проектируемых конструкций изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6. Умеет: ИД 3 ПК.1.1 Анализировать принципы работы и условия

		эксплуатации проектируемых изделий робототехники, создавать и применять математические модели систем робототехники, использовать специализированные автоматизированные программы для выполнения кинематических и прочностных расчетов изделий робототехники, производить построение монтажных и принципиальных схем изделий робототехники, осуществлять расчет электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем изделий робототехники, использовать системы автоматизированного проектирования, разрабатывать макеты информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 4 ПК.1.2 Проектировать робототехнические системы изделий робототехники с использованием систем автоматизированного проектирования, разрабатывать конструкцию изделия робототехники в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов, требованиями заказчика, применять современные технологии изготовления изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6. Имеет навыки: ИД 5 ПК.1.1 Анализа принципов работы и условий эксплуатации проектируемых изделий робототехники, создания и применения математических моделей систем робототехники, использования специализированных автоматизированных программ для выполнения кинематических и прочностных расчетов изделий робототехники, построения
--	--	---

		монтажных и принципиальных схем изделий робототехники, осуществления расчета электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем изделий робототехники, использования системы автоматизированного проектирования, разработки макетов информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 6ПК.1.2 Проектирования робототехнических систем изделий робототехники с использованием систем автоматизированного проектирования, разработки конструкций изделий робототехники в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов, требованиями заказчика, применения современных технологий изготовления изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6.
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль)
«Мехатроника»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1		Проектирование мехатронных и робототехнических систем
2		Проектирование мехатронных систем

Последовательность формирования компетенций в указанных дисциплинах может быть изменена в зависимости от формы и срока обучения, а также преподавания с использованием дистанционных технологий обучения.

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 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				Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
		Всего	Аудиторные занятия		СРО	
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в беспилотные авиационные системы (БАС) и наземные робототехнические комплексы (НРТК). Классификация. Роль искусственного интеллекта.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
2	Тема 2. Архитектура аппаратного обеспечения БАС и НРТК. Сенсорика для ИИ: лидары, камеры глубины, инерциальные модули (IMU), протоколы передачи данных.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
3	Тема 3. Математические основы навигации и управления движением роботов. Прямая и обратная задачи кинематики, динамика твердого тела.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
4	Тема 4. Компьютерное зрение в задачах SLAM, автономной навигации и распознавания объектов. Модели машинного обучения на борту (CNN, YOLO, трансформеры).	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
5	Тема 5. Планирование пути и принятие решений. Алгоритмы поиска на графах, вероятностные карты дорог (PRM), быстроисследующие случайные деревья (RRT), обучение с подкреплением (RL) для адаптивного поведения.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
6	Тема 6. Наземные мобильные платформы. Специфика проходимости, динамики колесных и гусеничных комплексов, взаимодействие манипуляторов с ИИ-управлением.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
7	Тема 7. Программно-аппаратные симуляторы и цифровые двойники (Gazebo, AirSim, CoppeliaSim). Разметка данных и обучение нейросетей в виртуальной среде.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
8	Тема 8. Практическая реализация прикладного ИИ-проекта. Развертывание моделей (ONNX, TensorRT), тестирование безопасности, подготовка к защите итогового кейса по разработке прототипа автономного комплекса.	9	2	2	5	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 6ПК.1.2
Вид промежуточной аттестации (Зачет)		+				
Итого		72	16	16	40	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в БАС и НРТК. Классификация. Роль искусственного интеллекта

Ключевые понятия: UAV, UGV, мультикоптеры, VTOL (*Vertical Take-Off and Landing*), FPV-системы.

Содержание: Определение беспилотных авиационных систем (БАС) и наземных робототехнических комплексов (НРТК). Классификация по типу шасси, массе, дальности действия и степени автономности. Разбор отличий телеуправления от истинной автономии. Место профильного специалиста по прикладному ИИ в жизненном цикле комплекса: от разметки данных до деплоя моделей на бортовом вычислителе. Обзор нормативно-правовой базы РФ в сфере эксплуатации БПЛА.

Тема 2. Архитектура аппаратного обеспечения. Сенсорика для ИИ

Ключевые компоненты: полетные контроллеры (FC), регуляторы оборотов (ESC), системы питания (BMS).

Содержание: Устройство вычислительного стека: микроконтроллеры реального времени (STM32) для низкоуровневого управления и одноплатные компьютеры (NVIDIA Jetson, Raspberry Pi, Khadas VIM) для задач ИИ. Датчики положения: GNSS/RTK-модули, инерциальные измерительные модули (IMU — акселерометры, гироскопы, магнитометры). Оптические сенсоры: стереокамеры, камеры глубины (Intel RealSense, Azure Kinect), лидары (LiDAR 2D/3D), радары миллиметрового диапазона (mmWave). Протоколы сопряжения периферии (UART, I2C, SPI, CAN-FD).

Тема 3. Математические основы навигации и управления движением

Математика: Линейная алгебра (матрицы поворота R , кватернионы q), дифференциальное исчисление.

Содержание: Системы координат: глобальная (ENU, ECEF) и локальная связанная с корпусом (*Body frame*). Представление ориентации объекта (углы Эйлера против кватернионов для устранения проблемы шарнирного замка). Прямая и обратная задачи кинематики для манипуляторов НРТК. Модели динамики твердого тела. ПИД-регуляторы (PID) и их настройка для стабилизации полета или движения. Фильтрация сенсорного шума: комплементарный фильтр, расширенный фильтр Калмана (EKF) для слияния данных одометрии и IMU.

Тема 4. Компьютерное зрение (CV) для автономного передвижения

Алгоритмы: Классические методы (ORB, SIFT) и нейросетевые архитектуры (CNN, трансформеры).

Содержание: Задача визуальной одометрии (VO) и одновременной локализации и построения карты (SLAM). Отличия фильтрационного (EKF-SLAM) и графового (*g2o*, *Pose Graph Optimization*) подходов. Семантическая сегментация сцены для понимания окружения (асфальт, трава, препятствия). Детекция объектов (*Object Detection*) с помощью легковесных архитектур (YOLOv8n, MobileNet-SSD) для распознавания людей, транспорта и дорожных знаков. Оценка оптического потока и глубины изображения (*Depth Estimation*) без использования лидара.

Тема 5. Планирование пути и принятие решений

Методы: Поиск на графах, стохастические алгоритмы, обучение с подкреплением.

Содержание: Представление пространства конфигураций (*C-space*). Алгоритмы поиска кратчайшего пути: A*, D* Lite, Jump Point Search. Стохастические методы планирования в динамической среде: RRT, RRT*, BIT*. Оптимизация траекторий (минимизация рывков и расхода энергии). Основы обучения с подкреплением (*Reinforcement Learning*) для адаптивного поведения: среды-симуляторы (*Gym*, *PettingZoo*), алгоритмы PPO и SAC для обучения агентов в мультиагентных сценариях.

Тема 6. Наземные мобильные платформы и манипуляторная робототехника

Типы приводов: Дифференциальный, Ackermann steering, всенаправленные колеса (*Mecanum*, omni-wheels).

Содержание: Специфика наземной локомоции: проскальзывание колес, расчет удельного давления на грунт, преодоление неровностей. Конструктивные особенности гусеничных платформ повышенной проходимости. Обратная задача динамики для расчета усилий на актуаторах. Интеграция мобильных баз с роботизированными манипуляторами (*UR, Kinova*, собственные разработки): планирование досягаемости, избегание столкновений звеньев, захват и перемещение объектов с использованием тактильных датчиков.

Тема 7. Программно-аппаратные симуляторы и цифровые двойники

Инструменты: ROS 2, Gazebo / Ignition, AirSim, CoppeliaSim (V-REP), Isaac Sim.

Содержание: Инфраструктура Robot Operating System 2 (*ROS 2 Foxy/Humble*): узлы (*nodes*), темы (*topics*), сервисы (*services*). Создание физически корректных цифровых двойников роботов (*URDF/Xacro* файлы). Методология переноса (*Sim-to-Real gap*): доменные случайные параметры (*Domain Randomization*) текстур, массо-центровочных характеристик и задержек связи в симуляции. Сбор синтетических датасетов для обучения нейросетей компьютерного зрения и автоматическая генерация аннотаций.

Тема 8. Практическая реализация прикладного ИИ-проекта

Стек технологий: Docker, ONNX, TensorRT, FastAPI.

Содержание: Подготовка итогового проекта: разработка прототипа автономного комплекса под заданную бизнес-задачу (мониторинг ЛЭП, агроскаутинг, складская логистика). Конвертация обученных моделей глубокого обучения в форматы *ONNX* и *OpenVINO*. Квантование и оптимизация моделей для ускорения инференса на *GPU/TPU/NPU* через *TensorRT*. Разработка программного конвейера (*ML-пайплайна*) обработки данных в реальном времени. Организация безопасного тестирования (геофенсинг, проверка отказоустойчивости при потере сигнала *GNSS/GSM*). Оформление документации и защита кейса.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в беспилотные авиационные системы (БАС) и наземные робототехнические комплексы (НРТК). Классификация. Роль искусственного интеллекта.
ПЗ 2	Тема 2. Архитектура аппаратного обеспечения БАС и НРТК. Сенсорика для ИИ: лидары, камеры глубины, инерциальные модули (<i>IMU</i>), протоколы передачи данных.
ПЗ 3	Тема 3. Математические основы навигации и управления движением роботов. Прямая и обратная задачи кинематики, динамика твердого тела.
ПЗ 4	Тема 4. Компьютерное зрение в задачах <i>SLAM</i> , автономной навигации и распознавания объектов. Модели машинного обучения на борту (<i>CNN, YOLO</i> , трансформеры).
ПЗ 5	Тема 5. Планирование пути и принятие решений. Алгоритмы поиска на графах, вероятностные карты дорог (<i>PRM</i>), быстроисследующие случайные деревья (<i>RRT</i>), обучение с подкреплением (<i>RL</i>) для адаптивного поведения.
ПЗ 6	Тема 6. Наземные мобильные платформы. Специфика проходимости, динамики колесных и гусеничных комплексов, взаимодействие манипуляторов с ИИ-управлением.
ПЗ 7	Тема 7. Программно-аппаратные симуляторы и цифровые двойники (<i>Gazebo, AirSim, CoppeliaSim</i>). Разметка данных и обучение нейросетей в виртуальной среде.
ПЗ 8	Тема 8. Практическая реализация прикладного ИИ-проекта. Развертывание моделей (<i>ONNX, TensorRT</i>), тестирование безопасности, подготовка к защите итогового кейса по разработке прототипа автономного комплекса.

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 в беспилотные авиационные системы (БАС) и наземные робототехнические комплексы (НРТК). Классификация. Роль искусственного интеллекта.	ПЗ	Проектно-ориентированное обучение, Кейс-стади (Case Study), Дискуссионные технологии	25
2	Тема 2. Архитектура аппаратного обеспечения БАС и НРТК. Сенсорика для ИИ: лидары, камеры глубины, инерциальные модули (IMU), протоколы передачи данных.	ПЗ	Кейс-стади (Case Study) и анализ реальных ситуаций, Инструментальные технологии	25
3	Тема 3. Математические основы навигации и управления движением роботов. Прямая и обратная задачи кинематики, динамика твердого тела.	ПЗ	Инструментальные технологии, Проектно-ориентированное обучение	25
4	Тема 4. Компьютерное зрение в задачах SLAM, автономной навигации и распознавания объектов. Модели машинного обучения на борту (CNN, YOLO, трансформеры).	ПЗ	Инструментальные технологии, Проектно-ориентированное обучение	25
5	Тема 5. Планирование пути и принятие решений. Алгоритмы поиска на графах, вероятностные карты дорог (PRM), быстроисследующие случайные деревья (RRT), обучение с подкреплением (RL) для адаптивного поведения.	ПЗ	Инструментальные технологии, Проектно-ориентированное обучение, Технология контекстного обучения	25
6	Тема 6. Наземные мобильные платформы. Специфика проходимости, динамики колесных и гусеничных комплексов, взаимодействие манипуляторов с ИИ-управлением.	ПЗ	Инструментальные технологии, Проектно-ориентированное обучение, Технология контекстного обучения	25
7	Тема 7. Программно-аппаратные симуляторы и цифровые двойники (Gazebo, AirSim, CoppeliaSim). Разметка данных и обучение нейросетей в виртуальной среде.	ПЗ	Инструментальные технологии, Проектно-ориентированное обучение, Технология контекстного обучения	50
8	Тема 8. Практическая реализация прикладного ИИ-проекта. Развертывание моделей (ONNX, TensorRT), тестирование безопасности, подготовка к защите итогового кейса по разработке	ПЗ	Инструментальные технологии, Проектно-ориентированное обучение, Технология контекстного обучения	25

	прототипа автономного комплекса.			
--	----------------------------------	--	--	--

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 в беспилотные авиационные системы (БАС) и наземные робототехнические комплексы (НРТК). Классификация. Роль искусственного интеллекта.	1-5	2, 3, 4, 10, 15
2	Тема 2. Архитектура аппаратного обеспечения БАС и НРТК. Сенсорика для ИИ: лидары, камеры глубины, инерциальные модули (<i>IMU</i>), протоколы передачи данных.	6-10	7, 8, 9, 13
3	Тема 3. Математические основы навигации и управления движением роботов. Прямая и обратная задачи кинематики, динамика твердого тела.	11-15	5, 7, 12, 13
4	Тема 4. Компьютерное зрение в задачах <i>SLAM</i> , автономной навигации и распознавания объектов. Модели машинного обучения на борту (<i>CNN</i> , <i>YOLO</i> , трансформеры).	16-20	1, 2, 6, 11, 14, 15
5	Тема 5. Планирование пути и принятие решений. Алгоритмы поиска на графах, вероятностные карты дорог (<i>PRM</i>), быстроисследующие случайные деревья (<i>RRT</i>), обучение с подкреплением (<i>RL</i>) для адаптивного поведения.	21-25	1, 2, 6, 11, 14, 15
6	Тема 6. Наземные мобильные платформы. Специфика проходимости, динамики колесных и гусеничных комплексов, взаимодействие манипуляторов с ИИ-управлением.	26-30	7
7	Тема 7. Программно-аппаратные симуляторы и цифровые двойники (<i>Gazebo</i> , <i>AirSim</i> , <i>CoppeliaSim</i>). Разметка данных и обучение нейросетей в виртуальной среде.	31-35	5, 6
8	Тема 8. Практическая реализация прикладного ИИ-проекта. Развертывание моделей (<i>ONNX</i> , <i>TensorRT</i>), тестирование безопасности, подготовка к защите итогового кейса по разработке прототипа автономного комплекса.	36-40	2, 4, 10, 12, 14, 15

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

- Сравнительный анализ протоколов связи для FPV-управления и передачи телеметрии:** *ELRS*, *Crossfire*, *MAVLink* — задержки, дальность, помехоустойчивость в условиях городской застройки.
- Методы повышения точности позиционирования внутри помещений (*Indoor Navigation*):** применение *UWB*-меток (*Ultra-Wideband*), систем оптического трекинга (*MoCap*) и лидарной одометрии (*LIO*) при отсутствии сигнала *GNSS*.
- Разработка энергоэффективных алгоритмов планирования маршрута на основе анализа цифровой модели рельефа (*DTM*):** минимизация расхода заряда АКБ БАС с учетом направления ветра и уклона местности.
- Семантическая сегментация сельскохозяйственных культур и сорняков с борта агродрона:** использование легковесных архитектур нейросетей (*SegFormer-B0*, *Fast-SCNN*) для дифференцированного внесения средств защиты растений.
- Алгоритмы группового взаимодействия (*Swarm Intelligence*) роя наземных роботов:** методы распределенного покрытия площади без центрального узла управления на основе аукционных механизмов (*CBBA*).
- Диагностика неисправностей бортовых систем по виброакустическим данным:** предиктивная аналитика состояния подшипников бесколлекторных двигателей и редукторов манипуляторов с помощью одномерных сверточных сетей (*1D-CNN*).

7. **Проблема переноса знаний из симуляции в реальность (*Sim-to-Real gap*):** методология доменной рандомизации (*Domain Randomization*) параметров среды в *Isaac Sim* или *Gazebo* для обучения устойчивых к реальности моделей навигации.

8. **Проектирование отказоустойчивой архитектуры вычислений на борту:** горячее резервирование полетного контроллера и одноплатного компьютера, механизмы безопасного прерывания миссии (*Failsafe*) при отказе основного вычислителя.

9. **Автономная инспекция линейно-протяженных объектов (ЛЭП, трубопроводы) с использованием НРТК:** построение 3D-карты дефектов изоляции и коррозии на основе данных визуального и тепловизионного контроля.

10. **Оптимизация инференса глубоких нейросетей для задач обнаружения препятствий:** квантование моделей (*INT8, FP16*) и развертывание через *NVIDIA TensorRT* или *OpenVINO* на вычислителях класса *Jetson Orin Nano / Intel Movidius*.

11. **Юридические и этические аспекты применения автономных комплексов в РФ:** разбор актуальных изменений в Воздушном кодексе, правил регистрации БПЛА и ограничений на сбор персональных данных камерами роботизированных платформ.

12. **Интеграция тактильных сенсоров и датчиков усилия в схваты наземных манипуляторов:** реализация деликатного захвата хрупких объектов с обратной связью по силе тока сервоприводов.

13. **Методы активного SLAM (*Active-SLAM*):** стратегии выбора следующей оптимальной точки обзора для максимального уменьшения неопределенности карты при ограниченном ресурсе батареи.

14. **Обнаружение GPS-спуфинга и глушения сигналов средствами ИИ:** классификация аномалий в созвездиях спутников и данных инерциальных модулей для предотвращения угона БАС.

15. **Разработка цифрового двойника складского комплекса:** моделирование трафика колесных роботов-курьеров (*AGV*) и оптимизация очередности выполнения заявок методами мультиагентного глубокого обучения с подкреплением (*Multi-Agent RL*).

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 учебно-методического комплекса по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе учебно-методического комплекса по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе учебно-методического комплекса 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 в беспилотные авиационные системы (БАС) и наземные робототехнические комплексы (НРТК). Классификация. Роль искусственного интеллекта.	УО	ЗЗ, 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
2	Тема 2. Архитектура аппаратного обеспечения БАС и НРТК. Сенсорика для ИИ: лидары, камеры глубины, инерциальные модули (IMU), протоколы передачи данных.	УО	ЗЗ, Д	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. Математические основы навигации и управления движением роботов. Прямая и обратная задачи кинематики, динамика твердого тела.	УО	ЗЗ, Д, 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. Компьютерное зрение в задачах SLAM, автономной навигации и распознавания объектов. Модели машинного обучения на борту (CNN, YOLO, трансформеры).	УО	ЗЗ, Д, МП	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. Планирование пути и принятие решений. Алгоритмы поиска на графах, вероятностные карты дорог (PRM), быстроисследующие случайные деревья (RRT), обучение с подкреплением (RL) для адаптивного поведения.	УО	ЗЗ, 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. Наземные мобильные платформы. Специфика проходимости, динамики колесных и гусеничных комплексов, взаимодействие манипуляторов с ИИ-управлением.	УО	ЗЗ, Д	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. Программно-аппаратные симуляторы и цифровые двойники (Gazebo, AirSim, CoppeliaSim). Разметка данных и обучение нейросетей в виртуальной среде.	УО	ЗЗ, Д, 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 6ПК.1.2
8	Тема 8. Практическая реализация прикладного ИИ-проекта. Развертывание моделей (<i>ONNX, TensorRT</i>), тестирование безопасности, подготовка к защите итогового кейса по разработке прототипа автономного комплекса.	УО	33, Д, МП	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 6ПК.1.2

5.2. Тематика письменных работ обучающихся

1. Эволюция бортовых вычислителей для БПЛА: от 8-битных микроконтроллеров до систем-на-модуле (*System-on-Module*) с нейропроцессорами.
2. Сравнительный анализ типов полезной нагрузки для агродронов: мультиспектральные камеры, лидары и гиперспектральные сенсоры.
3. Проблема деградации точности *GNSS*-приемников в условиях плотной городской застройки и методы борьбы с многолучевостью.
4. Алгоритмы предотвращения столкновений (*Collision Avoidance*) на основе метода потенциальных полей и их ограничения в динамической среде.
5. Применение теории графов и алгоритма Дейкстры для планирования маршрутов НРТК на складских территориях со сложной топологией.
6. Специфика конструирования всепогодных наземных робототехнических комплексов: защита электроники по стандарту *IP67*, системы подогрева и охлаждения.
7. Использование обучения с подкреплением (*Deep Reinforcement Learning*) для обучения БАС агрессивному маневрированию в узких пространствах.
8. Методы автоматической генерации полетного задания (*Mission Planning*) для площадной аэрофотосъемки с заданным процентом продольного и поперечного перекрытия кадров.
9. Наземные гусеничные платформы повышенной проходимости: расчет тягового усилия и давления на грунт при движении по снежной целине или болотистой местности.
10. Кибербезопасность каналов управления БАС: уязвимости протокола *MAVLink* и методы защиты от перехвата управления (типпинг).
11. Роль цифровых двойников (*Digital Twins*) в жизненном цикле разработки промышленных беспилотников: от виртуальных испытаний до предиктивного обслуживания.
12. Системы машинного зрения для автоматического распознавания взлетно-посадочных полос и маркеров посадки на подвижные платформы.
13. Энергетические установки БВС: сравнительный анализ эффективности литий-полимерных аккумуляторов, водородных топливных элементов и гибридных силовых установок.
14. Правовое регулирование полетов БАС над населенными пунктами в Российской Федерации: анализ актуальных изменений в Воздушном кодексе РФ.
15. Кооперативная навигация группы гетерогенных роботов (*Heterogeneous Multi-Robot Systems*): распределение задач между воздушными разведчиками и наземными транспортировщиками.
16. Методы радиолокационной малозаметности (*Stealth*) в конструкции планера БПЛА военного и специального назначения.
17. Применение фреймворка *ROS 2* для интеграции разрозненного оборудования БАС: настройка микросервисной архитектуры узлов и тем.
18. Автономный сбор образцов грунта и воды планетоходами: механика работы грунтозаборных устройств и проблемы контаминации проб.
19. Влияние аэродинамического экранирования (эффекта земли) на энергоэффективность низколетящих транспортных БАС экранопланового типа.
20. Синтез речи и языка тела для социального взаимодействия сервисных наземных роботов с людьми в медицинских учреждениях.
21. Технологии точного приземления (*Precision Landing*) БВС на движущиеся платформы (автомобили, корабли) с использованием визуальной инерциальной одометрии (*VIO*).

22. Анализ отказоустойчивости квадрокоптеров при потере одного двигателя: математические модели асимметричного полета и алгоритмы аварийной стабилизации.
23. Использование технологий дополненной реальности (AR) для отображения телеметрии пилоту при управлении FPV-дроном через очки смешанной реальности.
24. Методы автоматизированной инспекции состояния фасадов высотных зданий и мостовых конструкций с помощью облаков точек (*Point Clouds*), полученных лазерным сканированием.
25. Этико-правовые дилеммы принятия решений автономными системами вооружения (*LAWS*): проблема «человека в контуре» (*Human-in-the-loop*) и разграничение ответственности.

5.3. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к зачету:

1. Классификация беспилотных авиационных систем (БАС) по взлетной массе, дальности действия и типу подъемной силы.
2. Архитектура типового полетного контроллера (FC). Назначение *IMU*, процессора приложений и интерфейсов ввода-вывода.
3. Математическое представление ориентации твердого тела: углы Эйлера и кватернионы. Преимущества кватернионов в задачах стабилизации полета.
4. Принцип работы спутниковых навигационных систем (*GNSS/RTK*) и их ограничения. Методы компенсации многолучевости сигнала в городской среде.
5. Слияние данных сенсорики (*Sensor Fusion*): расширенный фильтр Калмана (*EKF*) для интеграции показаний *IMU* и одометрии.
6. Задача визуальной инерциальной одометрии (*VIO*) и одновременной локализации и построения карты (*SLAM*). Графовая оптимизация поз (*Pose Graph Optimization*).
7. Компьютерное зрение на борту БАС: архитектурные особенности легковесных детекторов объектов (*YOLOv8n*, *MobileNet-SSD*) для задачи обнаружения препятствий.
8. Алгоритмы планирования пути на графе: A^* , D^* Lite. Понятие эвристической функции и ее влияние на производительность поиска.
9. Стохастические методы планирования траектории: быстроисследующие случайные деревья (*RRT*, *RRT**). Их применение в пространствах высокой размерности.
10. Основы обучения с подкреплением (*Reinforcement Learning*) для адаптивного управления роботом. Разница между модельными (*Model-Based*) и безмодельными (*Model-Free*) алгоритмами.
11. Типы шасси наземных робототехнических комплексов (НРТК). Особенности кинематики дифференциального привода и рулевого управления типа Ackermann.
12. Обратная задача динамики манипулятора (*RNEA* — Recursive Newton-Euler Algorithm). Расчет моментов на суставах при заданной траектории схвата.
13. Протоколы полевой шины в робототехнике (*CAN-FD*, *EtherCAT*). Причины отказа от *UART/I2C* в пользу промышленных стандартов на ответственных участках.
14. Программный каркас ROS 2: концепция узлов (*nodes*), тем (*topics*) и сервисов (*services*). Отличия от архитектуры первой версии ROS.
15. Цифровые двойники и симуляторы (*Gazebo*, *Isaac Sim*, *CoppeliaSim*). Методология переноса моделей из виртуальной среды в реальность (*Sim-to-Real gap*).
16. Оптимизация нейросетей для бортового инференса: квантование весов (*INT8*), прунинг и использование ускорителей (*NVIDIA TensorRT*, *Intel OpenVINO*).
17. Энергетические установки БВС. Расчет времени висения мультикоптера исходя из емкости аккумулятора (*mAh*) и среднего тока потребления.
18. Механизмы отказоустойчивости (*Failsafe*) БАС: процедуры действий при потере радиосвязи (*Return to Launch*, *Loiter*, посадка) и деградации *GNSS*.
19. Нормативно-правовое регулирование использования воздушного пространства гражданскими БПЛА в Российской Федерации.
20. Методы автоматического взлета и посадки БАС на подвижную платформу (автомобиль, судно) с учетом ее колебаний.

21. Кооперативная мультиагентная робототехника: стратегии распределенного покрытия площади (*Area Coverage*) роом НРТК без центрального координатора.
22. Технологии противодействия БПЛА (*Counter-UAS*): классификация угроз, методы радиоэлектронного подавления каналов связи и навигации.
23. Использование лидаров (*LiDAR*) 3D для построения облаков точек (*Point Clouds*). Алгоритмы кластеризации препятствий (*DBSCAN, Euclidean Cluster Extraction*).
24. Диагностика неисправностей исполнительных механизмов (актуаторов) по анализу потребляемого тока и виброакустических сигнатур.
25. Этико-правовые аспекты применения полностью автономных робототехнических комплексов. Проблема «человека вне контура» (*Human-out-of-the-loop*).

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. **Вопрос 1.** Как называется процесс определения местоположения робота в пространстве путем анализа визуальных данных с камеры без использования спутниковых систем навигации? а) Геофенсинг; б) Визуальная одометрия (*Visual Odometry*); в) Радиолокация; г) Телеметрия. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. **Вопрос 2.** Какой протокол связи является стандартом де-факто для передачи телеметрии и команд управления между наземной станцией и полетным контроллером БАС? а) HTTP/2; б) MAVLink; в) Bluetooth Classic; г) FTP. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. **Вопрос 3.** Какое математическое представление ориентации объекта полностью исключает проблему «шарнирного замка» (*Gimbal Lock*) при выполнении сложных маневров? а) Углы Эйлера; б) Матрица поворота 3×3 ; в) Кватернионы; г) Декартовы координаты. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. **Вопрос 4.** Назначение расширенного фильтра Калмана (*EKF*) в системе навигации НРТК: а) Увеличение емкости аккумулятора; б) Слияние зашумленных данных от инерциальных датчиков (*IMU*) и одометрии для оценки состояния; в) Преобразование аналогового видеосигнала в цифровой; г) Охлаждение вычислительного модуля. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. **Вопрос 5.** Что такое эффект земли (*Ground Effect*) применительно к мультикоптерам? а) Резкое увеличение потребляемой мощности при наборе высоты; б) Искажение магнитного поля Земли вблизи металлических конструкций; в) Явление увеличения подъемной силы и уменьшения индуктивного сопротивления при полете на сверхмалой высоте над ровной поверхностью; г) Потеря сигнала *GPS* из-за экранирования кронами деревьев. **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. **Вопрос 6.** Укажите легковесные архитектуры нейронных сетей, оптимально подходящие для задачи детекции объектов (*Object Detection*) непосредственно на борту БПЛА с ограниченными вычислительными ресурсами: а) *YOLOv8n (nano)*; б) *GPT-4*; в) *MobileNet-SSD*; г) *ResNet-152*. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. **Вопрос 7.** Какие типы сенсоров относятся к активным (излучающим сигнал для подсветки сцены)? а) Пассивная RGB-камера; б) Лидар (*LiDAR*); в) Радар миллиметрового диапазона (*mmWave Radar*); г) Термопара. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. **Вопрос 8.** Выберите основные причины перехода разработчиков робототехники с первой версии ROS на ROS 2: а) Отсутствие необходимости в операционной системе Linux; б) Поддержка распределенных систем и работа в реальном времени (*Real-time*); в) Улучшенная безопасность передачи данных (*DDS*, шифрование); г) Полная несовместимость с микроконтроллерами. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. **Вопрос 9.** Какие физические явления необходимо компенсировать алгоритмам стабилизации полета квадрокоптера? а) Гироскопический прецессионный момент винтов; б) Закон всемирного тяготения; в)

Аэродинамическую асимметрию тяги при порывах ветра; г) Изменение цвета корпуса под ультрафиолетом. **Правильный ответ:** а), в)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. **Вопрос 10.** При планировании миссии аэрофотосъемки какие параметры критически важны для обеспечения возможности последующего построения ортофотоплана? а) Температура воздуха; б) Продольное перекрытие кадров (*Forward Overlap*); в) Цвет объектива камеры; г) Поперечное перекрытие кадров (*Side Overlap*). **Правильный ответ:** б), г)

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность. **Вопрос 11.** Расположите этапы работы системы автоматической посадки БВС по маркеру (*ArUco/AprilTag*) в правильном порядке:

1. Выравнивание по осям X и Y относительно центра маркера;
2. Захват и распознавание маркера камерой;
3. Снижение вертикальной скорости до касания;
4. Определение высоты зависания над маркером. **Правильный ответ:** 2-4-1-3

Укажите правильную последовательность. **Вопрос 12.** Установите порядок обработки облака точек лидаром для обнаружения препятствий:

1. Фильтрация шума и удаление точек собственного корпуса (*Self-filtering*);
2. Сегментация плоскости земли (*Ground Plane Segmentation*);
3. Прием сырых данных со сканера;
4. Евклидова кластеризация оставшихся точек. **Правильный ответ:** 3-1-2-4

Укажите правильную последовательность. **Вопрос 13.** Алгоритм поиска пути A* работает следующим образом:

1. Выбор узла с наименьшим значением функции стоимости $f(n) = g(n) + h(n)$;
2. Расчет стоимости соседей выбранного узла;
3. Помещение стартовой точки в открытый список;
4. Извлечение текущего узла из открытого списка. **Правильный ответ:** 3-4-1-2

Укажите правильную последовательность. **Вопрос 14.** Цепочка оптимизации модели глубокого обучения для бортового инференса:

1. Квантование весов (*INT8*);
2. Обучение базовой плавающей модели (*FP32*);
3. Экспорт в формат *ONNX*;
4. Развертывание через *TensorRT*. **Правильный ответ:** 2-3-1-4

Укажите правильную последовательность. **Вопрос 15.** Этапы предполетной проверки БАС (*Pre-flight checklist*):

1. Калибровка компаса (*Magnetometer Calibration*);
2. Проверка заряда АКБ и надежности контактов;
3. Спутниковая фиксация координат дома (*Home Point Lock*);
4. Арминг (активация моторов). **Правильный ответ:** 2-1-3-4

4. На установление соответствия (4 вопроса)

Установите соответствие. **Вопрос 16.** Соотнесите тип шасси НРТК с его кинематической особенностью: А) Дифференциальный привод — 2 Б) Всенаправленные колеса (*Mecanum*) — 3 В) Рулевое управление *Ackermann* — 1

1. Требуется учета минимального радиуса разворота, движение боком невозможно.
2. Движение боком невозможно, поворот осуществляется за счет разницы скоростей колес.

3. Позволяет выполнять дрейф (стрейф) в любую сторону без изменения угла корпуса.

Установите соответствие. **Вопрос 17.** Соотнесите режим полета/состояния *Failsafe* с триггером активации: А) *Return to Launch (RTL)* — 2 Б) *Land Mode* — 3 В) *Altitude Hold / Loiter* — 1

1. Временная потеря пакетов управления (*Control Link Loss*) при сохранном сигнале *GPS*.

2. Критически низкий уровень напряжения батареи или принудительная команда возврата.

3. Полная деградация сигнала спутниковой навигации (*GPS Glitch/Loss*) при отсутствии оптического потока.

Установите соответствие. **Вопрос 18.** Соотнесите компонент аппаратного стека с его функцией: А) Микроконтроллер *STM32* — 2 Б) Одноплатный компьютер *NVIDIA Jetson* — 3 В) Модуль *RTK GNSS* — 1

1. Предоставление координат сантиметровой точности для глобальной локализации.
2. Чтение показаний гироскопа в цикле 1 кГц и формирование ШИМ-сигналов на регуляторы оборотов.

3. Запуск сверточных нейросетей для семантической сегментации видеопотока.

Установите соответствие. **Вопрос 19.** Соотнесите регулятор с его составляющей в классической формуле: А) Пропорциональная часть (*P*) — 2 Б) Интегральная часть (*I*) — 3 В) Дифференциальная часть (*D*) — 1

1. Реакция на скорость изменения ошибки (предсказывает будущее поведение).

2. Реакция на текущую величину рассогласования (ошибки).

3. Реакция на накопленную ошибку во времени (устраняет статическую ошибку).

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Запишите краткий ответ. **Вопрос 20.** Как называется специализированный программно-аппаратный симулятор, разработанный компанией *NVIDIA* специально для задач обучения искусственного интеллекта в робототехнике и автономном транспорте? **Правильный ответ:** *Isaac Sim*

Запишите краткий ответ. **Вопрос 21.** Каким термином обозначается разница между поведением модели, обученной в компьютерной симуляции, и ее реальным функционированием на физическом устройстве? **Правильный ответ:** *sim-to-real gap (или разрыв реальности)*

6. Открытого типа с развернутым обоснованным ответом (2 вопроса)

Дайте развернутый ответ. **Вопрос 22.** Объясните физическую причину возникновения эффекта деградации тяги (*Propwash Oscillations*) у мультикоптеров при резком снижении в ограниченном пространстве. Опишите один метод алгоритмической компенсации этого эффекта в полетном контроллере. (*Пример правильного ответа: Эффект вызван попаданием турбулентного нисходящего потока от собственных винтов обратно в плоскость их вращения... Компенсация достигается настройкой фильтров нижних частот для датчика высоты или использованием динамического фильтрации нотчей по данным акселерометра*).

Дайте развернутый ответ. **Вопрос 23.** В чем заключается фундаментальное различие между фильтрационным подходом к SLAM (*Extended Kalman Filter-SLAM*) и графовым подходом (*GraphSLAM*)? Почему графовые методы стали промышленным стандартом для современных автономных комплексов? (*Пример правильного ответа: EKF-SLAM хранит полную ковариационную матрицу всех признаков, что ведет к квадратичному росту сложности $O(N^2)$. GraphSLAM представляет позы и признаки как узлы графа, а ограничения — как ребра, решая задачу методом нелинейной оптимизации разреженных матриц, что масштабируется значительно лучше*).

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Чернопятав, А. М. Беспилотные авиационные системы : учебник / А. М. Чернопятав. — Москва : Директ-Медиа, 2024. — 350 с. — Текст : электронный // Университетская библиотека онлайн : [сайт]. — URL: biblioclub.ru (дата обращения: 03.09.2026). — Режим доступа: по подписке.

2. Зеленцов, В. В. Наземные робототехнические комплексы военного назначения : учебное пособие / В. В. Зеленцов, В. Н. Зубов. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. — 134 с. — Текст : электронный // Университетская библиотека онлайн : [сайт]. — URL: biblioclub.ru (дата обращения: 03.09.2026). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература

1. Фетисов, В. С. Беспилотные авиационные системы: терминология, классификация, структура : учебное пособие / В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 210 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. —

URL: lanbook.com (дата обращения: 03.09.2026). — Режим доступа: по подписке.

2. Робототехнические системы и комплексы : учебное пособие / И. И. Мачульский, В. П. Запятой, Ю. П. Майоров [и др.]. — Москва : МИИТ, 1999. — 446 с. — Текст : электронный // Техническая литература : [портал]. — URL: techliter.ru (дата обращения: 03.09.2026). — Режим доступа: свободный.

3. Рыбак, Л. А. Роботы и робототехнические комплексы : учебное пособие / Л. А. Рыбак, Е. В. Гапоненко, Ю. А. Мамаев. — Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. — 180 с. — Текст : электронный // IPR SMART : цифровой образовательный ресурс : [сайт]. — URL: iprbookshop.ru (дата обращения: 03.09.2026). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Документация и гайды по MLOps от Google Cloud. Режим доступа: <https://cloud.google.com/architecture/mlops-continuous-delivery-and-automation-pipelines-in-machine-learning>
2. Курс "Practical Deep Learning for Coders" от fast.ai. Режим доступа: <https://course.fast.ai/>
3. Блог компании Hugging Face. Режим доступа: <https://huggingface.co/blog> (Статьи по промпт-инжинирингу, RAG, работе с трансформерами, темы 2, 3).
4. Репозиторий "Awesome MLOps". Режим доступа: <https://github.com/visenger/awesome-mlops>.
5. Материалы курса "Full Stack Deep Learning". Режим доступа: <https://fullstackdeeplearning.com/>

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

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
- СПИИ 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

Дисциплина включает практические занятия, самостоятельную работу обучающегося.

В ходе изучения дисциплины **«БАС и наземные робототехнические комплексы»** перед обучающимися стоит задача не только закрепить знания о сложных информационных явлениях, о чем свидетельствует содержание тематического плана, глубоко разобраться в объемном учебном материале, но и сформировать у себя на основе полученных компьютерных знаний соответствующие профессионально важные качества.

Практические занятия – один из самых эффективных видов учебных занятий, на которых обучающиеся учатся творчески работать с различной информацией, являются также действенной формой активизации самостоятельной работы обучающихся.

Целью практических занятий является закрепление полученных в ходе лекций, а также в ходе самостоятельной работы над учебной и специальной литературой, знаний, умений и навыков. На практических занятиях особо обращается внимание на умение обучающихся проявлять элементы творчества в процессе самостоятельной работы, применять полученные знания на практике.

Практические занятия занимают центральное место в учебном процессе, так как позволяют на завершающем этапе усвоения материала, после прослушанной лекции и самостоятельного поиска дополнительных сведений по рассматриваемой проблематике, окончательно уточнить, сформировать свои позиции в ходе работы в составе учебной группы.

Основное в подготовке и проведении практикума – это самостоятельная работа обучающегося над изучением темы лекционного материала. Практические занятия проводятся по специальным планам – заданиям, которые содержатся в материалах, подготовленных на кафедре. Обучающийся обязан точно знать план занятия либо конкретное задание к нему.

При подготовке к практическим занятиям следует чаще обращаться к справочной литературе, полнее использовать консультации (групповые и индивидуальные, устные и письменные) с преподавателями, которые читают лекции и проводят практикумы.

Таким образом, в процессе подготовке к практическому занятию рекомендуется:

- ознакомиться с вопросами плана;
- прочитать конспект лекции по изучаемой теме;
- прочитать соответствующие главы учебников, статьи;
- просмотреть перечень научных источников, предлагаемых в рабочей программе, выбрав несколько из них для углубленного изучения данной темы.

По каждому практическому заданию обучающиеся отчитываются преподавателю, оформляя письменный отчет, в котором сохраняют результаты своей работы в виде файлов. Результаты выполнения практических заданий оцениваются с учетом теоретических знаний по соответствующим вопросам дисциплины и уровнем владения практическими навыками при работе на компьютере.

Для углубленного изучения и освоения материала целесообразно выполнение практических работ, наряду с другими различными формами обучения обучающихся: тесты, задачи, упражнения, которые используются при проведении практических занятий, выполнении контрольных и аудиторных работ, а также при самостоятельном изучении данной дисциплины.

Одним из наиболее интенсивных способов изучения дисциплины является самостоятельное выполнение практических работ, на которых вырабатываются навыки построения web-сайтов.

СРО позволяет глубже освоить теоретические и практические вопросы, понять принципы программирования web-сайтов и научиться создавать свои интернет приложения.

Основными задачами организации процесса самостоятельной работы по дисциплине являются:

- приобретение знаний по теоретическим основам построения систем искусственного интеллекта, являющихся дополнением к материалу лекционных аудиторных занятий;
- приобретение практических навыков по созданию систем искусственного интеллекта.

Основные формы реализации СРО – изучение учебно-методической литературы по разработке систем искусственного интеллекта. В качестве базовой литературы можно использовать учебники и учебные пособия, согласно приведенному списку в разделе 6 рабочей

программы, а также любые другие источники информации, такие как электронные учебники, обучающие и энциклопедические сайты, публикации журналов и конференций.

Обучающийся допускается к зачетному занятию по результатам успешного выполнения всех практических заданий и самостоятельной работы.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

БАС и наземные робототехнические комплексы

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)
