

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор/Декан
института механики и энергетики
Мастепаненко Максим Алексеевич

«__» _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.03 Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы

35.04.06 Агроинженерия

Системы управления беспилотными летательными аппаратами

магистр

очная

1. Цель дисциплины

Цели освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических и практических знаний о предварительной подготовке беспилотного воздушного судна к полётам, выполнении полётов и авиационных работ с использованием воздушного пространства в соответствии с действующими правилами, а также получение информации от беспилотных воздушных судов и её обработка.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1 Проведение научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	ПК-1.1 Способен проводить патентные исследования и определение характеристик продукции (услуг)	знает проводить исследования в области сельскохозяйственных БПЛА умеет формировать заявки на изобретения сельскохозяйственных БПЛА владеет навыками навыками по расчету узлов и механизмов сельскохозяйственных БПЛА
ПК-1 Проведение научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	ПК-1.2 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	знает методику поиска научно-технической информации по сельскохозяйственным БПАЛ умеет проводить анализ полученных научно-технических данных владеет навыками методами обработки результатов исследований
ПК-1 Проведение научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	ПК-1.3 Руководство группой работников при исследовании самостоятельных тем	знает методы управления работой научного коллектива умеет формулировать цели и задачи при исследовании коллективом самостоятельных тем владеет навыками навыками внедрения и практического использования полученных в ходе исследований результатов
ПК-2 Способен разрабатывать, обслуживать и эксплуатировать беспилотные летательные аппараты	ПК-2.1 Разрабатывает и рассчитывает основные параметры элементов и конструктивных особенностей беспилотных летательных аппаратов	знает нормативные правовые акты, нормативно-техническая и методическая документация, регламентирующие проведение агрохимического и агроэкологического мониторинга, почвенных обследований умеет определять объём полевых работ, необходимый и достаточный для решения задач в рамках

		мониторинга владеет навыками навык полетов на сельскохозяйственном беспилотном летательном аппарате
ПК-2 Способен разрабатывать, обслуживать и эксплуатировать беспилотные летательные аппараты	ПК-2.2 Планирует и организует, осуществляет общее руководство и контроль эксплуатации беспилотных летательных аппаратов	знает методы мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве умеет разрабатывать нормативно-техническую документацию в области агрохимического и агроэкологического мониторинга, различных видов почвенных обследований владеет навыками получения формирования ортофотопланов
ПК-2 Способен разрабатывать, обслуживать и эксплуатировать беспилотные летательные аппараты	ПК-2.3 Выполняет работы по дистанционному контролю и регулированию режимов работы беспилотных летательных аппаратов	знает история развития методов применения БЛА в сельском хозяйстве умеет контролировать соответствие объема выполненных полевых, камеральных, лабораторных работ программе исследований владеет навыками калибровки форсунок и насосов сельскохозяйственных БПЛА
ПК-2 Способен разрабатывать, обслуживать и эксплуатировать беспилотные летательные аппараты	ПК-2.4 Выполняет техническое и оперативное обслуживание, ремонт, диагностику и наладку беспилотных летательных аппаратов	знает сформулируй цель дисциплины Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы умеет проводить аэрофотосъемку и видеосъемку для мониторинга сельскохозяйственных угодий владеет навыками диагностики, обслуживания и ремонта сельскохозяйственных беспилотников
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.	знает методики анализа проблемных ситуаций умеет выявлять проблемную ситуацию и связи владеет навыками методами решения проблемных ситуаций
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке. Предлагает способы их решения	знает Способы решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации умеет Определять в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке владеет навыками способы решения проблемной ситуации

1.	1 раздел. Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима								
1.1.	Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима	3	18	10		8	34	КТ 1	Коллоквиум
1.2.	Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА	3	22	10		12	34	КТ 1	Коллоквиум
	Промежуточная аттестация	За							
	Итого		108	20		20	68		
	Итого		108	20		20	68		

5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/ (практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка
Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима	<p>Применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем Эволюция агродронов: от мониторинга к полной автономности. Анализ трансформации роли БПЛА в сельском хозяйстве за последние 10 лет.</p> <p>Drone-as-a-Service (DaaS) как бизнес-модель будущего: анализ экономической целесообразности аренды агродронов для малых и средних хозяйств .</p> <p>Искусственный интеллект против сорняков: сможет ли нейросеть заменить гербициды сплошного действия? .</p> <p>Агродроны vs. наземная техника: сравнительный анализ эффективности при обработке высокорослых культур (кукуруза, подсолнечник) и в условиях переувлажненных почв .</p> <p>Экологическая дилемма: снижение пестицидной нагрузки с помощью точного опрыскивания или новые риски для биоразнообразия?</p> <p>Барьеры внедрения агродронов в России: от</p>	4/4

	<p>нормативного регулирования до дефицита кадров .</p> <p>«Умное» орошение: потенциал применения мультиспектральных данных (NDWI) для оптимизации водопотребления</p>	
<p>Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима</p>	<p>Экспериментальный правовой режим использования сельскохозяйственных БПЛА «Регуляторная песочница» для агродронов: анализ концепции ЭПР как инструмента развития инноваций в сельском хозяйстве России.</p> <p>Свобода vs безопасность: как ограничения ЭПР (скорость, высота, регистрация) влияют на эффективность применения агродронов .</p> <p>ЭПР для агродронов: pro et contra. Аргументированный анализ позиций сторонников и критиков экспериментального режима (на основе интервью и мнений экспертов) .</p> <p>От эксперимента к стандарту: почему продление ЭПР до 2029 года — признак успеха или стагнации отрасли? .</p> <p>ЭПР как инструмент регионального развития: анализ возможностей для субъектов РФ, входящих в эксперимент (на примере одного из регионов) .</p> <p>Без ЭПР никуда: почему тяжелые агродроны (более 30 кг) не могут работать вне «регуляторных песочниц» и какие проблемы это создает для бизнеса</p>	<p>4/2</p>
<p>Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима</p>	<p>Основы аэродинамики и динамики полёта воздушных судов вертикального взлёта и посадки Эволюция концепций вертикального взлета: от первых винтокрылых аппаратов к современным eVTOL. Анализ изменения подходов к аэродинамической компоновке.</p> <p>Дилемма конвертоплана: почему переходные режимы полета остаются главным вызовом для проектировщиков? Анализ аэродинамических проблем на примере V-22 Osprey и AW609 .</p> <p>Сравнительный анализ эффективности несущего винта и подъемных вентиляторов: какой движитель обеспечивает лучшую топливную эффективность в режиме висения?</p> <p>Экранный эффект и его влияние на динамику полета СВВП при посадке: физика явления и</p>	<p>2/2</p>

	<p>практические рекомендации для пилотов.</p> <p>Проблемы устойчивости и управляемости на околонулевых скоростях: почему самолет не может летать как вертолет, и как СВВП решают эту проблему .</p> <p>Будущее городской авиационной мобильности (UAM): анализ аэродинамических вызовов при интеграции eVTOL в городскую среду (шум, безопасность, турбулентность) .</p> <p>Вихревая подъемная сила: фантастика или реальность? Анализ перспектив создания аппаратов с вихревыми генераторами подъемной силы .</p>	
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>станции внешнего пилота и навесного оборудования Эволюция интерфейсов «человек-машина» в наземных станциях управления: от джойстиков и кнопок к интуитивным сенсорным экранам и голосовому управлению. Анализ влияния на эффективность и безопасность работы оператора.</p> <p>Дилемма универсальности: нужна ли единая GCS для всех типов агродронов или специализированные решения эффективнее? Анализ на примере AeroGCS GREEN и Vyorius GCS .</p> <p>Станция внешнего пилота как «мозг» полевых операций: насколько автоматизация (автозаправка, авторефлинг) может снизить нагрузку на человека и повысить производительность? .</p> <p>Навесное оборудование как ключевой фактор дифференциации агродронов: сравнительный анализ значимости платформы и полезной нагрузки для решения конкретных сельхоззадач.</p> <p>Спектральная съемка vs. тепловизионная диагностика: что важнее для раннего выявления проблем в растениеводстве? Анализ возможностей различных сенсорных нагрузок.</p> <p>Без стабилизации нет картинки: почему гиросtabilизированные подвесы критичны для качественной аэрофотосъемки и мультиспектрального анализа .</p> <p>PWM-контроллер как сердце точного распыления: анализ технологий управления форсунками (PWM vs. клапанные системы) для обеспечения равномерности внесения</p>	<p>2/-</p>

<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>программное обеспечение для полёта и выполнения операций по защите растений От ручного управления к автономности: эволюция программного обеспечения для агродронов и ее влияние на эффективность защиты растений. Анализ изменения роли оператора в процессах мониторинга и обработки.</p> <p>Искусственный интеллект в поле: способны ли нейросети (включая Large Vision and Language Models) заменить агронома при выявлении болезней и вредителей, особенно в условиях недостатка размеченных данных ?</p> <p>Цифровой двойник поля: как программное обеспечение превращает разрозненные данные (снимки, метео данные, карты урожайности) в точные карты-задания для обработки, реализуя концепцию "умного" земледелия .</p> <p>Открытое vs проприетарное ПО для агродронов: анализ преимуществ и рисков использования открытых решений (Mission Planner, ArduPilot, CoFly) и коммерческих платформ (AeroGCS GREEN, DJI).</p> <p>Этика алгоритмов: кто несет ответственность за ошибку программного обеспечения при дифференцированном внесении пестицидов — разработчик, оператор или владелец дрона?</p> <p>Интеграция данных: почему разрозненность форматов ГИС, полетных контроллеров и агрономических платформ тормозит развитие точного земледелия, и как проекты типа STELLA Pest Surveillance System пытаются решить эту проблему</p>	<p>2/-</p>
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>анализ метеорологической и аэронавигационной обстановки в районе выполнения работ и принятие решения на вылет «Полетели?»: психология принятия решения на вылет в условиях неопределенности. Анализ факторов, влияющих на субъективную оценку рисков внешним пилотом, и методов снижения влияния человеческого фактора.</p> <p>Метеорологическая информация сегодня: доверяй, но проверяй. Сравнительный анализ точности различных источников прогнозов погоды (GFS, ICON, региональные модели) для обеспечения полетов БПЛА и оценка рисков использования непроверенных данных.</p> <p>Цена ошибки: анализ происшествий с БПЛА, связанных с неверной оценкой</p>	<p>2/-</p>

	<p>метеобстановки. Разбор реальных инцидентов, их причин и уроков для практики принятия решений на вылет.</p> <p>Автоматизация vs. человеческий фактор: кто должен принимать окончательное решение на вылет? Эссе о роли автоматизированных систем поддержки принятия решений и границах доверия к ним .</p> <p>Этика ответственности внешнего пилота: границы допустимого риска при выполнении коммерческих полетов и моральная ответственность за безопасность людей и имущества на земле.</p> <p>Границы «зеленой зоны»: как определить момент, когда «еще можно лететь» превращается в «уже опасно», и почему универсальные таблицы ограничений не всегда работают.</p> <p>Специфика метеообеспечения полетов БПЛА: чем анализ погоды для дрона отличается от «большой» авиации, и почему мелкомасштабная турбулентность (размером 10 см) стала новой проблемой для науки .</p>	
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>выполнение предполётной подготовки в соответствии с руководящими документами Предполетная подготовка как гарант безопасности полетов: анализ правовых и организационных последствий ее ненадлежащего выполнения для внешнего пилота и эксплуатанта.</p> <p>Эволюция требований к предполетной подготовке БПЛА: от любительских полетов к коммерческой эксплуатации в условиях экспериментальных правовых режимов .</p> <p>Чек-лист vs. память: почему формализация предполетных процедур снижает влияние человеческого фактора и какие риски возникают при автоматизации этого процесса .</p> <p>Ответственность командира беспилотного воздушного судна за принятие решения на вылет: правовой и этический аспекты в контексте профстандарта .</p> <p>Сравнительный анализ российских и международных (FAA, EASA) требований к предполетной подготовке внешнего пилота (на основе Регламента ЕС 2019/947) .</p> <p>Цифровизация предполетных процедур: как</p>	<p>2/-</p>

	<p>программное обеспечение и автоматизированные системы меняют работу внешнего пилота и создают новые риски .</p> <p>«Бумажная» vs. «электронная» предполетная подготовка: анализ преимуществ и недостатков цифровых чек-листов и систем логирования.</p> <p>Проблема человеческого фактора при выполнении рутинных предполетных процедур: как избежать "замыливания глаза" и пропуска критических ошибок .</p>	
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>освоение практической работы с растворным узлом Растворный узел как сердце полевой инфраструктуры: почему качество приготовления рабочей жидкости определяет успех авиационных работ? Анализ влияния точности дозирования на биологическую эффективность обработки.</p> <p>Ручное приготовление vs автоматизированные станции: анализ трудозатрат, точности дозирования и безопасности оператора. Сравнение классического подхода и современных автоматических узлов .</p> <p>Экономическая целесообразность инвестиций в современный растворный узел для фермерского хозяйства. Расчет окупаемости с учетом экономии препаратов до 20% .</p> <p>Человеческий фактор при приготовлении рабочих жидкостей: риски ошибок дозирования и методы их минимизации с помощью автоматизации .</p> <p>Автономные заправочные станции будущего: смогут ли они полностью заменить оператора при подготовке к полетам? Анализ разработки команды «Вихрь» .</p> <p>Импортозамещение в сфере наземного обслуживания агродронов: анализ доступности и эффективности отечественных растворных узлов на примере разработок СПбПУ и Финансового университета .</p> <p>«Умный» бак для агродрона: как поплавковый датчик и система контроля уровня меняют логистику полевых работ и повышают эффективность обработки</p>	<p>2/-</p>
<p>Итого</p>		<p>20</p>

5.2.2. Лабораторные занятия с указанием видов проведения занятий в интерактивной форме

Наименование раздела дисциплины	Формы проведения и темы занятий (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка	
		вид	часы
Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима	<p>Проведение калибровки сельскохозяйственного БПЛА «Регуляторная песочница» для агродронов: анализ концепции ЭПР как инструмента развития инноваций в сельском хозяйстве России. Насколько эффективен оказался этот механизм?</p> <p>Свобода vs безопасность: как ограничения ЭПР (скорость до 16 м/с, высота до 30 м, обязательная регистрация) влияют на экономическую эффективность применения тяжелых агродронов?</p> <p>ЭПР для агродронов: pro et contra. Аргументированный анализ позиций сторонников (легализация, рост спроса) и критиков (отсутствие массового внедрения, использование ЭПР лишь как «инструмента освобождения») на основе мнений экспертов отрасли.</p> <p>От эксперимента к стандарту: почему продление ЭПР до 2029 года и расширение географии — признак успеха или стагнации отрасли? Анализ аргументов Минэкономразвития и скептиков.</p> <p>ЭПР как инструмент регионального развития: анализ возможностей для субъектов РФ, входящих в эксперимент (на примере Татарстана, Самарской области или одного из новых регионов).</p> <p>Без ЭПР никуда: почему тяжелые агродроны (более 30 кг) не могут работать вне «регуляторных песочниц» и какие проблемы это создает для бизнеса (на примере опыта компании из Удмуртии, работающей в Новосибирской области).</p> <p>Серийные ЭПР: новая концепция Минтранса для унификации регулирования и ускорения нормотворчества — анализ перспектив и возможных проблем реализации.</p> <p>Рейтинг дронификации регионов: анализ нового инструмента оценки эффективности</p>	лаб.	4

	<p>губернаторов (с 2026 года) и его влияния на развитие применения агродронов в рамках ЭПР.</p> <p>Страховой тупик: почему в рамках ЭПР страхование БПЛА остается нерешенной проблемой (одна компания-страховщик, неадекватные цены) и какие пути решения предлагаются.</p>		
<p>Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима</p>	<p>Проведение калибровки IMU и компаса на сельскохозяйственных БПЛА различного типа Почему IMU называют «вестибулярным аппаратом» дрона? Роль инерциальных датчиков в обеспечении стабильности полета сельскохозяйственного БПЛА.</p> <p>Магнитное поле Земли и компас дрона: анализ внешних факторов (линии электропередач, металлоконструкции, подземные коммуникации, силовые установки), влияющих на точность показаний компаса в полевых условиях .</p> <p>Калибровка IMU: необходимое зло или залог безопасного полета? Анализ рисков (потеря дрона, некачественная обработка) при пренебрежении процедурами калибровки.</p> <p>Сравнительный анализ методов калибровки IMU: традиционная ручная (шестипозиционная) vs. автоматическая самокалибровка (self-calibration) без дополнительного оборудования .</p> <p>Влияние вибрации рабочих органов (насосов, распылителей) на показания IMU: анализ необходимости перекалибровки и методов виброзащиты.</p> <p>Эллипсоидная подгонка (ellipsoid fitting): почему этот метод стал стандартом для калибровки компаса и какие у него ограничения?</p> <p>Дилемма феррозондов: можно ли добиться идеальной калибровки компаса в полевых условиях при работе тяжелого агродрона с мощными электродвигателями?</p>	<p>лаб.</p>	<p>4</p>
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>авиационная метеорология Авиационная метеорология как фундамент безопасности полетов: анализ роли метеоинформации в предотвращении авиационных происшествий.</p>	<p>лаб.</p>	<p>2</p>

	<p>Человеческий фактор в метеорологическом обеспечении: почему правильная интерпретация прогноза важнее его наличия?</p> <p>Изменение климата и авиация: как глобальное потепление влияет на частоту и интенсивность опасных для полетов явлений .</p> <p>Турбулентность ясного неба (CAT): невидимая угроза и методы ее прогнозирования .</p> <p>Экономическая эффективность точного метеопрогноза: как качество метеоинформации влияет на регулярность и экономику полетов .</p> <p>Метеорологическое обеспечение vs. автоматизация: заменят ли автоматизированные системы метеоролога?</p> <p>Специфика метеообеспечения полетов БПЛА: чем анализ погоды для дрона отличается от «большой» авиации, и почему мелкомасштабная турбулентность стала новой проблемой для науки</p>		
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>авиационные силовые установки и источники энергии Газотурбинный двигатель: предел совершенства или потенциал для развития? Анализ современных возможностей повышения КПД традиционных ГТД и необходимости перехода к новым концепциям.</p> <p>Водород vs аккумуляторы: битва за авиацию будущего. Сравнительный анализ перспектив применения водородных топливных элементов и батарей в качестве основных источников энергии для ВС различного класса .</p> <p>Регенеративный цикл: почему идея 1967 года (вертолет УОН-6А) стала актуальной сегодня? Эссе о возрождении интереса к утилизации тепла выхлопных газов для экономии топлива.</p> <p>Гибридизация авиационных силовых установок: технологический прорыв или компромисс между массой и эффективностью? Анализ преимуществ и недостатков гибридных турбоэлектрических систем .</p>	<p>лаб.</p>	<p>2</p>

	<p>Электрификация авиадвигателя: путь к концепции «All Electric Aircraft». Анализ изменения принципов построения бортовых систем и интеграции электрических компонентов .</p> <p>Биротативный открытый винтовентилятор: решение проблемы топливной эффективности или источник новых проблем? Оценка перспектив применения открытых роторов для снижения выбросов CO2 .</p> <p>Криогенное топливо и изотопные источники энергии: фантастика или реальность для авиации будущего? Анализ исследований ЦАГИ в области альтернативных источников</p>		
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>программное обеспечение для полёта и выполнения операций по защите растений От ручного управления к автономности: эволюция программного обеспечения для агродронов и ее влияние на эффективность защиты растений. Анализ изменения роли оператора в процессах мониторинга и обработки.</p> <p>Искусственный интеллект в поле: способны ли нейросети, включая современные архитектуры компьютерного зрения, заменить агронома при выявлении болезней и вредителей, особенно в условиях недостатка размеченных данных? .</p> <p>Цифровой двойник поля: как программное обеспечение превращает разрозненные данные (мультиспектральные снимки, метеоданные, карты урожайности) в точные карты-задания для обработки, реализуя концепцию «умного» земледелия .</p> <p>Открытое vs проприетарное ПО для агродронов: анализ преимуществ и рисков использования открытых решений (PX4, ROS2, Mission Planner) и коммерческих платформ (DJI, XAG). Перспективы импортозамещения .</p> <p>Этика алгоритмов: кто несет ответственность за ошибку программного обеспечения при дифференцированном внесении пестицидов — разработчик, оператор или владелец дрона?</p> <p>Интеграция данных: почему разрозненность форматов ГИС, полетных</p>	<p>лаб.</p>	<p>4</p>

	<p>контроллеров и агрономических платформ тормозит развитие точного земледелия, и как проекты с открытой архитектурой (например, на базе ROS2) пытаются решить эту проблему</p>		
<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА</p>	<p>освоение практической работы с растворным узлом Растворный узел как сердце полевой инфраструктуры: почему качество приготовления рабочей жидкости определяет успех авиационных работ? Анализ влияния точности дозирования на биологическую эффективность обработки и экономию препаратов (до 20%) .</p> <p>Ручное приготовление vs автоматизированные станции: анализ трудозатрат, точности дозирования и безопасности оператора. Сравнение классического подхода и современных автоматических узлов, обеспечивающих точность до 0,5% .</p> <p>Экономическая целесообразность инвестиций в современный растворный узел для фермерского хозяйства. Расчет окупаемости с учетом экономии препаратов до 20% и снижения риска ошибок оператора .</p> <p>Человеческий фактор при приготовлении рабочих жидкостей: риски ошибок дозирования и методы их минимизации с помощью автоматизации и интеллектуальных систем контроля .</p> <p>Автономные заправочные станции будущего: смогут ли они полностью заменить оператора при подготовке к полетам? Анализ перспектив развития полностью автоматизированных комплексов.</p> <p>Импортозамещение в сфере наземного обслуживания агродронов: анализ доступности и эффективности отечественных растворных узлов на примере разработок СПбПУ (транспортировочный модуль с баком 1000 л) и Финансового университета .</p> <p>«Умный» бак для агродрона: как поплавковый датчик и система контроля уровня меняют логистику полевых работ и повышают эффективность обработки, позволяя оптимизировать полетное задание .</p>	<p>лаб.</p>	<p>4</p>

	<p>Цифровизация растворных узлов: как интеграция с 1С и системой «Сатурн» меняет учет и отчетность в растениеводстве, обеспечивая прослеживаемость каждого литра приготовленного раствора</p>		
--	---	--	--

5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен

5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Темы и/или виды самостоятельной работы	Часы
<p>От эксперимента к стандарту: почему продление ЭПР до 2029 года и расширение географии — признак успеха или стагнации отрасли? Анализ аргументов Минэкономразвития и скептиков.</p> <p>ЭПР как инструмент регионального развития: анализ возможностей для субъектов РФ, входящих в эксперимент (на примере Татарстана, Самарской</p>	34
<p>Вихревой след за агродроном: друг или враг? Эссе о роли индуктивных скоростей в качестве осаждения капель рабочего раствора на основе исследований кафедры летательных аппаратов ЮФУ .</p>	34

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

1. Рабочую программу дисциплины «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы».

2. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы».

3. Методические рекомендации по выполнению письменных работ () (при наличии).

4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения (при наличии)

5. Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта) (при наличии).

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		основная (из п.8 РПД)	дополнительная (из п.8 РПД)	метод. лит. (из п.8 РПД)
1	<p>Использование воздушного пространства и применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима. применение сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем в рамках экспериментального правового режима «Регуляторная песочница» для агродронов: анализ концепции ЭПР как инструмента развития инноваций в сельском хозяйстве России. Насколько эффективен оказался этот механизм?</p> <p>Свобода vs безопасность: как ограничения ЭПР (скорость до 16 м/с, высота до 30 м, обязательная регистрация) влияют на экономическую эффективность применения тяжелых агродронов?</p> <p>ЭПР для агродронов: pro et contra. Аргументированный анализ позиций сторонников (легализация, рост спроса) и критиков (отсутствие массового внедрения, использование ЭПР лишь как «инструмента освобождения») на основе мнений экспертов отрасли.</p> <p>От эксперимента к стандарту:</p>	Л1.1, Л1.6, Л1.7	Л2.1, Л2.2, Л2.4, Л2.5	Л3.1, Л3.2, Л3.3

	<p>почему продление ЭПР до 2029 года и расширение географии — признак успеха или стагнации отрасли? Анализ аргументов Минэкономразвития и скептиков.</p> <p>ЭПР как инструмент регионального развития: анализ возможностей для субъектов РФ, входящих в эксперимент (на примере Татарстана, Самарской области или одного из новых регионов).</p> <p>Без ЭПР никуда: почему тяжелые агродроны (более 30 кг) не могут работать вне «регуляторных песочниц» и какие проблемы это создает для бизнеса (на примере опыта компании из Удмуртии, работающей в Новосибирской области).</p> <p>Серийные ЭПР: новая концепция Минтранса для унификации регулирования и ускорения нормотворчества — анализ перспектив и возможных проблем реализации.</p> <p>Рейтинг дронификации регионов: анализ нового инструмента оценки эффективности губернаторов (с 2026 года) и его влияния на развитие применения агродронов в рамках ЭПР.</p>			
2	<p>Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА. Проведение авиационно-химических работ с помощью БПЛА Дрон vs самолет vs трактор: сравнительный анализ эффективности беспилотных, пилотируемых авиационных и наземных средств для авиационно-химических работ. Анализ эксплуатационных характеристик, производительности и экономической целесообразности.</p> <p>Ультрамалообъемное опрыскивание (УМО) с БПЛА: технологический прорыв или экологический риск? Оценка преимуществ (экономия препаратов до 30%) и потенциальных опасностей технологии УМО для окружающей среды и здоровья человека .</p>	Л1.1, Л1.6, Л1.7	Л2.1, Л2.2, Л2.4, Л2.5	Л3.1, Л3.2, Л3.3

<p>Почему мультикоптеры стали лидерами для АХР? Анализ результатов исследований ЮФУ, подтверждающих эффективность мультироторных схем для распыления химических веществ благодаря полю индуктивных скоростей в вихревом следе .</p> <p>Вихревой след за агродроном: друг или враг? Эссе о роли индуктивных скоростей в качестве осаждения капель рабочего раствора на основе исследований кафедры летательных аппаратов ЮФУ .</p> <p>Экономия пестицидов до 30%: миф или реальность? Критический анализ зарубежного опыта (ХАГ, КНР) и возможностей его адаптации в российских условиях на основе данных научных публикаций .</p> <p>Человеческий фактор при АХР: почему качество обработки зависит не только от техники, но и от квалификации внешнего пилота, и как автоматизация может снизить этот риск.</p> <p>Этика применения пестицидов с воздуха: баланс между эффективностью обработки и безопасностью окружающей среды, населения и нецелевых организмов.</p> <p>Биологизация и БПЛА: как беспилотные технологии становятся инструментом экологически ответственного земледелия и биологической защиты растений</p>			
--	--	--	--

7. Фонд оценочных средств (оценочных материалов) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы»

7.1. Перечень индикаторов компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2	
		1	2	3	4
ПК-1.1:Способен проводить патентные исследования и определение	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Дисциплины по выбору Б1.В. ДВ.01	x			

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2	
		1	2	3	4
характеристик продукции (услуг)	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Научные исследования в агроинженерии	x			
	Экспериментальные исследования в агроинженерии			x	
ПК-1.2:Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Дисциплины по выбору Б1.В. ДВ.01	x			
	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Научные исследования в агроинженерии	x			
	Экспериментальные исследования в агроинженерии			x	
ПК-1.3:Руководство группой работников при исследовании самостоятельных тем	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Дисциплины по выбору Б1.В. ДВ.01	x			
	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Научные исследования в агроинженерии	x			
	Экспериментальные исследования в агроинженерии			x	
ПК-2.1:Разрабатывает и рассчитывает основные параметры элементов и конструктивных особенностей беспилотных летательных аппаратов	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Авиационно-химические работы с применением БАС			x	
	Автоматизированные системы управления БАС		x		
	Калибровка и программирование сельскохозяйственных БАС			x	
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
ПК-2.2:Планирует и организывает, осуществляет общее руководство и контроль эксплуатации беспилотных летательных аппаратов	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Авиационно-химические работы с применением БАС			x	
	Автоматизированные системы управления БАС		x		
	Дисциплины по выбору Б1.В. ДВ.01	x			

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2	
		1	2	3	4
	Калибровка и программирование сельскохозяйственных БАС			x	
	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
ПК-2.3:Выполняет работы по дистанционному контролю и регулированию режимов работы беспилотных летательных аппаратов	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Авиационно-химические работы с применением БАС			x	
	Автоматизированные системы управления БАС		x		
	Калибровка и программирование сельскохозяйственных БАС			x	
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
ПК-2.4:Выполняет техническое и оперативное обслуживание, ремонт, диагностику и наладку беспилотных летательных аппаратов	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Авиационно-химические работы с применением БАС			x	
	Автоматизированные системы управления БАС		x		
	Дисциплины по выбору Б1.В. ДВ.01	x			
	Калибровка и программирование сельскохозяйственных БАС			x	
	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
УК-1.1:Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Логика и методология науки	x			
	Научно-исследовательская работа		x		
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Организация бизнеса для технологических предпринимателей	x			
	Современные методы исследования в агроинженерии		x		
УК-1.2:Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма	Авиационная безопасность и безопасность полетов			x	
	Логика и методология науки	x			
	Научно-исследовательская работа		x		
	Научно-исследовательская работа	x		x	x

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2	
		1	2	3	4
вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке. Предлагает способы их решения	Организация бизнеса для технологических предпринимателей	x			
	Современные методы исследования в агроинженерии		x		

7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» проводится в виде Зачет.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения

Для студентов очной формы обучения знания по осваиваемым компетенциям формируются на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций	Максимальное количество баллов	
3 семестр			
КТ 1	Коллоквиум	30	
Сумма баллов по итогам текущего контроля		30	
Посещение лекционных занятий		20	
Посещение практических/лабораторных занятий		20	
Результативность работы на практических/лабораторных занятиях		30	
Итого		100	
№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижений компетенций	Максимальное количество баллов	Критерии оценки знаний студентов
3 семестр			

КТ 1	Коллоквиум	30	Высокий 5 Студент свободно ориентируется в типах АХР (внесение удобрений, пестицидов, десикация). Понимает агротехнические требования к качеству обработки (норма расхода, равномерность распределения, перекрытие) и знает, как они влияют на урожайность. Знает классы опасности препаратов и экологические ограничения (водоохранные зоны, пасеки).
			Средний 4 Студент знает основные виды АХР, но путается в терминологии или не может точно назвать требования к качеству обработки (например, к размеру капли). Имеет общее представление об экологических ограничениях.
			Удовлетворительный 3 Студент может перечислить 1-2 вида АХР, но не понимает их агрономического смысла. Не знаком с требованиями к равномерности внесения.
			Недостаточный 2 Студент не знает, для каких целей применяются дроны в сельском хозяйстве, не может назвать виды АХР

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения на промежуточной аттестации

При проведении итоговой аттестации «зачет» («дифференцированный зачет», «экзамен») преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (дифференцированный зачет, экзамен) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (зачета, дифференцированного зачета, экзамена) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (зачете, дифференцированном зачете, экзамене) и сумма баллов переводится в оценку.

Критерии и шкалы оценивания ответа на зачете

По дисциплине «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» к зачету допускаются студенты, выполнившие и сдавшие практические работы по дисциплине, имеющие ежемесячную аттестацию и без привязке к набранным баллам. Студентам, набравшим более 65 баллов, зачет выставляется по результатам текущей успеваемости, студенты, не набравшие 65 баллов, сдают зачет по вопросам, предусмотренным РПД. Максимальная сумма баллов по промежуточной аттестации (зачету) устанавливается в 15 баллов

Вопрос билета	Количество баллов
Теоретический вопрос	до 5
Задания на проверку умений	до 5
Задания на проверку навыков	до 5

Теоретический вопрос

5 баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Требуется полное понимание и четкость изложения ответов по экзаменационному заданию (билету) и дополнительным вопросам, заданных экзаменатором. Дополнительные вопросы, как правило, должны относиться к материалу дисциплины или курса, не отраженному в основном экзаменационном задании (билете) и выявляют полноту знаний студента по дисциплине.

4 балла заслуживает студент, ответивший полностью и без ошибок на вопросы экзаменационного задания и показавший знания основных понятий дисциплины в соответствии с обязательной программой курса и рекомендованной основной литературой.

3 балла дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

2 балла дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

1 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

Задания на проверку умений и навыков

5 баллов Задания выполнены в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет без замечаний. Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

4 балла Задания выполнены в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами.

2 баллов Задания выполнены с задержкой, письменный отчет с недочетами. Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

1 баллов Задания выполнены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

0 баллов Задания выполнены, письменный отчет не представлен или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы»

Понятие и классификация сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем. Основные типы БПЛА, применяемых в АПК: мультироторные, самолетного типа, гибридные (VTOL), их достоинства и недостатки .

История развития применения дронов в сельском хозяйстве. Эволюция технологий, снижение стоимости оборудования (с 10-30 тыс. до 1-3 тыс. долларов), современное состояние рынка .

Основные задачи, решаемые с помощью агродронов. Мониторинг посевов, обработка пестицидами, внесение удобрений, картографирование, оценка состояния почвы .

Сравнительный анализ мультироторных дронов и дронов самолетного типа. Производительность (до 10 тыс. га/день для самолетных), детализация съемки (до 5 мм для мультироторных), области применения .

Сегментация рынка агродронов в России. Текущий объем внедрения технологий ИИ (3-5% пахотных земель), динамика роста, перспективы развития до 2030 года .

Раздел 2. Техническое устройство и оборудование

Конструкция сельскохозяйственного БПЛА. Основные узлы: рама, двигатели, полетный контроллер, аккумуляторные батареи, система связи.

Типы полезной нагрузки для агродронов. Баки для жидких СЗР (до 50 кг), системы распыления, контейнеры для гранулированных удобрений, оборудование для посева .

Сенсоры для мониторинга посевов. Фотокамеры высокого разрешения, мультиспектральные камеры (NIR), тепловизоры, LiDAR - принципы работы и решаемые задачи .

Ультрамалообъемное опрыскивание (УМО). Технология, преимущества (экономия СЗР, эффективное проникновение), нормы расхода рабочей жидкости (около 10 л/га) .

Системы точного позиционирования для агродронов. GPS/ГЛОНАСС, RTK, PPK - точность, принципы работы, влияние на качество обработки. Возможность увеличения зоны покрытия до 30 км при использовании внешних систем .

Раздел 3. Мониторинг и анализ данных

Аэрофотосъемка с БПЛА. Создание ортофотопланов, цифровых моделей рельефа (ЦМР), 3D-моделей полей. Точность и детализация по сравнению со спутниковой съемкой .

Низкодетальная и высокодетальная съемка. Сравнение разрешения (10-15 см/пиксель vs 5 мм/пиксель), задачи, решаемые каждым типом съемки .

Вегетационные индексы. Понятие NDVI (нормализованный относительный индекс растительности), методика расчета, интерпретация значений, практическое применение для оценки состояния посевов .

Оценка водного стресса растений. Применение тепловизионной съемки для определения потребности растений в воде, индекс водного стресса (CWSI) .

Трехмерное моделирование полей. Определение переувлажненных и засушливых зон, выемка грунта, планирование мелиоративных мероприятий .

Лазерное сканирование (LiDAR) с БПЛА. Применение для анализа труднодоступных территорий, получения точных моделей рельефа высокой плотности .

Раздел 4. Применение искусственного интеллекта и программного обеспечения

Искусственный интеллект в агродронах. Понятие, возможности обучения на данных, отличие от простых математических алгоритмов .

Системы распознавания сорной растительности. Программное обеспечение на базе ИИ (например, «АссистАгро»), способность различать до 150 видов сорняков на ранних стадиях (1-2 см) .

Рекомендательные сервисы по гербицидным обработкам. Формирование рекомендаций на

основе выявленных сорняков и имеющихся на складе препаратов .

Программное обеспечение для планирования полетов. Наземные станции управления, создание карт-заданий, импорт границ полей, учет рельефа и препятствий.

Интеграция данных с агродронов в ГИС-системы. Форматы данных, взаимодействие с системами точного земледелия (Trimble и др.), создание электронных карт полей .

Раздел 5. Технологии защиты растений с БПЛА

Авиационно-химические работы (АХР) с использованием БПЛА. Технология, преимущества перед наземной техникой и пилотируемой авиацией .

Опрыскивание с БПЛА. Факторы, влияющие на качество: высота и скорость полета, дисперсность распыла, метеоусловия, предотвращение сноса капель.

Преимущества ночных обработок. Оптимальные условия для эффективного опрыскивания, возможность работы в ночное время суток .

Обработка высокорослых культур. Работа на подсолнечнике (до 3 м), кукурузе, рисовых чеках, где наземная техника не может пройти или повреждает растения .

Десикация с помощью агродронов. Применение для подсолнечника и других культур, основное направление использования дронов (до 70% объема) .

Инсектицидные обработки. Оперативное реагирование на появление вредителей, возможность обработки независимо от состояния почвы .

Точечное внесение пестицидов. Выявление очагов поражения и адресная обработка только зараженных участков, экономия препаратов.

Биологическая защита растений. Применение дронов для расселения энтомофагов (полезных насекомых), технологии контейнерного внесения.

Раздел 6. Наземная инфраструктура и организация работ

Наземное обеспечение полетов агродронов. Мобильные растворные узлы (емкость 740 л и более), прицепы для транспортировки, зарядные станции

Биологизация растениеводства и беспилотные технологии: анализ возможностей БАС для внесения биологических средств защиты растений и биопрепаратов .

Экономическая эффективность агродронов: три сценария использования (собственный парк, Drone-as-a-Service, гибриды) – сравнительный анализ для хозяйств различного масштаба .

Искусственный интеллект в поле: сможет ли комплекс SmartDrones и аналогичные системы заменить агронома при выявлении сорняков и вредителей? .

Дрон-опрыскиватель vs. наземный опрыскиватель: сравнительный анализ производительности, качества обработки и экономической целесообразности .

Барьеры внедрения агродронов в России: анализ проблем регулирования, дефицита кадров и отсутствия специализированных препаратов .

Цифровая трансформация АПК: как интеграция агродронов с Farm Management System (FMS) меняет управление сельскохозяйственным предприятием .

Экологические аспекты применения агродронов: снижение пестицидной нагрузки (до 30% по опыту XAG) и риски для окружающей среды

Вопрос 1. Какое определение наиболее полно характеризует беспилотный летательный аппарат (БПЛА)?

Варианты ответов:

- А. Летательный аппарат, который может летать только в автоматическом режиме
- Б. Летательный аппарат, который управляется дистанционно или действует автономно без присутствия человека на борту
- В. Летательный аппарат, использующий только мультироторную схему
- Г. Летательный аппарат, предназначенный исключительно для военных целей

Вопрос 2. Какие основные типы БПЛА применяются в сельском хозяйстве?

Варианты ответов:

- А. Только мультироторные (квадрокоптеры)
- Б. Только самолетного типа
- В. Мультироторные, самолетного типа и гибридные (VTOL)
- Г. Только аэростатические аппараты

Вопрос 3. Какое преимущество имеют БПЛА самолетного типа перед мультироторными?

Варианты ответов:

- А. Возможность висения над объектом
- Б. Большая продолжительность полета и площадь охвата за один вылет
- В. Более высокая детализация съемки
- Г. Возможность вертикального взлета и посадки

Вопрос 4. Какая из перечисленных задач НЕ относится к основным функциям агродронов?

Варианты ответов:

- А. Мониторинг состояния посевов
- Б. Внесение удобрений и средств защиты растений
- В. Картографирование полей
- Г. Вспашка почвы

Вопрос 5. К какому типу БПЛА относятся аппараты, способные выполнять вертикальный взлет и посадку, а также эффективный горизонтальный полет по самолетному типу?

Варианты ответов:

- А. Мультироторные
- Б. Вертолетного типа
- В. Гибридные (VTOL)
- Г. Самолетного типа

Вопрос 6. Где в основном применяются сельскохозяйственные БПЛА?

Варианты ответов:

- А. Только в тепличных хозяйствах
- Б. Только на полях с зерновыми культурами
- В. В растениеводстве для широкого спектра культур (зерновые, пропашные, рис и др.)
- Г. Только для обработки садов и виноградников

Вопрос 7. Какие сферы применения БПЛА существуют помимо сельского хозяйства?

Варианты ответов:

- А. Только военное дело
- Б. Только картография и геодезия

- В. Военное дело, гражданская авиация, охрана, спасательные операции, картография
- Г. Только мониторинг окружающей среды

Вопрос 8. Какое из утверждений о применении агродронов является верным?

Варианты ответов:

- А. Дроны не могут работать на полях со сложным рельефом
- Б. Применение дронов позволяет снизить себестоимость обработки удаленных полей за счет отсутствия необходимости транспортировки больших объемов воды
- В. Агродроны полностью заменяют всю наземную сельхозтехнику
- Г. Дроны эффективны только на очень больших полях (более 1000 га)

Раздел 2. Техническое устройство и оборудование (Вопросы 9–15)

Вопрос 9. Какой сенсор используется для оценки состояния посевов по вегетационному индексу NDVI?

Варианты ответов:

- А. Обычная фотокамера видимого диапазона
- Б. Тепловизор
- В. Мультиспектральная камера, захватывающая ближний инфракрасный (NIR) и красный диапазоны
- Г. Лазерный сканер (LiDAR)

Вопрос 10. Какая система позиционирования обеспечивает сантиметровую точность при выполнении агродроном полетного задания?

Варианты ответов:

- А. Обычный GPS/ГЛОНАСС приемник
- Б. Компас
- В. RTK (Real Time Kinematic) или PPK (Post Processing Kinematic)
- Г. Барометрический высотомер

Вопрос 11. Что относится к полезной нагрузке агродрона для выполнения химических работ?

Варианты ответов:

- А. Только бак для жидкости
- Б. Только насос и форсунки
- В. Бак, насос, система управления распылом и распылители (форсунки)
- Г. Только система стабилизации камеры

Вопрос 12. Для чего предназначен тепловизор на борту агродрона?

Варианты ответов:

- А. Для создания цветных фотографий высокого разрешения
- Б. Для оценки водного стресса растений и выявления проблем с орошением
- В. Для построения 3D-моделей рельефа
- Г. Для распознавания видов сорняков

Вопрос 13. Что такое ультрамалообъемное опрыскивание (УМО) применительно к агродромам?

Варианты ответов:

- А. Опрыскивание с очень малым расходом рабочей жидкости (около 10 л/га) и высокой концентрацией препарата
- Б. Опрыскивание только молодых растений

В. Опрыскивание в ночное время суток

Г. Опрыскивание с использованием только биологических препаратов

Вопрос 14. Для решения каких задач применяется лазерное сканирование (LiDAR) с БПЛА в сельском хозяйстве?

Варианты ответов:

А. Для определения содержания хлорофилла в листьях

Б. Для создания высокоточных цифровых моделей рельефа, анализа уклонов и планирования мелиорации

В. Для обнаружения насекомых-вредителей

Г. Для расчета нормы внесения азотных удобрений

Вопрос 15. Какие двигатели преимущественно используются в современных мультироторных агродронах?

Варианты ответов:

А. Двигатели внутреннего сгорания (бензиновые)

Б. Реактивные двигатели

В. Электрические бесколлекторные двигатели, питающиеся от аккумуляторных батарей

Г. Гибридные (бензин+электричество)

Раздел 3. Технологии применения и эффективность (Вопросы 16–23)

Вопрос 16. Какую экономию средств защиты растений (СЗР) и воды могут обеспечить агродроны по сравнению с традиционным наземным опрыскиванием?

Варианты ответов:

А. До 10% воды и до 5% химикатов

Б. Экономии нет, расход такой же

В. До 30% химикатов и до 90% воды

Г. До 50% химикатов и до 30% воды

Вопрос 17. Какова примерная производительность современного агродрона при обработке полей за одну 12-часовую смену?

Варианты ответов:

А. 10-20 гектаров

Б. 50-80 гектаров

В. До 200-250 гектаров (на простых конфигурациях полей)

Г. 500-600 гектаров

Вопрос 18. Какое из следующих утверждений о применении агродронов на высокорослых культурах (кукуруза, подсолнечник) является верным?

Варианты ответов:

А. Обработка таких культур дронами невозможна

Б. Дроны могут эффективно обрабатывать такие культуры, не повреждая растения, в отличие от наземной техники

В. Для таких культур требуется обязательно использовать дроны самолетного типа

Г. Обработка возможна только на ранних стадиях развития, пока растения низкие

Вопрос 19. Для какой технологической операции агродроны наиболее востребованы (составляют до 70% объема работ)?

Варианты ответов:

А. Мониторинг и картографирование

- Б. Десикация (подсушивание) растений перед уборкой
- В. Внесение биологических средств защиты
- Г. Аэросев семян

Вопрос 20. Каково основное преимущество ночных обработок с помощью агродронов?

Варианты ответов:

- А. Лучшая видимость для оператора
- Б. Более благоприятные метеоусловия (снижение ветра и испарения, оптимальная активность насекомых)
- В. Возможность работы без привязки к рельефу
- Г. Отсутствие требований к регистрации полетов

Вопрос 21. Что такое дифференцированное внесение удобрений с использованием агродронов?

Варианты ответов:

- А. Внесение одного и того же количества удобрений по всему полю
- Б. Внесение разных видов удобрений на разных участках поля
- В. Адресное внесение удобрений с изменением нормы в зависимости от состояния растений (данных вегетационных индексов)
- Г. Внесение удобрений только по краям поля

Вопрос 22. Сравнение времени обработки участка в 66 гектаров: сколько времени требуется агродрону по сравнению с трактором?

Варианты ответов:

- А. Примерно столько же
- Б. Дрону требуется около 1,5 часов, трактору — более 2,5 часов
- В. Трактор работает быстрее дрона
- Г. Дрон не может обрабатывать участки такого размера

Вопрос 23. Какие задачи решает предварительное цифровое картографирование поля перед выполнением АХР?

Варианты ответов:

- А. Только определение площади поля
- Б. Создание карты рельефа, выявление препятствий, зон переувлажнения для оптимизации маршрута и норм внесения
- В. Только для красивой отчетности перед заказчиком
- Г. Исключительно для расчета стоимости услуг

Раздел 4. Безопасность, регулирование и кадры (Вопросы 24–30)

Вопрос 24. Какие факторы влияют на безопасность полета агродрона при выполнении АХР?

Варианты ответов:

- А. Только техническое состояние дрона
- Б. Только квалификация пилота
- В. Техническое состояние, квалификация пилота, метеоусловия (ветер, осадки), отсутствие препятствий (ЛЭП, деревья)
- Г. Только метеоусловия

Вопрос 25. Какие метеоусловия считаются неблагоприятными для полетов агродрона?

Варианты ответов:

- А. Солнечная безветренная погода
- Б. Ветер скоростью 2 м/с
- В. Сильный ветер (более 8-10 м/с), гроза, ливневые осадки
- Г. Переменная облачность

Вопрос 26. Какова минимальная квалификация, необходимая для управления сельскохозяйственным дроном в России?

Варианты ответов:

- А. Любой человек без специальной подготовки
- Б. Наличие водительских прав категории В
- В. Прохождение специального обучения и получения удостоверения внешнего пилота, знание воздушного законодательства
- Г. Только наличие медицинской справки

Вопрос 27. Что такое экспериментальный правовой режим (ЭПР) для агродронов в РФ?

Варианты ответов:

- А. Полный запрет на полеты агродронов
- Б. Особые условия использования воздушного пространства, упрощающие процедуры получения разрешений на полеты в определенных регионах
- В. Режим, разрешающий полеты только над государственными полями
- Г. Режим, обязывающий использовать дроны только иностранного производства

Вопрос 28. Какое требование предъявляется к регистрации беспилотных воздушных судов в РФ?

Варианты ответов:

- А. Регистрации подлежат все БВС независимо от массы
- Б. Регистрации не подлежит ни один БВС
- В. Обязательной регистрации подлежат БВС массой более 30 кг (в рамках ЭПР — с определенными исключениями)
- Г. Регистрируются только дроны, произведенные за рубежом

Вопрос 29. Какие меры безопасности необходимо соблюдать оператору при заправке агродрона рабочим раствором?

Варианты ответов:

- А. Никаких особых мер не требуется
- Б. Использовать средства индивидуальной защиты (перчатки, очки, респиратор) во избежание контакта с пестицидами
- В. Достаточно просто не курить рядом
- Г. Заправку должен производить только агроном

Вопрос 30. Какие новые образовательные программы внедряются в аграрных вузах России в связи с развитием беспилотных технологий?

Варианты ответов:

- А. Только курсы повышения квалификации для агрономов
- Б. Обучение студентов работе с агродронами, включая пилотирование, картографирование и анализ данных, в рамках учебного процесса
- В. Только факультативные занятия для желающих
- Г. Замена всех традиционных дисциплин на дисциплины по дронам

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

основная

Л1.1 Лепешкин А. В., Михайлин А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Гидравлические машины и гидропневмопривод [Электронный ресурс]:учебник ; ВО - Бакалавриат, Магистратура. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 446 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/document?id=387706>

Л1.2 Бурашников Ю. М., Максимов А. С. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств [Электронный ресурс]:учебник; ВО - Бакалавриат. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 496 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/209891>

Л1.3 Замалеев З. Х., Посохин В. Н., Чефанов В. М. Основы гидравлики и теплотехники [Электронный ресурс]:учеб. пособие; ВО - Бакалавриат. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 352 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/169446>

Л1.4 Бабакин Б. С., Суслов А. Э., Фатыхов Ю. А., Эрлихман В. Н. Теплонасосные установки в отраслях агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]:учебник ; ВО - Бакалавриат, Магистратура, Специалитет, Аспирантура. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 336 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211418>

Л1.5 Лепешкин А. В., Михайлин А. А., Шейпак А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Гидравлика [Электронный ресурс]:учебник; ВО - Бакалавриат, Магистратура, Специалитет, Аспирантура. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 319 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=428114>

Л1.6 Арустамов Э. А., Волощенко А. Е., Косолапова Н. В., Прокопенко Н. А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]:учебник; ВО - Бакалавриат. - Москва: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2023. - 446 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=431537>

Л1.7 Орловский С. Н. Безопасность условий труда в энергетике [Электронный ресурс]:учеб. пособие; ВО - Бакалавриат. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 265 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=432127>

Л1.8 Никеров В. А. Физика. Современный краткий курс [Электронный ресурс]:учебник; ВО - Бакалавриат, Специалитет. - Москва: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2023. - 441 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=432245>

дополнительная

Л2.1 Белов Н. В., Волков Ю. С. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]:учебное пособие; ВО - Бакалавриат, Магистратура. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 432 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3553

Л2.2 Иванов И. И., Соловьев Г. И., Фролов В. Я. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]:учебник для СПО. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 736 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/152467>

Л2.3 Канн К. Б. Курс общей физики [Электронный ресурс]:учебник ; ВО - Бакалавриат. - Москва: ООО "КУРС", 2022. - 360 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/document?id=393848>

Л2.4 Терехов В. А. Задачник по электронным приборам [Электронный ресурс]:учеб. пособие; ВО - Бакалавриат. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 280 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/212408>

Л2.5 Иванов И. И., Соловьев Г. И., Фролов В. Я. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]:учебник; ВО - Бакалавриат. - Санкт-Петербург: Лань, 2025. - 736 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/460727>

б) Методические материалы, разработанные преподавателями кафедры по дисциплине, в соответствии с профилем ОП.

Л3.1 Демидченко В. И., Демидченко И. В. Физика [Электронный ресурс]:учебник ; ВО - Бакалавриат. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 581 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/document?id=400546>

ЛЗ.2 Данилов К. П., Вахтина Е. А., Габриелян Ш. Ж., Мастепаненко М. А. Теоретические основы электротехники: учеб. пособие для самостоят. работы студентов по методам расчета линейных электр. цепей постоянного и переменного синусоидального тока. - Ставрополь: АГРУС, 2017. - 60 с.

ЛЗ.3 Кузнецов С. И. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны [Электронный ресурс]: учеб. пособие; ВО - Бакалавриат. - Москва: Вузовский учебник, 2022. - 231 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=399959>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

№	Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
1	Карта зон ограничений полётов для дронов — AVTM	https://map.avtm.center/
2	Обзор беспилотных авиасистем в аграрном секторе	https://obzoragrodronov.ru/

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

Запись лекции – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. Каждая учебная дисциплина как наука использует свою терминологию, категориальный, графический материал которыми студент должен научиться пользоваться и применять по ходу записи лекции. Последующая работа над текстом лекции воскрешает в памяти ее содержание, позволяет развивать мышление.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).

11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Kaspersky Total Security - Антивирус
2. Microsoft Windows Server STDCORE AllLngLicense/Software AssurancePack Academic OLV 16Licenses LevelE AdditionalProduct CoreLic 1Year - Серверная операционная система

11.3 Перечень программного обеспечения отечественного производства

1. Kaspersky Total Security - Антивирус

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Номер аудитории	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы

1	Учебная аудитория для проведения занятий всех типов (в т.ч. лекционного, семинарского, практической подготовки обучающихся), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	206/ЭЭ Ф 106/ЭЭ Ф	<p>Оснащение: специализированная мебель на 117 посадочных мест, персональный компьютер – 1 шт., телевизор LG 65UH LED -1 шт., Звуковая аппаратура – 1 шт., документ-камера портативная Aver Vision – 1 шт., коммутатор Comrex DS – 1 шт., магнитно-маркерная доска 90x180 – 1 шт, учебно-наглядные пособия в виде тематических презентаций, подключение к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, выход в корпоративную сеть университета.</p> <p>"Оснащение: ученические парты на 36 посадочных мест, трибуна 1 шт., ученические стенды – 2 шт., лабораторный стенд « Опытная иллюстрация уравнения Бернулли» - 1 шт., лабораторный стенд «Определение гидравлических коэффициентов трения в трубопроводе» - 1 шт., лабораторный стенд « Определение коэффициентов местных сопротивлений» - 1 шт., лабораторный стенд «Изучение работы сифона» - 1 шт., лабораторный стенд « Истечение жидкости через отверстия и насадки» - 1 шт., лабораторный стенд « Изучение режимов движения жидкости (опыт Рейнольдса)» - 1</p>
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, подтверждающее наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования		

13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» составлена на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия (приказ Минобрнауки России от 26.07.2017 г. № 709).

Автор (ы)

_____ доц. , кфмн Яновский Александр Александрович

Рецензенты

_____ доц. , ктн Коноплев Павел Викторович

_____ доц. КЭФиОТ, ктн Окашев Николай Анатольевич

Рабочая программа дисциплины «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» рассмотрена на заседании Кафедра электротехники, физики и охраны труда протокол № 8 от 12.03.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Заведующий кафедрой _____ Яновский Александр Александрович

Рабочая программа дисциплины «Сельскохозяйственные беспилотные авиационные системы» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Институт механики и энергетики протокол № 7 от 17.03.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Руководитель ОП _____