Документ подписан квалифицированной электронной подписью
Сертификат: 03489EA30058B4708C45B74E4D79B70F27
Владелец: ***ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "МОСКОВСКИЙ НОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"***
Действителен: с 28.05.2026 по 28.08.2027

Утверждаю:
Ректор В.А. Зернов

02.07.2026
Дата

«Инженерно-техническая разработка в сфере БАС: программное обеспечение для организации групповой доставки грузов с применением роя беспилотных летательных аппаратов»

Вид образовательной программы – дополнительная профессиональная программа повышения квалификации

1. Общая характеристика образовательной программы

№	Название	Описание
1.1	Общий объем освоения образовательной программы в академических часах	144
1.2	Указание на сферу (разработка, производство, эксплуатация БАС), которой соответствует тематика, содержание и планируемые результаты освоения образовательной программы	Разработка БАС
1.3	Указание на тип разработки инженерной задачи	Перспективное направление подготовки кадров
1.4.	Наименование инженерной задачи из Реестра инженерных задач, размещенного на платформе «Университет 2035», которая будет решаться в рамках данной образовательной программы участниками молодежных инженерных команд и наименование компании – автора инженерной задачи	Разработка системы кооперативной доставки груза с использованием роя мультироторных БПЛА ООО «БИЗНЕС ГЕНЕЗИС»
1.5.	Цель реализации образовательной программы	Цель реализации образовательной программы – совершенствование и/или получение новых профессиональных компетенций в сфере разработки беспилотных авиационных систем, а также повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации через приобретение практического опыта прохождения всех этапов процесса разработки инженерного решения, направленного на кооперативную доставку груза с использованием роя мультироторных БПЛА.
1.6.	Описание актуальности образовательной программы	Актуальность образовательной программы определяется необходимостью подготовки квалифицированных кадров и повышением уровня квалификации имеющейся профессиональной подготовки в рамках реализации федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем», а также растущей потребностью отрасли БАС в разработке инженерных решений для группового применения беспилотных летательных аппаратов при выполнении транспортных задач. Использование одного БПЛА при перевозке крупногабаритных или тяжелых грузов ограничено его грузоподъемностью, запасом энергии и устойчивостью при перемещении подвесной нагрузки. В связи с этим перспективным направлением развития беспилотных авиационных

		систем становится кооперативная доставка, при которой несколько мультироторных БПЛА совместно поднимают, удерживают и перемещают единый груз, распределяя нагрузку между участниками роя. Разработка таких решений требует от специалистов понимания принципов роевого взаимодействия, механики подвесной транспортировки, синхронизации действий БПЛА, обмена данными между участниками группы и алгоритмов стабилизации положения груза. Особое значение приобретает умение создавать цифровые модели транспортной системы, моделировать поведение роя и груза при внешних возмущениях, оценивать устойчивость системы и проверять корректность алгоритмов на этапах подъема, перемещения по маршруту и посадки. Инженер-разработчик в данной сфере должен обладать компетенциями в области программирования, математического моделирования, систем управления, анализа динамики мультироторных БПЛА и проектирования алгоритмов кооперативного взаимодействия. Получение практического опыта разработки программного решения для кооперативной доставки груза роем БПЛА позволяет сформировать у участников молодежных инженерных команд навыки, необходимые для создания перспективных транспортных систем, применимых в логистике, промышленной доставке и аварийно-спасательных операциях. Образовательная программа разработана в соответствии со следующими нормативными правовыми актами: 1. Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; 2. Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 октября 2023 г. № 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»; 3. приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 марта 2025 г. № 266 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»; 4. приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Министерства просвещения Российской Федерации от 5 августа 2020 г. № 882/391 «Об организации и осуществлении образовательной деятельности при сетевой форме реализации образовательных программ».
1.7.	Требования к уровню подготовки слушателя в соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ для дополнительных профессиональных программ повышения квалификации	– наличие высшего либо среднего профессионального образования; – текущее обучение по программе высшего или среднего профессионального образования.
1.8.	Регион (субъект РФ) реализации блока практической подготовки образовательной	Республика Саха (Якутия)

	программы.	

1.9. Планируемые результаты обучения.

Образовательная программа разработана на основе профессионального стандарта (*указывается код и наименование профессионального стандарта*) 32.001 «Специалист по разработке и модернизации бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов».

Образовательная программа разработана на основе ФГОС *(указывается код и наименование ФГОС)* ФГОС СПО 24.02.01 «Производство летательных аппаратов», ФГОС ВО 24.03.04 «Авиастроение».

Совершенствуемые и/или формируемые компетенции	Код компетенции *(ОК, ОП, ПК*)	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владение навыками)
1. Способен осуществлять сбор, систематизацию, анализ и документирование требований к системе кооперативной доставки груза с использованием роя мультироторных БПЛА с учетом сценария применения, эксплуатационных ограничений и требований технического задания	ПК	Знания: – принципов роевого взаимодействия беспилотных авиационных систем и коллективного выполнения транспортных задач; – конструктивных особенностей мультироторных БПЛА, влияющих на грузоподъемность, устойчивость и возможность совместной транспортировки груза; – требований к системе кооперативной доставки груза: количеству БПЛА, массе груза, системе подвеса, синхронности, распределению нагрузки и безопасности транспортировки; – эксплуатационных ограничений системы, связанных с внешними возмущениями, различиями в тяге БПЛА, изменением положения груза, ошибками синхронизации и условиями открытой местности. Умения: – анализировать сценарий кооперативной транспортировки груза с использованием роя мультироторных БПЛА; – определять состав функциональных, технических и пользовательских требований к системе кооперативной доставки груза; – выявлять взаимосвязи между количеством БПЛА, массой груза, распределением нагрузки, устойчивостью подвеса и безопасностью выполнения миссии; – документировать требования к архитектуре роя, алгоритмам взаимодействия, моделированию, проверке и представлению результатов разработки. Владение навыками: – анализа технического задания на разработку системы кооперативной доставки груза роем

		мультироторных БПЛА; – систематизации требований к синхронному взлету, удержанию груза, перемещению по маршруту и безопасной посадке; – описания входных воздействий, условий функционирования и критериев проверки работоспособности системы; – подготовки исходных требований для разработки цифрового двойника, алгоритмов кооперативного управления и испытательных сценариев.
2. Способен разрабатывать структуру программного решения для кооперативного взаимодействия мультироторных БПЛА при совместной транспортировке груза, включая описание логики взаимодействия программных модулей, обмена данными и согласования действий БПЛА	ПК	Знания: – принципов построения программной архитектуры систем группового и роевого управления БПЛА; – состава основных программных модулей цифрового двойника: модели агента, менеджера многоагентной среды, модели груза, модели тросов, модуля обмена данными, алгоритмов управления и визуализации; – способов организации обмена данными между БПЛА, включая передачу координат, скорости, статуса нагрузки и управляющих команд; – средств разработки и моделирования, применяемых для создания программного решения: Python 3.10+, Git, виртуальное окружение, NumPy, SciPy, Eigen, Pygame, ModernGL. Умения: – разрабатывать структуру программного решения для кооперативной доставки груза; – определять состав, назначение и взаимосвязи программных модулей цифрового двойника; – проектировать логику обмена данными между БПЛА и согласования действий участников роя; – описывать поток данных от задания параметров груза и маршрута до моделирования синхронного движения группы БПЛА. Владение навыками: – построения архитектуры программного решения для кооперативного взаимодействия мультироторных БПЛА; – разработки блок-схемы взаимодействия модулей

		моделирования, управления, обмена данными и визуализации; – проектирования шины данных и механизма обмена сообщениями между агентами в многоагентной среде; – описания логики согласования действий БПЛА при подъеме, перемещении и посадке груза.
3. Способен разрабатывать алгоритмы решения задач кооперативного управления роем мультироторных БПЛА, включая синхронизацию действий БПЛА, распределение нагрузки, стабилизацию положения груза и обеспечение безопасного выполнения этапов подъема, перемещения и посадки	ПК	Знания: – принципов кооперативного управления группой мультироторных БПЛА; – методов синхронизации действий БПЛА, формирования виртуальной структуры роя и поддержания заданного расположения аппаратов относительно груза; – подходов к статическому и динамическому распределению нагрузки между БПЛА с учетом массы груза, точек подвеса, различий в тяге и положения центра масс; – методов стабилизации подвешенного груза, подавления маятникового эффекта, применения PID-регуляторов и построения плавных S-образных траекторий движения. Умения: – разрабатывать алгоритмы синхронного взлета, натяжения тросов, совместного перемещения и безопасной посадки группы БПЛА; – рассчитывать распределение нагрузки между активными агентами роя при транспортировке груза массой до 10–20 кг; – проектировать алгоритмы удержания формации, следования за виртуальным центром масс, движения по маршруту и стабилизации груза; – учитывать внешние возмущения, порывистый ветер, задержки обмена данными, потерю пакетов и рассогласование действий БПЛА. Владение навыками: – разработки алгоритмов кооперативного управления роем мультироторных БПЛА; – построения логики синхронизации действий БПЛА на этапах натяжения тросов, подъема, перемещения и посадки груза; – моделирования распределения нагрузки, компенсации моментов и стабилизации положения груза;

		– настройки алгоритмов антираскачки, удержания формации, jerk-limited trajectory и блокировки взлета при критической десинхронизации агентов.
4. Способен создавать программный код для моделирования поведения группы мультироторных БПЛА при кооперативной доставке груза с учетом внешних возмущений, различий в тяге БПЛА, изменения положения груза и ошибок синхронизации	ПК	Знания: – основ программирования и численного моделирования динамики мультироторных БПЛА, подвесной системы и транспортируемого груза; – принципов описания вектора состояния БПЛА, координат, скоростей, ускорений, моментов, тяги и моментов инерции; – подходов к моделированию физики движения с использованием расчетных модулей и физических движков PhysX, Bullet, Havok; – способов логирования, профилирования, записи телеметрии и хранения результатов моделирования в форматах CSV и HDF5. Умения: – создавать программный код модели одного мультироторного БПЛА и группы агентов; – реализовывать модель груза, тросов, сил натяжения и обратного влияния раскачки груза на движение БПЛА; – моделировать внешние возмущения, различия в тяге, задержки обмена данными, потерю пакетов и ошибки синхронизации; – выполнять визуализацию, логирование, профилирование и первичный анализ результатов моделирования. Владение навыками: – разработки программных модулей цифрового двойника кооперативной транспортной системы; – реализации модели агента, модели груза, системы тросов, многоагентной среды и механизма обмена сообщениями; – работы с NumPy, SciPy, Eigen, Pygame и ModernGL для моделирования и визуализации поведения роя; – отладки программного кода, описывающего динамику группы БПЛА и устойчивость транспортируемого груза.
5. Способен выполнять сборку и интеграцию программных модулей моделирования, кооперативного управления и обмена данными в	ПК	Знания: – принципов сборки и интеграции программных модулей в единое программное решение;

единое программное решение для кооперативной доставки груза с использованием роя мультироторных БПЛА		– способов взаимодействия модулей моделирования движения БПЛА, поведения груза, кооперативного управления, обмена данными и визуализации; – требований к согласованной работе расчетного ядра, менеджера многоагентной среды, алгоритмов управления, имитации радиоканала и визуализационного модуля; – подходов к организации сценариев моделирования полного цикла кооперативной доставки груза. Умения: – объединять программные модули моделирования, управления, обмена данными и визуализации в единую систему; – настраивать взаимодействие модулей синхронизации, распределения нагрузки, стабилизации груза и навигации по маршруту; – проверять корректность передачи данных между агентами, виртуальным лидером и ведомыми БПЛА; – выполнять сборку интегрированной модели для демонстрации взлета, полета по маршруту с грузом и посадки. Владение навыками: – интеграции программных модулей цифрового двойника кооперативной доставки груза; – настройки взаимодействия расчетного ядра, алгоритмов управления, модуля обмена данными и средств визуализации; – проверки работоспособности интегрированной программной модели на сценариях группового полета; – подготовки единого программного решения к промежуточной экспертизе и итоговой демонстрации.
6. Способен разрабатывать процедуры проверки, выполнять тестирование, анализ и отладку программных модулей и интегрированного программного решения кооперативного управления, синхронизации действий БПЛА, распределения нагрузки и оценки устойчивости груза	ПК	Знания: – методов тестирования программных решений для моделирования и кооперативного управления группой БПЛА; – критериев проверки системы кооперативной доставки: синхронности работы БПЛА, равномерности распределения нагрузки, устойчивости груза, отсутствия резких колебаний и безопасности транспортировки; – способов стресс-тестирования

		системы при максимальной массе груза, порывистом ветре, задержках обмена данными и рассогласовании агентов; – методов анализа производительности симулятора, профилирования кода и проверки работы модели в режиме реального времени. Умения: – разрабатывать процедуры проверки программных модулей и интегрированного решения; – проводить тестирование алгоритмов синхронизации, распределения нагрузки, удержания формации, антираскачки и посадки; – анализировать результаты моделирования движения роя, поведения груза и устойчивости системы; – выявлять ошибки программного решения, выполнять отладку и оптимизацию алгоритмов кооперативного управления. Владение навыками: – проведения тестирования цифрового двойника кооперативной доставки груза; – анализа устойчивости груза, синхронности действий БПЛА, корректности распределения нагрузки и качества движения по маршруту; – стресс-тестирования системы при грузе до 20 кг, имитации ветра до 10 м/с и предельных режимах эксплуатации; – профилирования и оптимизации кода для обеспечения работы симулятора в реальном времени.
7. Способен оформлять программный код, техническую и отчетную документацию, сопровождающую разработку и подтверждающую результаты проверки работоспособности программного решения для кооперативной доставки груза роем мультироторных БПЛА	ПК	Знания: – требований к оформлению программного кода, технической и отчетной документации по программному решению; – состава документации на систему кооперативной доставки груза: описание концепции, архитектуры, алгоритмов взаимодействия, модели роя, модели груза и результатов проверки; – правил описания программных модулей, входных и выходных данных, ограничений модели, сценариев моделирования и критериев оценки работоспособности; – требований к подготовке презентации, видеозаписи работы

		цифрового двойника и материалов для итоговой защиты. Умения: – оформлять программный код и комментарии к ключевым алгоритмическим решениям; – разрабатывать техническое описание архитектуры, алгоритмов кооперативного управления и модели поведения груза; – составлять отчет по результатам моделирования, стресс-тестирования и анализа устойчивости системы; – готовить презентационные материалы с описанием концепции, алгоритмов взаимодействия и результатов проверки программного решения. Владение навыками: – подготовки комплекта технической и отчетной документации по программному решению кооперативной доставки груза; – оформления исходного кода, описания структуры программы, алгоритмов взаимодействия БПЛА и параметров цифрового двойника; – составления материалов по результатам моделирования, проверки синхронизации, распределения нагрузки, устойчивости груза и производительности симулятора; – подготовки итоговой презентации, видеодемонстрации и отчетных материалов, подтверждающих работоспособность разработанного решения.

1.9. Входное тестирование.

Наименование	**Формат проведения**	**Количество часов**
Входное тестирование	Не предусмотрено	-

2. Учебный план

Наименование модулей/тем образовательной программы	**Всего, ак. час**	**Виды учебных занятий**			**Формы контроля успеваемости обучающегося**
		теоретические занятия, ак. час	**практические занятия, ак. час**	**самостоятельная работа, ак. час**	
Образовательный теоретический блок	37	36	1	0	
Модуль 1	36	36	0	0	

Тема 1.1. Основы роевого взаимодействия беспилотных авиационных систем	4	4	0	0	
Тема 1.2. Конструктивные особенности мультироторных БПЛА для транспортировки грузов	5	5	0	0	
Тема 1.3. Основы механики и динамики групповой транспортировки грузов	5	5	0	0	
Тема 1.4. Системы связи и обмена данными в рое БПЛА	5	5	0	0	
Тема 1.5. Алгоритмы кооперативного управления роем БПЛА	4	4	0	0	
Тема 1.6. Навигация и планирование маршрутов группового полета	3	3	0	0	
Тема 1.7. Моделирование процессов кооперативной транспортировки грузов	4	4	0	0	
Тема 1.8. Безопасность и устойчивость систем кооперативной транспортировки	3	3	0	0	
Тема 1.9. Разработка инженерного решения и подготовка проектной документации	3	3	0	0	
Промежуточная аттестация по итогам модуля	0	0	0	0	Аттестация не предусмотрена
Промежуточная аттестация по итогам освоения образовательного теоретического блока*	1	0	1	0	Тестирование
Блок практической подготовки	103	0	103	0	
Промежуточная аттестация по итогам освоения блока практической подготовки**	1	0	1	0	Зачет в формате экспертизы презентации концепции решения инженерной задачи, разработанной участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу
Модуль 2	102	0	102	0	
Тема 2.1. Развертывание и настройка инженерной среды	4	0	4	0	
Тема 2.2. Математическое ядро и динамика агента	8	0	8	0	
Тема 2.3. Менеджер многоагентной среды и синхронизация	6	0	6	0	
Тема 2.4. Физика кооперативного подвеса	8	0	8	0	
Тема 2.5. Протоколы межсистемного обмена	8	0	8	0	

Тема 2.6. Геометрия роя и виртуальные структуры	10	0	10	0	
Тема 2.7. Статическое распределение нагрузки	8	0	8	0	
Тема 2.8. Алгоритм синхронного взлета и посадки	10	0	10	0	
Тема 2.9. Динамическая стабилизация и анти-раскачка	10	0	10	0	
Тема 2.10. Кооперативная навигация по маршруту	14	0	14	0	
Тема 2.11. Стресс-тестирование и оптимизация кода	8	0	8	0	
Тема 2.12. Финализация проекта и демонстрация	8	0	8	0	
Промежуточная аттестация по итогам модуля	0	0	0	0	Аттестация не предусмотрена
Итоговая аттестация	4	0	4	0	Защита полученного решения инженерной задачи с обязательной проверкой соответствия технических характеристик разработанного решения инженерной задачи исходным техническим требованиям, предоставленным Компанией БАС для решения инженерной задачи, с фиксацией результатов в протоколе испытаний решения инженерной задачи
Итого	144	36	108	0	

* Промежуточная аттестация в рамках образовательного теоретического блока проводится по итогам реализации обучения по образовательному теоретическому блоку в целом.

** Блок практической подготовки включает промежуточную аттестацию в формате проведения экспертизы презентации концепции решения инженерной задачи, разработанного участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу.

3. Рабочая программа

Наименование разделов (модулей) и тем	**Виды учебных занятий**	**Содержание учебных занятий**
Образовательный теоретический блок		
Модуль 1		
Тема 1.1. Основы роевого взаимодействия беспилотных авиационных систем	Лекция (4 ч)	1. Концепция роевого взаимодействия беспилотных авиационных систем. 2. История развития и современные направления применения роевых

		технологий. 3. Архитектуры управления роем БВС 4. Преимущества и ограничения кооперативного выполнения задач.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.2. Конструктивные особенности мультироторных БПЛА для транспортировки грузов	Лекция (5 ч)	1. Конструкция и основные элементы мультироторных БПЛА. 2. Силовые установки и энергетические системы беспилотников. 3. Грузоподъемность БПЛА и факторы, влияющие на нее. 4. Системы подвеса и крепления транспортируемых грузов.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.3. Основы механики и динамики групповой транспортировки грузов	Лекция (5 ч)	1. Силы и моменты, действующие на систему «рой БПЛА – груз». 2. Принципы распределения нагрузки между летательными аппаратами. 3. Колебательные процессы при транспортировке подвесных грузов. 4. Условия обеспечения устойчивости транспортируемого груза.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.4. Системы связи и обмена данными в рое БПЛА	Лекция (5 ч)	1. Принципы организации связи между беспилотными аппаратами. 2. Сетевые топологии и каналы обмена данными в рое. 3. Передача телеметрической информации и управляющих команд. 4. Помехоустойчивость и надежность каналов связи.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.5. Алгоритмы кооперативного управления роем БПЛА	Лекция (4 ч)	1. Основы кооперативного управления беспилотными системами. 2. Алгоритмы синхронизации действий БПЛА. 3. Методы формирования и поддержания строя. 4. Распределение задач и функций в рое беспилотников.
	Практическое занятие (0 ч)	

	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.6. Навигация и планирование маршрутов группового полета	Лекция (3 ч)	1. Навигационные системы беспилотных авиационных комплексов. 2. Определение пространственного положения группы БПЛА. 3. Планирование маршрутов транспортировки груза. 4. Коррекция траектории и предотвращение отклонений от маршрута.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч.)	
Тема 1.7. Моделирование процессов кооперативной транспортировки грузов	Лекция (4 ч)	1. Основы математического моделирования беспилотных систем. 2. Моделирование движения роя БПЛА. 3. Моделирование поведения транспортируемого груза. 4. Анализ результатов моделирования и оценка эффективности решений.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.8. Безопасность и устойчивость систем кооперативной транспортировки	Лекция (3 ч)	1. Простой UDP-сервер на Python для приёма от LoRa-шлюза. 2. Дешифрация бинарного пакета: извлечение полей, проверка CRC. 3. Хранение истории: SQLite или текстовые логи с метками времени. 4. Интерфейс: отображение последней телеметрии, выделение тревог (вскрытие, удар, SOS).
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 1.9. Разработка инженерного решения и подготовка проектной документации	Лекция (3 ч)	1. Формирование архитектуры системы кооперативной доставки груза. 2. Разработка концепции алгоритмов взаимодействия БПЛА. 3. Подготовка технической и проектной документации. 4. Представление и защита инженерного решения.
	Практическое занятие (0 ч)	
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Промежуточная аттестация по итогам модуля	Аттестация не предусмотрена (0 ч)	Аттестация не предусмотрена

Промежуточная аттестация по итогам освоения образовательного теоретического блока	Практическое занятие (1 ч)	Тестирование
Блок практической подготовки		
Промежуточная аттестация по итогам освоения блока практической подготовки	Практическое занятие (1 ч)	Зачет в формате экспертизы презентации концепции решения инженерной задачи, разработанной участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу
Модуль 2		
Тема 2.1. Развертывание и настройка инженерной среды	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: работа с наставником (реализуется в целях закрепления теоретических знаний, совершенствования практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (4 ч)	Цель практического занятия: сформировать у обучающихся практические навыки развертывания и настройки инженерной среды для разработки цифрового двойника роя мультироторных БПЛА. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется подготовка вычислительной платформы и рабочего окружения для разработки цифрового двойника. Обучающиеся создают изолированную среду разработки, в которой будут проводиться расчеты динамики роя и визуализация процессов в реальном времени. Этап 1. Подготовка базового стека Установка интерпретатора Python 3.10+ и/или компилятора GCC/Clang, системы контроля версий Git и менеджеров пакетов. Настройка виртуального окружения для изоляции зависимостей проекта. Этап 2. Установка расчетных и графических библиотек Развертывание библиотек для линейной алгебры: NumPy, Eigen; научных расчетов: SciPy; инструментов отрисовки 3D-примитивов: Pygame, ModernGL или интеграция с движком визуализации. Этап 3. Настройка системы логирования и профилирования Разработка модулей для записи телеметрии в высокопроизводительные форматы, например .hdf5 или .csv.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.2. Математическое ядро и динамика агента	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: практические занятия по разработке и (или)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки разработки математического ядра и моделирования

	конструированию, и (или) проектированию, и (или) производству БАС (реализуются в целях закрепления теоретических знаний, развития практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (8 ч)	динамики отдельного мультироторного БПЛА как агента цифрового двойника роя. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется разработка фундаментальной математической модели одного мультироторного БПЛА. На данном этапе создается вычислительный код, обеспечивающий перемещение дрона в виртуальном пространстве на основе физических законов. Этап 1. Реализация модели состояния Описание вектора состояния, включающего координаты, скорости, ускорения и моменты, а также расчет моментов инерции рамы. Этап 2. Программирование физического движка Реализация логики обновления координат. Рекомендуется использовать готовое решение: PhysX, Bullet или Havok. Этап 3. Создание интерфейса управления Написание функции, которая принимает на вход обороты моторов и выдает результирующий вектор тяги и момент.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.3. Менеджер многоагентной среды и синхронизация	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: работа с наставником (реализуется в целях закрепления теоретических знаний, совершенствования практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (6 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки разработки менеджера многоагентной среды и синхронизации работы группы БПЛА в составе цифрового двойника роя. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется переход от моделирования одного объекта к управлению группой. Обучающиеся разрабатывают диспетчер, который координирует работу 4–6 агентов одновременно. Этап 1. Создание класса World Manager Реализация контейнера для хранения объектов роя и управление глобальным временем симуляции dt. Этап 2. Параллелизация вычислений Настройка обновления состояний нескольких дронов за один шаг симуляции. Этап 3. Реализация «шины данных» Создание механизма обмена сообщениями между дронами, имитирующего радиоканал, для передачи координат соседям.
	Самостоятельная работа (0 ч)	

Тема 2.4. Физика кооперативного подвеса	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: проектная деятельность (реализуется в формате решения кейсов/задач, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (8 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки моделирования физики кооперативного подвеса груза в системе цифрового двойника роя мультироторных БПЛА. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется внедрение в систему объекта «Груз» и математическое описание механических связей. Этот этап является ключевым для создания цифрового двойника транспортной системы. Этап 1. Моделирование динамики груза Создание объекта с заданной массой 10–20 кг и тензором инерции. Этап 2. Реализация модели тросов Расчет сил натяжения T как векторов, действующих на каждый БПЛА и на общую точку крепления груза. Этап 3. Программирование системы уравнений связи Настройка обратной связи, при которой раскачка груза напрямую влияет на тангаж и крен удерживающих его дронов. Рекомендуется использовать готовые решения для расчетов физики.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.5. Протоколы межсистемного обмена	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: проектная деятельность (реализуется в формате решения кейсов/задач, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (8 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки разработки протоколов межсистемного обмена для имитации бортовой сети передачи данных между БПЛА в составе роя. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется создание имитации бортовой сети обмена данными. Каждый дрон в рое должен «знать» о состоянии соседей для координации совместных действий. Этап 1. Проектирование структуры пакета данных Разработка структуры пакета данных, включающего позицию, скорость и статус нагрузки. Этап 2. Реализация модуля задержки и потери пакетов Создание модуля для имитации реальных условий радиосвязи, включая задержки и потери пакетов. Этап 3. Написание алгоритма широковещательной рассылки команд Разработка алгоритма широковещательной рассылки команд от «Виртуального лидера» к ведомым БПЛА.

	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.6. Геометрия роя и виртуальные структуры	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: практические занятия по разработке и (или) конструированию, и (или) проектированию, и (или) производству БАС (реализуются в целях закрепления теоретических знаний, развития практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (10 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки построения геометрии роя и виртуальных структур для согласованного размещения БПЛА относительно груза в цифровом двойнике транспортной системы. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется определение пространственного расположения дронов относительно груза. Обучающиеся формируют «жесткую» виртуальную раму, которую должен удерживать рой. Этап 1. Расчет оптимальных координат точек подвеса Расчет оптимальных координат точек подвеса для 4 и 6 дронов относительно центра масс груза с использованием схемы квадратного или шестиугольного расположения. Этап 2. Алгоритм трансформации координат Разработка алгоритма трансформации глобальных координат цели в локальные целевые точки для каждого агента. Этап 3. Реализация функции удержания формации Реализация функции удержания формации при поворотах системы вокруг своей оси. Этап 4. Реализация алгоритма посадки Разработка алгоритма посадки роя БПЛА с учетом сохранения геометрии виртуальной структуры.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.7. Статическое распределение нагрузки	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: проектная деятельность (реализуется в формате решения кейсов/задач, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (8 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки разработки алгоритма статического распределения нагрузки между БПЛА при кооперативной транспортировке груза. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется разработка алгоритма, который позволяет рою принять вес груза 10–20 кг без потери стабильности. Этап 1. Расчет добавочной тяги Выполнение математического расчета необходимой добавочной тяги для каждого БПЛА исходя из массы груза и количества активных агентов. Этап 2. Программирование функции балансировки

		Реализация функции «балансировки», обеспечивающей компенсацию моментов, возникающих при неравномерном закреплении груза. Этап 3. Тестирование режима зависания с грузом Проверка режима «зависания» с грузом в идеальных условиях.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.8. Алгоритм синхронного взлета и посадки	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: практические занятия по разработке и (или) конструированию, и (или) проектированию, и (или) производству БАС (реализуются в целях закрепления теоретических знаний, развития практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (10 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки разработки алгоритма синхронного взлета и посадки роя БПЛА при кооперативной транспортировке груза. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется отработка этапа отрыва от земли. Необходимо обеспечить натяжение тросов без рывков и опрокидывания дронов. Этап 1. Реализация трехфазного алгоритма взлета Разработка трехфазного алгоритма: натяжение тросов до минимального порога; синхронное увеличение тяги до веса покоя; взлет. Этап 2. Разработка детектора «отрыва» Создание детектора «отрыва», работающего на основе изменения ускорения и вертикальной скорости. Этап 3. Программная блокировка взлета при десинхронизации Реализация программной блокировки взлета при десинхронизации одного из агентов более чем на 50 мс.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.9. Динамическая стабилизация и анти-раскачка	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: практические занятия по разработке и (или) конструированию, и (или) проектированию, и (или) производству БАС (реализуются в целях закрепления теоретических знаний, развития практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (10 ч)	Цель практического занятия: сформировать у обучающихся практические навыки разработки алгоритмов динамической стабилизации и анти-раскачки груза при движении роя БПЛА. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется борьба с инерцией груза при движении. Обучающиеся разрабатывают алгоритмы, подавляющие маятниковый эффект. Этап 1. Внедрение корректирующих коэффициентов в PID-регуляторы Введение корректирующих коэффициентов в PID-регуляторы дронов, учитывающих угол отклонения троса.

		Этап 2. Реализация алгоритма «опережающего гашения» Разработка алгоритма «опережающего гашения», при котором дрон совершает микродвижение в сторону раскачки груза для его стабилизации. Этап 3. Отработка резкой остановки системы Проверка режима резкой остановки системы после горизонтального полета.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.10. Кооперативная навигация по маршруту	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: работа с наставником (реализуется в целях закрепления теоретических знаний, совершенствования практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (14 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки разработки алгоритмов кооперативной навигации роя БПЛА по заданному маршруту при совместной транспортировке груза. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется перемещение всей системы по заданным точкам пространства как единого целого. Этап 1. Генерация плавных траекторий Построение плавных S-образных кривых траектории, исключающих резкие ускорения с использованием подхода Jerk-limited trajectory. Этап 2. Программирование «виртуального центра масс» Разработка «виртуального центра масс», за которым следуют все дроны, соблюдая заданную дистанцию. Этап 3. Реализация функции облета виртуального препятствия Создание функции облета виртуального препятствия всей группой без разрыва связей между БПЛА.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.11. Стресс-тестирование и оптимизация кода	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: работа с наставником (реализуется в целях закрепления теоретических знаний, совершенствования практических навыков, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (8 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки стресс-тестирования цифрового двойника роя БПЛА и оптимизации программного кода для работы системы в реальном времени. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется проверка системы на предельных режимах эксплуатации и доработка алгоритмов. Этап 1. Тестирование при максимальной нагрузке Проведение тестирования с максимальным грузом 20 кг и имитацией порывистого ветра до 10 м/с. Этап 2. Профилирование кода

		Профилирование кода для обеспечения работы симулятора в реальном времени с показателем Real-time factor >= 1.0. Этап 3. Тонкая настройка алгоритма консенсуса Настройка весов алгоритма консенсуса для минимизации рассогласования дронов.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Тема 2.12. Финализация и демонстрация проекта	Лекция (0 ч)	
	Практическое занятие Вид: проектная деятельность (реализуется в формате решения кейсов/задач, необходимых для разработки решения инженерной задачи) (8 ч)	Цель: сформировать у обучающихся практические навыки финализации проекта и демонстрации работы цифрового двойника системы кооперативной доставки груза роем БПЛА. Содержание практического занятия В рамках практического занятия выполняется сборка всех модулей в единую систему, подготовка презентационных материалов и защита работы. Этап 1. Проведение финального демонстрационного полета Демонстрация взлета, полета по маршруту с грузом и посадки. Этап 2. Формирование комплекта документации Подготовка комплекта документации, включающего описание алгоритмов и отчет об испытаниях. Этап 3. Подготовка презентации проекта Создание презентации с видеозаписью работы цифрового двойника.
	Самостоятельная работа (0 ч)	
Промежуточная аттестация по итогам модуля	Аттестация не предусмотрена (0 ч)	Аттестация не предусмотрена
Итоговая аттестация	Защита полученного решения Инженерной задачи с обязательной проверкой соответствия технических характеристик разработанного решения инженерной задачи исходным техническим требованиям, предоставленным Компанией БАС для решения инженерной задачи, с фиксацией результатов в протоколе испытаний решения инженерной задачи (4 ч)	Процедура защиты полученного решения инженерной задачи включает представление разработанного решения и проверку соответствия технических характеристик исходным техническим требованиям, предоставленным компанией БАС. Результатом процедуры защиты является протокол испытаний решения инженерной задачи, подтверждающий соответствие разработанного решения установленным техническим требованиям.

4. Календарный учебный график

(заполняется в соответствии с учебным планом и рабочей программой)

№ п/п	Наименование модуля/промежуточная аттестация/ итоговая аттестация	Календарный период (количество дней)	Количество ак. часов (в соответствии с учебным планом и рабочей программой)
1.	Образовательный теоретический блок		
1.1.	Модуль 1	12	36
1.2.	Промежуточная аттестация по итогам модуля 1*	Не предусмотрена	Не предусмотрена
1.3.	Промежуточная аттестация по итогам освоения образовательного теоретического блока*	1	1
2.	Блок практической подготовки		
	Промежуточная аттестация по итогам освоения блока практической подготовки**	1	1
2.1.	Модуль 2	45	102
2.2.	Промежуточная аттестация по итогам модуля 2**	Не предусмотрена	Не предусмотрена
2.3	Итоговая аттестация	1	4
	Итого	60	144

* Промежуточная аттестация в рамках образовательного теоретического блока проводится по итогам реализации обучения по образовательному теоретическому блоку в целом.

** Блок практической подготовки включает промежуточную аттестацию в формате проведения экспертизы презентации концепции решения инженерной задачи, разработанного участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу.

5. Фонд оценочных средств

5.1. Промежуточная аттестация
5.1.1. Теоретический блок обучения:
проведение промежуточной аттестации по итогам освоения образовательного теоретического блока (обязательно) - указываются формы, диагностические инструменты, описание кейсов, показателей и критериев оценивания, шкалы оценивания.

Модуль 1
Промежуточная аттестация не предусмотрена

Промежуточная аттестация по итогам образовательного теоретического блока
Формы: тестирование
Диагностические инструменты: тест с выбором одного правильного ответа из нескольких предложенных вариантов, направленный на проверку освоения теоретического материала образовательного блока. Тест состоит из 30 вопросов. Требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам: ответьте на тестовые вопросы с множественным выбором, выбрав один правильный вариант из предложенных.
Критерии оценивания: соответствие ответа на тестовый вопрос правильному ответу.
Показатели оценивания: количество правильных ответов на тестовые вопросы.
Алгоритм расчета показателей: за каждый правильный ответ на тестовый вопрос ставится 1 балл, за неправильный – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 30.
Шкала оценивания: зачет/незачет:
– зачет – не менее 60% правильных ответов (18 баллов и более);
– незачет – менее 60% правильных ответов (менее 18 баллов)
Примеры вопросов теста:
1. Что является основной особенностью роевого взаимодействия беспилотных авиационных систем?
A. Выполнение задач исключительно под управлением оператора
B. Использование одинаковых моделей БПЛА
C. Совместное выполнение задач с координацией действий аппаратов
D. Передача данных только через наземную станцию
Правильный ответ: C
2. Какое преимущество обеспечивает применение роевых технологий?
A. Снижение требований к квалификации оператора
B. Повышение эффективности выполнения сложных задач за счет совместной работы
C. Исключение необходимости навигации
D. Уменьшение количества используемых датчиков

Правильный ответ: B

3. Какое направление относится к современным областям применения роя БПЛА?

A. Кооперативный мониторинг и доставка грузов

B. Только аэрофотосъемка

C. Только учебные полеты

D. Только спортивные соревнования

Правильный ответ: A

4. Какая архитектура управления предполагает принятие решений каждым аппаратом на основе локальной информации?

A. Централизованная

B. Иерархическая

C. Комбинированная

D. Децентрализованная

Правильный ответ: D

5. Какое преимущество имеет децентрализованная архитектура управления?

A. Устойчивость к отказу отдельных аппаратов

B. Минимальное количество вычислений

C. Полное отсутствие обмена данными

D. Возможность управления только одним оператором

Правильный ответ: A

6. Какое ограничение характерно для кооперативного выполнения задач?

A. Невозможность автоматического управления

B. Ограничение по дальности полета

C. Необходимость синхронизации и обмена информацией между участниками

D. Обязательное использование одинаковых БПЛА

Правильный ответ: C

7. Какой элемент является несущей основой мультироторного БПЛА?

A. Полетный контроллер

B. Рама

C. Аккумулятор

D. Регулятор скорости

Правильный ответ: B

8. Какой компонент непосредственно преобразует электрическую энергию в механическую?

A. Бесколлекторный электродвигатель

B. Полетный контроллер

C. GNSS-приемник

D. Радиомодем

Правильный ответ: A

9. Какой фактор оказывает наибольшее влияние на грузоподъемность БПЛА?

A. Тип телеметрического протокола

B. Количество навигационных датчиков

C. Максимальная суммарная тяга силовой установки

D. Частота передачи данных

Правильный ответ: C

10. Для чего используется подвесная система при транспортировке груза?

A. Для хранения полетного задания

B. Для повышения качества связи

C. Для управления двигателями

D. Для надежного крепления и стабилизации груза

Правильный ответ: D

11. Что происходит при увеличении массы перевозимого груза?

A. Возрастает нагрузка на силовую установку

B. Снижается энергопотребление

C. Уменьшается необходимая тяга

D. Повышается маневренность

Правильный ответ: A

12. Какой параметр следует учитывать при выборе БПЛА для транспортировки груза?

A. Тип наземной станции

B. Максимальную грузоподъемность

C. Формат записи логов

D. Частоту обновления программного обеспечения

Правильный ответ: B

13. Какая сила постоянно действует на груз во время транспортировки?

A. Аэродинамическая сила сопротивления

B. Подъемная сила
C. Сила тяжести
D. Центростремительная сила
Правильный ответ: C
14. Для чего распределяется нагрузка между несколькими БПЛА?
A. Для уменьшения объема телеметрии
B. Для равномерного использования ресурсов аппаратов
C. Для сокращения количества датчиков
D. Для увеличения количества операторов
Правильный ответ: B
15. Что является одной из причин возникновения колебаний подвесного груза?
A. Работа GNSS-приемника
B. Передача телеметрии
C. Резкие маневры и изменения скорости
D. Использование нескольких аккумуляторов
Правильный ответ: C
16. Какое условие способствует устойчивости транспортируемого груза?
A. Частое изменение высоты
B. Полет на максимальной скорости
C. Постоянное изменение строя
D. Согласованное управление всеми БПЛА
Правильный ответ: D
17. Для чего организуется связь между участниками роя?
A. Для координации действий и обмена информацией
B. Для увеличения грузоподъемности
C. Для уменьшения энергопотребления
D. Для повышения тяги двигателей
Правильный ответ: A
18. Какая сетевая топология предполагает наличие центрального узла связи?
A. Кольцо
B. Звезда
C. Ячеистая сеть
D. Линия
Правильный ответ: B
19. Что относится к телеметрической информации БПЛА?
A. Стоимость оборудования
B. Конструкторская документация
C. Координаты, скорость и состояние систем
D. Серийный номер двигателя
Правильный ответ: C
20. Какой метод повышает надежность обмена данными?
A. Использование резервных каналов связи
B. Уменьшение частоты передачи сообщений
C. Отказ от подтверждения приема данных
D. Передача информации только через одного участника
Правильный ответ: A
21. Что является целью кооперативного управления роем?
A. Исключение обмена данными
B. Повышение эффективности совместной работы аппаратов
C. Замена навигационных систем
D. Снижение количества участников роя
Правильный ответ: B
22. Для чего используются алгоритмы синхронизации БПЛА?
A. Для выбора полезной нагрузки
B. Для определения дальности полета
C. Для согласования действий аппаратов во времени
D. Для расчета стоимости миссии
Правильный ответ: C
23. Что понимается под строем БПЛА?
A. Пространственное расположение аппаратов относительно друг друга
B. График технического обслуживания
C. Последовательность команд управления
D. Состав телеметрического пакета
Правильный ответ: A

24. Какое преимущество обеспечивает распределение задач между участниками роя?
A. Исключение отказов оборудования
B. Уменьшение количества аппаратов
C. Повышение эффективности использования ресурсов группы
D. Снижение требований к навигации
Правильный ответ: C
25. Какая система используется для определения координат БПЛА?
A. UART
B. CAN
C. Ethernet
D. GNSS
Правильный ответ: D
26. Для чего выполняется планирование маршрута транспортировки груза?
A. Для обеспечения безопасного и эффективного выполнения миссии
B. Для увеличения скорости передачи данных
C. Для настройки радиоканала
D. Для выбора типа аккумулятора
Правильный ответ: A
27. Какова основная задача коррекции траектории?
A. Увеличение времени полета
B. Компенсация отклонений от запланированного маршрута
C. Повышение грузоподъемности
D. Изменение конфигурации роя
Правильный ответ: B
28. Для чего применяется математическое моделирование роя БПЛА?
A. Для регистрации воздушного судна
B. Для хранения телеметрических данных
C. Для прогнозирования поведения системы до проведения испытаний
D. Для составления эксплуатационной документации
Правильный ответ: C
29. Для чего используется проверка CRC при обработке телеметрических пакетов?
A. Для определения координат
B. Для вычисления скорости
C. Для синхронизации времени
D. Для контроля целостности данных
Правильный ответ: D
30. Какова основная цель подготовки технической и проектной документации?
A. Обоснование и описание инженерного решения
B. Определение стоимости оборудования
C. Расчет времени зарядки аккумуляторов
D. Настройка телеметрии

Описание кейсов: кейсовые задания в рамках промежуточной аттестации по итогам освоения образовательного теоретического блока не предусмотрены.

5.1.2. Практический блок обучения:
проведение промежуточной аттестации в формате проведения экспертизы презентации концепции решения инженерной задачи, разработанного Участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением Эксперта от компании БАС, предоставившей Инженерную задачу. Указываются формы, диагностические инструменты, описание кейсов, показателей и критериев оценивания, шкалы оценивания по модулю (если применимо);

Модуль 2

Промежуточная аттестация не предусмотрена

Промежуточная аттестация по итогам освоения блока практической подготовки:

Зачет в формате экспертизы презентации концепции решения инженерной задачи, разработанной участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением Эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу.

Диагностические инструменты:

– презентация концепции решения инженерной задачи;

– процедура и результаты экспертизы концепции решения инженерной задачи, разработанного участниками молодежных инженерных команд;

– протокол промежуточной аттестации, отзыв эксперта Компании БАС на концепцию решения инженерной задачи, видеозапись процедуры проведения промежуточной аттестации.

Описание кейса

По итогам разработки концепции решения инженерной задачи молодежная инженерная команда готовит презентацию концепции. Презентация должна включать, в том числе, следующие сведения:

– результаты исследования существующих аналогов решения задачи;

– эскиз (макет) предлагаемого решения задачи;

– дорожная карта по решению задачи.

Презентация также должна соответствовать требованиям, предъявляемым со стороны Университета 2035, компании БАС, предоставившей инженерную задачу (при наличии таких требований).

Осуществляется экспертиза презентации концепции решения инженерной задачи с обязательным привлечением эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу.

Показатели и критерии оценивания:

1) Критерий «Соответствие представленного в концепции эскиза решения требованиям ТЗ»:

– показатель «Соответствие представленного в концепции эскиза решения количественным характеристикам, указанным в ТЗ»;

– показатель «Соответствие представленного в концепции эскиза решения качественным характеристикам, указанным в ТЗ».

2) Критерий «Степень проработанности дорожной карты по решению инженерной задачи»:

– показатель «Соответствие дорожной карты по решению инженерной задачи установленным заказчиком срокам»;

– показатель «Оптимальность предложенного состава и последовательности действий по разработке решения инженерной задачи, указанным в дорожной карте».

3) Критерий «Степень проработанности концепции в части учета существующих аналогов решения инженерной задачи»:

– показатель «Полнота исследования существующих аналогов решения инженерной задачи»;

– показатель «Учет в предлагаемом решении существующих аналогов».

Шкала оценивания: каждый показатель оценивается по шкале от 0 до 5 баллов. Каждый критерий оценивается от 0 до 10 баллов. Максимальный балл по промежуточной экспертизе составляет 30 баллов.

На основании суммарного балла определяется результат промежуточной экспертизы:

– 0-10 баллов – концепция требует существенной переработки и повторной экспертизы;

– 11-19 баллов – концепция требует незначительной доработки и повторной экспертизы;

– 20-30 баллов – концепция согласована; при наличии несущественных замечаний рекомендуется их устранение в процессе реализации.

В случае получения командой оценки от 0 до 19 баллов проводится повторная промежуточная экспертиза в порядке, согласованном с заказчиком решения.

5.2. Итоговая аттестация

Описание формата проведения: итоговая аттестация проводится в формате защиты полученного инженерного решения с обязательной проверкой соответствия технических характеристик разработанного решения инженерной задачи исходным техническим требованиям, предоставленным Компанией БАС для решения Инженерной задачи, с фиксацией результатов в протоколе испытаний решения Инженерной задачи.

Защита полученного решения инженерной задачи с обязательной проверкой соответствия технических характеристик разработанного решения инженерной задачи исходным техническим требованиям, предоставленным Компанией БАС для решения.

Процедура защиты полученного решения инженерной задачи включает представление разработанного решения и проверку соответствия технических характеристик исходным техническим требованиям, предоставленным компанией БАС. Результатом процедуры защиты является протокол испытаний решения инженерной задачи, подтверждающий соответствие разработанного решения установленным техническим требованиям.

6. Организационно-педагогические условия реализации образовательной программы

6.1. Учебно-методическое обеспечение образовательной программы

Учебно-методические материалы

Методы, формы и образовательные технологии, используемые при реализации образовательной программы.	Методические разработки, материалы курса, учебная литература, ресурсы сети Интернет (список учебной литературы должен содержать перечень изданий, опубликованных не ранее, чем 7 предыдущих лет (периодические издания за последние 5 лет)
Методы: модульное, контекстное, проблемное, проектное, практико-ориентированное обучение. Формы: лекции с использованием мультимедийных средств; практические занятия в очном формате по разработке и (или) конструированию, и (или) проектированию, и (или) производству БАС; работа с наставником; проектная деятельность в формате решения кейсов/задач, необходимых для разработки решения инженерной задачи. Блок практической подготовки реализуется в очном формате и направлен на получение участниками молодежной инженерной команды практического опыта разработки решения инженерной задачи. Технологии: технологии проектного обучения, технологии командной работы, технологии практико-ориентированной подготовки, технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии (для реализации теоретического блока).	Методические разработки и материалы курса: – планы лекционных занятий; – лекционный материал; – презентационные материалы к теме; – тестовые вопросы для проверки знаний; – мультимедиа материалы (презентации и/или видео); – планы практических занятий; – пояснения к выполнению практических заданий; – практические задания. **Учебная литература / Ресурсы сети Интернет:** 1. Беспилотные авиационные системы : учебное пособие / С. В. Кисова, Б. С. Цыдыпов, Е. В. Коновалова [и др.]. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. – 104 с. – ISBN 978-5-4497-4528-6. – Текст : непосредственный 2. Фетисов, В. С. Беспилотные авиационные системы: терминология, классификация, структура : учебное пособие для вузов / В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 132 с. – ISBN 978-5-507-56701-0. – Текст : непосредственный 3. Золкин, А. Л. Проектирование и разработка систем управления беспилотных транспортных средств : учебное пособие для вузов / А. Л. Золкин. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 152 с. – ISBN 978-5-507-52886-8. – Текст : непосредственный 4. Орешенко, Т. Г. Теория и системы управления : учебное пособие для вузов / Т. Г. Орешенко. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 152 с. – ISBN 978-5-507-52795-3. – Текст : непосредственный 5. Авиационные инфокоммуникационные сети : учебное пособие для СПО. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 196 с. – ISBN 978-5-507-52955-1. – Текст : непосредственный

5.1. Информационное сопровождение образовательной программы

Информационное сопровождение образовательной программы	
Электронные образовательные ресурсы	Электронные информационные ресурсы
1. Дроны: автономные беспилотные воздушные системы [Электронный ресурс] // Лекториум : [сайт]. – URL: https://www.lektorium.tv/drones (дата обращения: 29.06.2026). Открытый курс с видеолекциями, заданиями и практикой по устройству, применению и программированию БАС. 2. Уроки курса «Дроны: автономные беспилотные воздушные системы» [Электронный ресурс] //	1. Учет беспилотных гражданских воздушных судов и сверхлегких гражданских воздушных судов [Электронный ресурс] // Росавиация : [сайт]. – URL: https://favt.gov.ru/dejatelnost-ucet-bespilotnyh-grajdanskih-vozdyshnih-sudov-i-sverkhlyogkih-grazhdanskih-vozdushnih-sudov/ (дата обращения: 29.06.2026). 2. Портал учета воздушных судов [Электронный

Лекториум : [сайт]. – URL: https://www.lektorium.tv/drones-materials (дата обращения: 29.06.2026). Открытые учебные материалы по БАС, картографированию, техническому зрению и Python. 3. Введение в сети ЭВМ [Электронный ресурс] // Teach-in : открытые видеолекции МГУ. – URL: https://legacy.teach-in.ru/course/introduction-to-computer-networks/about (дата обращения: 29.06.2026). Видеолекции по сетям, каналам связи и протоколам. 4. Программирование на Python [Электронный ресурс] // Stepik : [сайт]. – URL: https://stepik.org/course/67/promo (дата обращения: 29.06.2026). Бесплатный онлайн-курс с задачами автоматической проверки. 5. Вариационное исчисление и оптимальное управление. Семинары [Электронный ресурс] // Teach-in : открытые видеолекции МГУ. – URL: https://teach-in.ru/course/calculus-of-variations-and-optimal-control-rutin (дата обращения: 29.06.2026). Открытые видеосеминары по оптимальному управлению и расчётным задачам. Платформа для реализации образовательной программы в области разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем, с возможностью контроля цифрового следа обучающихся (входит в реестр российского ПО: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663948. Симулятор полетов, сборочных и ремонтных процессов, эксплуатации дронов квадрокоптерного и самолетного типа при разных погодных условиях (входит в реестр российского ПО: порядковый номер реестровой записи: 21688, дата решения о включении сведений о программном обеспечении в соответствующий реестр: 07.03.2024). При реализации модуля используются электронные информационные ресурсы собственного производства (записанные образовательные видеоматериалы).	ресурс] // Росавиация : [сайт]. – URL: https://bvs.favt.ru/ (дата обращения: 29.06.2026). 3. Порядок использования воздушного пространства [Электронный ресурс] // Портал учета воздушных судов Росавиации : [сайт]. – URL: https://bvs.favt.ru/support/flyuse (дата обращения: 29.06.2026). 4. Для полетов беспилотных воздушных судов (БВС) [Электронный ресурс] // ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» : [сайт]. – URL: https://gkovd.ru/services/bvs/ (дата обращения: 29.06.2026). 5. NetworkX documentation [Электронный ресурс] // NetworkX : [сайт]. – URL: https://networkx.org/documentation/stable/ (дата обращения: 29.06.2026). 6. SciPy documentation [Электронный ресурс] // SciPy : [сайт]. – URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy/ (дата обращения: 29.06.2026).

Открепленная электронная подпись
уполномоченного представителя Участника открытого отбора МЦПК