



Российская академия
кадрового обеспечения
агропромышленного комплекса

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса»

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА:

решением административного совета
ФГБОУ ДПО РАКО АПК
от «27» августа 2026 г.
протокол № 19

УТВЕРЖДЕНА:

Приказом ректора
ФГБОУ ДПО РАКО АПК
от «27» августа 2026 г. № 217-А
Е.А. Измулкина



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«Беспилотные авиационные системы в сельском хозяйстве:
затраты и выгоды»**

Общий объем: 72 часа

Москва, 2026

Оглавление

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ	3
1.1. Нормативно-правовые основания разработки программы	3
1.2. Результаты обязательного анализа исходных данных	3
1.3. Цель реализации программы.....	4
2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ	4
3. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ.....	6
4. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	7
5. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ВСЕХ ТЕМ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗБОР).....	9
Модуль 1. Введение в БАС в сельском хозяйстве. Анализ затрат при внедрении БАС.....	9
Модуль 2. Оценка эффективности использования БАС в сельском хозяйстве: выгоды применения.....	13
Модуль 3. Подготовка и защита проекта внедрения БАС с экономическим обоснованием	19
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС)	24
6.1. Паспорт фонда оценочных средств	24
6.2. Банк тестовых вопросов	24
6.3. Ситуационные кейсы (10 кейсов)	25
6.4. Практические задания.....	26
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	26
8. ЛИСТ СООТВЕТСТВИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (ЭТАП КОНТРОЛЯ).....	27

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Нормативно-правовые основания разработки программы

- Программа разработана в соответствии с требованиями следующих нормативных правовых актов Российской Федерации:
- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
- Приказ Минобрнауки России № 266 от 24.03.2025 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам».
- Приказ Минобрнауки России № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам».
- Приказ Минобрнауки России и Минпросвещения России № 885/390 «О практической подготовке обучающихся».
- Постановление Правительства РФ от 21.06.2023 № 1016 «О порядке установления экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций» (в части эксплуатации беспилотных авиационных систем).

1.2. Результаты обязательного анализа исходных данных

Тип программы: программа повышения квалификации.

Область профессиональной деятельности: 01 Сельское хозяйство; 17 Транспорт (в части беспилотного авиационного транспорта).

Вид профессиональной деятельности: Выполнение работ по дистанционному зондированию земли (ДЗЗ), внесению средств защиты растений (СЗР) и ультрамалообъемному опрыскиванию (УМО) с применением БАС в растениеводстве; экономическое обоснование внедрения цифровых технологий в АПК.

Код ОКСО (Общероссийский классификатор специальностей по образованию):

35.03.04 Агрономия

35.03.06 Агроинженерия

25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем

Уровень образования: Лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование; лица, получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование.

Профессиональные стандарты (Минтруда России):

Профстандарт 13.017 «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее».

Профстандарт 01.001 «Агроном».

Трудовые функции: ТФ А/01.5 Выполнение полетного задания;

ТФ В/01.6 Мониторинг подстилающей поверхности;

ТФ В/02.6 Проведение агрохимических и защитных мероприятий.

■ Уровень квалификации: 5-6 уровень.

Целевая аудитория: Агрономы, агроинженеры, руководители хозяйств, финансовые и инвестиционные менеджеры, специалисты по цифровизации и автоматизации сельского хозяйства, эксперты по внедрению новых технологий.

Общий объем программы: 72 академических часа.

Форма обучения: Очная (с отрывом от работы) и очно-заочная с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) и электронного обучения (ЭО).

Режим занятий: 6 академических часов в день.

1.3. Цель реализации программы

Целью программы является качественное совершенствование и (или) формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для эффективного планирования, внедрения, эксплуатации и экономической оценки эффективности беспилотных авиационных систем (БАС) в аграрном секторе экономики.

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ)

В результате освоения программы у слушателей формируются следующие профессиональные компетенции:

ПК-1. Техничко-технологический аудит и подбор БАС для задач растениеводства.

Знания (З1–З4): З1.1. Классификация, летно-технические характеристики и конструктивные особенности современных агродронов;

З1.2. Специфика полезной нагрузки (мультиспектральные камеры, баки для УМО, распылители); З1.3. Принципы построения наземных станций управления и телеметрии; З1.4. Нормативно-правовой регламент использования воздушного пространства РФ для БАС (сертификация, учет, разрешения).

Умения (У1–У4): У1.1. Определять оптимальный тип БАС под климатические и рельефные условия хозяйства; У1.2. Формировать технические требования к целевой полезной нагрузке; У1.3. Рассчитывать необходимую емкость аккумуляторных батарей и производительность зарядных станций; У1.4. Осуществлять подготовку документов для согласования полетных планов в органах ОрВД.

Навыки (В1–В3): В1.1. Навык подбора комплектации БАС в зависимости от площади и структуры севооборота; В1.2. Опыт интеграции БАС в общую ИТ-инфраструктуру агропредприятия; В1.3. Навык оценки технической готовности оборудования к выполнению агрохимических работ.

ПК-2. Управление затратами и структурирование структуры инвестиций при внедрении БАС.

Знания (З1–З4): З2.1. Структура капитальных вложений (CAPEX) при покупке беспилотных комплексов; З2.2. Статьи операционных расходов (ОРЕХ) на содержание и летную эксплуатацию БАС; З2.3. Методы оценки стоимости владения (ТСО) инфраструктурой БАС; З2.4. Финансовые инструменты приобретения техники (лизинг, кредитование, государственные субсидии).

Умения (У1–У4): У2.1. Калькулировать себестоимость одного гектара обработки/мониторинга с использованием БПЛА; У2.2. Распределять затраты на ФОТ внешних/внутренних пилотов, амортизацию оборудования и ГСМ; У2.3. Сравнивать затратную часть собственной службы БАС с предложениями сервисных ИТ-компаний (аутсорсинг); У2.4. Составлять бюджет расходов на страхование воздушных судов и гражданской ответственности.

Навыки (В1–В3): В2.1. Навык формирования сметы расходов на развертывание авиапарка в сельхозпредприятии; В2.2. Опыт оптимизации операционных издержек при планировании полетных смен; В2.3. Навык проведения сравнительного анализа коммерческих предложений поставщиков услуг БАС.

ПК-3. Мониторинг состояния посевов и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Знания (З1–З4): З3.1. Основы спектрофотометрии и физические принципы отражения радиации растениями; З3.2. Назначение и математические модели расчета вегетационных индексов (NDVI, EVI, GNDVI, NDRE); З3.3. Технологии построения ортофотопланов, цифровых моделей рельефа (ЦМР) и карт предписаний; З3.4. Методы выявления зон угнетения посевов, сорной растительности, дефицита влаги и поражения патогенами.

Умения (У1–У4): У3.1. Настраивать параметры мультиспектральной съемки в зависимости от фазы вегетации культуры; У3.2. Импортировать сырые геоданные в специализированное фотограмметрическое ПО (Pix4D, Agisoft Metashape); У3.3. Проводить векторизацию полей и выявлять точные контуры поврежденных участков; У3.4. Формировать технологические карты для дифференцированного внесения удобрений на основе вегетационных индексов.

Навыки (В1–В3): В3.1. Навык работы с геоинформационными системами (QGIS, ArcGIS) и агроаналитическими платформами; В3.2. Опыт интерпретации мультиспектральных снимков для прогнозирования урожайности; В3.3. Навык оперативного картографирования дефектов сева и всходов.

ПК-4. Организация и оценка эффективности защитных мероприятий и ультрамалообъемного опрыскивания (УМО).

Знания (З1–З4): З4.1. Физико-химические основы технологии УМО с применением БПЛА-опрыскивателей; З4.2. Правила приготовления баковых смесей высокой концентрации и требования к адьювантам; З4.3. Влияние метеорологических факторов (скорость ветра, инверсия температур,

влажность воздуха) на снос капель; 34.4. Технологические регламенты проведения десикации подсолнечника, рапса, сои и кукурузы.

Умения (У1–У4): У4.1. Рассчитывать норму расхода рабочей жидкости (от 5 до 15 л/га) и концентрацию СЗР; У4.2. Настраивать параметры распыления (размер капель, ширина захвата, высота полета дрона над культурой); У4.3. Оценивать биологическую и экономическую эффективность обработок БАС в сравнении со штанговыми и самоходными опрыскивателями; У4.4. Контролировать соблюдение зон безопасности и экологических ограничений при авиаобработках.

Навыки (В1–В3): В4.1. Навык разработки технологических карт применения БАС для защиты растений; В4.2. Опыт организации наземной инфраструктуры обеспечения полетов (растворные узлы, мобильные генераторы); В4.3. Опыт проведения аудита качества покрытия целевой поверхности каплями.

ПК-5. Бизнес-планирование и инвестиционная оценка проектов внедрения БАС.

Знания (З1–З4): 35.1. Методология инвестиционного анализа (динамические методы оценки проектов); 35.2. Правила расчета показателей NPV (чистый дисконтированный доход), IRR (внутренняя норма доходности), ROI (возврат инвестиций), DPP (дисконтированный срок окупаемости); 35.3. Классификация и методы миграции ключевых проектных рисков БАС (технические, погодные, юридические, кадровые); 35.4. Структура и существенные условия договоров на оказание услуг БАС.

Умения (У1–У4): У5.1. Разрабатывать финансовые модели проектов внедрения БАС при различных сценариях (собственный парк, аутсорсинг, смешанный вариант); У5.2. Проводить анализ чувствительности инвестиционного проекта к изменению стоимости СЗР, ГСМ и тарифов на услуги; У5.3. Составлять разделы бизнес-планов, обосновывающие экономический эффект от ликвидации технологической колеи и снижения вытаптывания культур; У5.4. Проводить экспертизу договоров на выполнение авиационных агрохимических работ.

Навыки (В1–В3): В5.1. Навык защиты инвестиционных проектов автоматизации перед инвесторами и кредитными организациями; В5.2. Опыт качественной и количественной оценки проектных рисков; В5.3. Навык разработки калькуляторов окупаемости технологий точного земледелия.

3. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ

Наименование разделов и тем	Формируемые компетенции	Коды З	Коды У	Коды В
Раздел 1. Введение в БАС. Анализ затрат	ПК-1, ПК-2	31.1, 31.2, 32.1, 32.2	У1.1, У1.2, У2.1, У2.2	В1.1, В2.1

Раздел 2. Оценка эффективности и выгоды	ПК-3, ПК-4	33.1–33.4, 34.1–34.4	У3.1–У3.4, У4.1–У4.4	В3.1–В3.3, В4.1–В4.3
Раздел 3. Проект внедрения БАС с обоснованием	ПК-5, ПК-2	35.1–35.4, 32.3, 32.4	У5.1–У5.4, У2.3, У2.4	В5.1–В5.3, В2.2

4. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ, ДИСЦИПЛИН, ТЕМ	ВСЕГО ЧАСОВ	в том числе		
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1	Введение в беспилотные авиационные системы (БАС) в сельском хозяйстве. Анализ затрат при внедрении БАС	14	8	2	2
1.1	Современное состояние и тренды развития беспилотных технологий. Основные цели и задачи использования агродронов в растениеводстве	2	2		
1.2	Место агродронов в системе разделения труда в АПК. Области применения: мониторинг посевов, внесение удобрений, опрыскивание, картирование. Кейсы и лучшие практики применения БАС	2	2		
1.3	Типы и функциональные возможности дронов в агросекторе. Производители и анализ рынка (дроны, базы, программное обеспечение)	3	2		
1.4	Точная оценка затрат внедрения БПЛА. Капитальные (стоимость оборудования, программное обеспечение, инфраструктура) и операционные расходы (обслуживание и ремонт, зарплата и обучение сотрудников, страховка и разрешения).	6	2	2	2
К	Групповые консультации	2			
2	Количественная оценка выгоды применения БАС при разных технологических операциях в растениеводстве	32	10	12	8
2.1	Выгоды применения БПЛА при выращивании зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень). Мониторинг состояния посевов, раннее обнаружение болезней и вредителей. Сравнение затрат времени традиционного и БПЛА-мониторинга. Оптимизация внесения удобрений и пестицидов. Увеличение урожайности	8	2	4	2

	благодаря точному земледелию. Расчет экономии средств и получения выгод				
2.2	Посев с помощью БПЛА. Анализ затрат и выгод по культурам: рис на залитых чеках, травы (люцерна, клевер), овощные культуры; сидераты, почвопокровные растения	6	2	2	2
2.3	Выгоды применения БАС для защиты растений: экономия средств защиты растений, сравнение затрат на обработку традиционным способом и с помощью БПЛА, снижение рисков и потерь.	6	2	2	2
2.4	Экономическая эффективность и целесообразность десикации с помощью БПЛА подсолнечника, рапса, сои, зернобобовых.	5	2	2	1
2.5	Сценарии в зависимости от возделываемой культуры и площади возделывания. Соотношение выгод и затрат: интерпретация и применение	5	2	2	1
К	Групповые консультации	2			
3	Подготовка и защита проекта внедрения БАС с экономическим обоснованием: аутсорсинг, фокусировка на одной операции; создание парка БАС по оказанию услуг	22	8	8	4
3.1	Анализ бизнес-процессов хозяйства «как есть», моделирование процессов «как будет» с БАС	5	2	2	1
3.2	Оценка эффективности реализации проекта в зависимости от сценария: NPV, IRR, ROI, срок окупаемости.	5	2	2	1
3.3	Ключевые риски проектов БАС: анализ и управление	5	2	2	1
3.4	Договоры на услуги БАС: структура, условия, риски. Типы договоров на услуги БАС. Виды услуг БАС и их договорное оформление. Стоимость услуг и методы расчета. Оплата и график платежей. Гарантии и гарантийные обязательства. Риски и их минимизация. Практические примеры договоров. Рекомендации для фермеров. Выбор подрядчика. Контроль выполнения договора. Варианты разрешения конфликтов.	5	2	2	1
К	Групповые консультации	2			
К	Индивидуальные консультации	2			
ИА	Итоговая аттестация: подготовка и сдача зачета	2			
	Итого:	72	26	22	14

5. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ВСЕХ ТЕМ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗБОР)

Модуль 1. Введение в БАС в сельском хозяйстве. Анализ затрат при внедрении БАС

Тема 1.1. Современное состояние и тренды развития беспилотных технологий. Основные цели и задачи использования агродронов в растениеводстве

- Цель: Сформировать у слушателей комплексное представление об эволюции БАС и приоритетных задачах роботизации АПК.
- Планируемые результаты: Слушатель должен ориентироваться в технологических укладах сельского хозяйства (Agriculture 4.0/5.0).
 - Формируемые компетенции: ПК-1.
 - Знания, умения, навыки: З1.1, У1.1, В1.3.
 - Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Глобальный контекст роботизации мирового сельского хозяйства.
 2. Понятие концепции «Точного земледелия» (Precision Agriculture) и роль авиационных платформ.
 3. История развития БАС от военных разработок к коммерческому использованию в АПК.
 4. Архитектура БАС: воздушное судно, полезная нагрузка, командно-полетный пункт.
 5. Переход от экстенсивных методов контроля полей к непрерывному цифровому сканированию.
 6. Использование БАС для минимизации антропогенного фактора и ошибок механизаторов.
 7. Тренды: автономия взлета и посадки, использование ИИ для распознавания образов на лету (Edge AI).
 8. Роль роевых технологий (Swarm Intelligence) в обработке полей сверхбольших площадей.
 9. Экологические детерминанты: снижение углеродного следа за счет оптимизации проходов техники.
 10. Анализ инициатив Минсельхоза России по субсидированию беспилотных технологий.
 11. Государственная стратегия развития беспилотной авиации до 2030 года и на перспективу до 2035 года.
- Практическое занятие: *(Не предусмотрено учебным планом — 0 часов)*.
- Самостоятельная работа: Разработка аналитического эссе на тему «Сравнительный анализ барьеров внедрения БАС в регионах с различными климатическими условиями РФ».
- Форма текущего контроля: Фронтальный устный опрос с использованием балльно-рейтинговой системы.

- Критерии оценивания: Точность дефиниций, понимание разницы между типами БАС, аргументированность выводов.
- Рекомендуемая литература:
 - *Основная:* Якушев В.П. Навигационные технологии в точном земледелии. — СПб: ПИЯФ, 2021.
 - *Дополнительная:* Труфляк Е.В. Точное земледелие: мировые тенденции и отечественный опыт. — Краснодар, 2023.

Тема 1.2. Место агродронов в системе разделения труда в АПК. Области применения: мониторинг посевов, внесение удобрений, опрыскивание, картирование. Кейсы и лучшие практики

- Цель: Определение функциональных ниш беспилотных комплексов и синергии БАС с классической прикладной агрономией.
- Планируемые результаты: Способность интегрировать полетные операции в календарный план полевых работ хозяйства.
- Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-4.
- Знания, умения, навыки: 31.2, 34.1, У1.1, В1.2.
- Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Классическая структура механизированных отрядов и место авиационных звеньев.
 2. Изменение ролевой модели агронома в условиях тотальной цифровизации.
 3. Систематизация задач: оперативный мониторинг всходов, выявление огрехов сева.
 4. Особенности использования БПЛА для точечного очагового внесения трихограммы.
 5. Использование дронов в качестве инструментов оперативного контроля качества работы традиционной техники.
 6. Анализ опыта применения БАС на мелкоконтурных полях со сложной геометрией.
 7. Специфика работы БАС в рисовых чеках, поймах рек и переувлажненных почвах, где застревает колесная техника.
 8. Парадигма ликвидации «технологической колеи»: агрономический эффект сохранения посевной площади.
 9. Кейс внедрения мультиспектрального анализа крупными агрохолдингами РФ (ГК «Русагро», «ЭкоНива»).
 10. Разбор ошибок пилотирования и планирования, повлекших порчу посевов или оборудования.
- Практическое занятие: *(Не предусмотрено учебным планом — 0 часов).*
- Самостоятельная работа: Изучение и подготовка реферата по опубликованным кейсам Минсельхоза РФ относительно практики ликвидации сорной растительности (борщевик Сосновского) с помощью БПЛА.
- Форма текущего контроля: Экспертная дискуссия (круглый стол) в СДО.

- Критерии оценивания: Способность вести профессиональную дискуссию, глубина анализа практических кейсов.
- Рекомендуемая литература:
 - Основная: Измайлов А.Ю. Инновационные технологии и техника для сельского хозяйства. — М.: ВИМ, 2022.

◦

Тема 1.3. Типы и функциональные возможности дронов. Специфика полезной нагрузки. Рынок БАС в РФ для сельского хозяйства

- Цель: Изучение конструктивных особенностей дронов различных типов и классификация сенсорных систем.
- Планируемые результаты: Умение формировать оптимальную аппаратную комплектацию беспилотного комплекса под конкретную технологическую задачу.
 - Формируемые компетенции: ПК-1.
 - Знания, умения, навыки: 31.1, 31.2, 31.3, У1.2, У1.3, В1.1.
 - Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Самолетный тип (фиксированное крыло) против мультироторных систем (квадро-, гекса-, октокоптеры).
 2. Гибридные схемы (VTOL — вертикальный взлет и посадка): преимущества и недостатки.
 3. Сравнительный анализ производительности: площадь покрытия за один полетный час.
 4. Конструкция опрыскивающих систем: центробежные форсунки (CDA) против гидравлических щелевых насадок.
 5. Сенсоры для ДЗЗ: RGB-камеры высокого разрешения, мультиспектральные, гиперспектральные камеры, лидары.
 6. Каналы связи и передачи данных, радиочастотный спектр, используемый в гражданской агродиагностике.
 7. Наземное вспомогательное оборудование: RTK-базовые станции, их влияние на точность позиционирования (до 2 см).
 8. Обзор отечественных производителей БАС для АПК («Геоскан», «Агримакс.Аэро», «Транспорт будущего»).
 9. Импортозамещение и проблемы доступности компонентной базы в условиях санкций.
 10. Критерии выбора поставщика: ремонтпригодность, наличие сервисных центров, доступность АКБ.
 - Практическое занятие (2 часа):
 1. Изучение спецификаций беспилотных авиационных систем самолетного и мультироторного типа.
 2. Подбор сенсоров и камер под задачу детектирования азотного голодания озимой пшеницы.
 3. Расчет конфигурации зарядного комплекса и аккумуляторных батарей для обеспечения непрерывного цикла полетов.
 4. Сравнение ЛТХ моделей: Геоскан 201, Агримакс-30, DJI Agras T40/T50.

5. Формирование итоговой технической спецификации беспилотного комплекса хозяйства.

- Самостоятельная работа (1 час): Анализ каталогов российских поставщиков БАС с заполнением сравнительной таблицы параметров полезной нагрузки.

- Форма текущего контроля: Защита технической спецификации оборудования.

- Критерии оценивания: Техническая грамотность, обоснованность выбора сенсоров и емкости АКБ, знание ограничений моделей.

- Рекомендуемая литература:

- *Основная:* Смирнов Г.В. Беспилотные летательные аппараты в геоинформационных системах. — М.: Юрайт, 2024.

-

Тема 1.4. Капитальные затраты (CAPEX) на создание инфраструктуры БАС: стоимость дронов, ПО, лицензий, обучение персонала, создание наземной инфраструктуры. Операционные затраты (OPEX)

- Цель: Формирование навыка финансово-экономического моделирования структуры затрат при развертывании корпоративной службы БАС.

- Планируемые результаты: Умение составлять смету расходов на CAPEX и OPEX, прогнозировать скрытые издержки.

- Формируемые компетенции: ПК-2.

- Знания, умения, навыки: 32.1, 32.2, 32.3, У2.1, У2.2, В2.1.

- Лекционный материал (содержательные тезисы):

1. Понятие CAPEX в контексте внедрения инноваций: структура первоначального чека.

2. Анализ стоимости программного обеспечения для фотограмметрии и обработки ГИС данных (лицензионная политика).

3. Стоимость сертификации, регистрации БВС и прохождения курсов подготовки внешних пилотов (операторов).

4. Наземная инфраструктура: специализированный автотранспорт, растворные узлы, генераторы, климатические боксы для хранения АКБ.

5. Понятие OPEX: классификация постоянных и переменных издержек летной службы.

6. Фонд оплаты труда (ФОТ) полетных экипажей: пилот, штурман, техник, агроном-аналитик.

7. Расходы на регламентное техническое обслуживание, замену винтов, моторов, деградацию литий-полимерных батарей.

8. Страхование воздушных судов и рисков причинения вреда третьим лицам (ОСАГО для Дронов).

9. Риски полной потери имущества (краш-тесты, потеря связи, глушение сигналов GPS/ГЛОНАСС).

10. Оценка совокупной стоимости владения (ТСО) на горизонте планирования 3–5 лет.

- Практическое занятие (2 часа):
 1. Расчет структуры капитальных вложений (CAPEX) для условного хозяйства площадью 5000 га.
 2. Расчет затрат на амортизацию БПЛА-опрыскивателя исходя из нормативного ресурса рамы и двигателей.
 3. Калькуляция стоимости расходных материалов и электроэнергии для обеспечения 10 полетных смен.
 4. Построение структуры операционных затрат (OPEX) за один производственный сезон.
 5. Формирование сводной финансовой таблицы издержек.
- Самостоятельная работа (1 час): Расчет стоимости деградации литий-полимерных аккумуляторов (LiPo/LiFePO₄) при интенсивной эксплуатации в режиме быстрой зарядки.
- Форма текущего контроля: Защита расчетной работы по калькуляции CAPEX/OPEX.
- Критерии оценивания: Точность математических расчетов, учет всех статей расходов (включая страховку и обучение), обоснованность норм амортизации.
- Рекомендуемая литература:
 - *Основная:* Липсиц И.В. Инвестиционный анализ: подготовка и оценка инвестиций в реальные активы. — М.: Инфра-М, 2023.

Модуль 2. Оценка эффективности использования БАС в сельском хозяйстве: выгоды применения

Тема 2.1. Выгоды применения БАС для картирования и инвентаризации земель, создания ортофотопланов и 3D-моделей рельефа. Анализ затрат на традиционные методы геодезии

- Цель: Обучение методологии высокоточного картографирования и обоснование преимуществ ДЗЗ перед классическими наземными геодезическими измерениями.
- Планируемые результаты: Умение работать с материалами фотограмметрии, выявлять несоответствия кадастровых границ фактическому землепользованию.
- Формируемые компетенции: ПК-3.
- Знания, умения, навыки: ЗЗ.3, УЗ.2, УЗ.3, ВЗ.1, ВЗ.3.
- Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Понятие пространственного разрешения (GSD — Ground Sampling Distance) и его значение для точности карт.
 2. Этапы создания высокоточного ортофотоплана: планирование миссии, полет, расстановка наземных опознаков (GCP).
 3. Фотограмметрическая обработка изображений: триангуляция, построение плотного облака точек.

4. Создание цифровой модели рельефа (ЦМР) и цифровой модели поверхности (ЦМП).

5. Применение ЦМР для моделирования стоков воды, выявления зон эрозии и планирования мелиоративных систем.

6. Экономические выгоды выявления скрытых неиспользуемых земель, лесополос, переувлажненных вымочек.

7. Сравнительный анализ себестоимости съемки 1 га традиционным методом (тахеометры, GNSS-приемники) и с помощью БАС.

8. Скорость выполнения работ как ключевой фактор эффективности в условиях ограниченного временного окна.

9. Юридическая легитимность ортофотопланов, созданных с БПЛА, при решении земельных споров в суде.

10. Оценка окупаемости одной сессии картографирования за счет корректировки кадастровой стоимости и налоговой базы.

- Практическое занятие (4 часа):

1. Работа в интерфейсе ПО Agisoft Metashape / Pix4D по обработке тестового сета снимков с БПЛА.

2. Выравнивание фотографий, генерация плотного облака точек и экспорт ортофотоплана.

3. Создание цифровой модели рельефа и построение карты уклонов поля.

4. Наложение фактического контура обработки на кадастровую карту Росреестра в QGIS, выявление расхождений площади.

5. Экономический расчет экономии затрат при отказе от услуг сторонних геодезических организаций.

- Самостоятельная работа (1 час): Изучение нормативных требований Росреестра к точности создания топографических планов масштабов 1:2000 и 1:5000 с применением БАС.

- Форма текущего контроля: Защита лабораторного практикума по ГИС-анализу рельефа.

- Критерии оценивания: Корректность сборки ортофотоплана, отсутствие артефактов склейки, правильность расчета выявленных площадей расхождения.

- Рекомендуемая литература:

- Основная: Капралов Е.Г. Основы геоинформатики. — М.: Академия, 2022.

-

Тема 2.2. Оценка эффективности применения БАС для мониторинга состояния посевов (NDVI и др. индексы). Борьба со злостными сорняками, вредителями, болезнями. Подпокровные растения

- Цель: Освоение методов спектрального анализа растительности для оперативного управления фитосанитарным состоянием агроценозов.

- Планируемые результаты: Умение дешифровать спектральные образы полей, классифицировать типы угнетения растений по индексам вегетации.

- Формируемые компетенции: ПК-3.
- Знания, умения, навыки: ЗЗ.1, ЗЗ.2, ЗЗ.4, УЗ.1, УЗ.4, ВЗ.2.
- Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Особенности отражения растительного покрова в видимом (RGB), ближнем инфракрасном (NIR) и крайнем красном (RedEdge) диапазонах.
 2. Алгоритмы расчета индекса NDVI: физический смысл, ограничения при высокой густоте стояния (эффект насыщения).
 3. Альтернативные индексы: NDRE (для поздних фаз вегетации), VARI (для RGB-камер), SAVI (с поправкой на почву).
 4. Методика проведения азотных подкормок на основе карт распределения вегетационных индексов.
 5. Автоматическое распознавание очагов сорной растительности методами машинного обучения на сверхвысоком разрешении.
 6. Ранняя диагностика фитопатологий (ржавчина, септориоз, фузариоз) по изменению спектральной яркости листа.
 7. Контроль качества всходов, расчет густоты стояния пропашных культур (подсчет штук растений на погонный метр).
 8. Мониторинг состояния подпокровных и промежуточных сидеральных культур для сохранения плодородия почв.
 9. Финансовая оценка предотвращенных потерь урожая за счет своевременного обнаружения очагов вредителей (например, лугового мотылька).
 10. Оценка эффективности инвестиций в мультиспектральные сенсоры: расчет точки безубыточности (Break-Even Point) внедрения технологии ДЗЗ.
- Практическое занятие (2 часа):
 1. Анализ растровых карт вегетационных индексов мультиспектральной съемки озимого рапса.
 2. Зонирование поля по уровням вегетации (высокий, средний, низкий потенциал).
 3. Создание векторной карты-предписания для дифференцированного внесения аммиачной селитры.
 4. Калькуляция экономического эффекта от перераспределения удобрений в пользу зон с низким плодородием.
- Самостоятельная работа (2 часа): Подготовка реферативного обзора по теме «Использование тепловизионных съемок с БПЛА для мониторинга работы систем капельного орошения и стресса растений».
- Форма текущего контроля: Защита кейс-стади «Диагностика поля Х».
- Критерии оценивания: Глубина агрономической интерпретации графиков вегетации, обоснованность технологических решений по карте-предписанию.
- Рекомендуемая литература:
 - *Основная:* Черепанов А.С. Спектральные свойства растительности // Геоматика. — 2021. — № 3.

○

Тема 2.3. Выгоды применения БАС для защиты растений: экономия средств защиты растений, сравнение затрат на обработку традиционным способом и с помощью БПЛА, снижение рисков и потерь

- Цель: Сравнительный технико-экономический анализ технологий классического наземного опрыскивания и ультрамалообъемного авиационного внесения СЗР.

- Планируемые результаты: Умение формировать экономическое обоснование для перевода защитных мероприятий на беспилотные рельсы.

- Формируемые компетенции: ПК-4, ПК-2.

- Знания, умения, навыки: 34.1, 34.2, 34.3, 32.1, У4.1, У4.2, У4.3, В4.1, В4.3.

- Лекционный материал (содержательные тезисы):

1. Экономическая сущность потерь от вытаптывания посевов штанговыми опрыскивателями (от 3% до 8% валового сбора).

2. Технология УМО: снижение расхода воды с 200–300 л/га до 5–15 л/га. Экономия на логистике подвоза воды.

3. Физика капли при УМО: мелкодисперсный распыл, обеспечивающий высокую плотность покрытия и проникновение вглубь стеблестоя за счет нисходящего потока воздуха от винтов (Propwash).

4. Экономия действующих веществ СЗР (до 30%) за счет повышения эффективности удержания препарата листом.

5. Сравнительный расчет затрат: ГСМ (0.2 л дизтоплива на генератор для дрона против 2–3 л на га для трактора).

6. Снижение уплотнения почвы (плужной подошвы) — долгосрочный экономический эффект сохранения плодородия.

7. Возможность работы непосредственно после затяжных дождей, в ночное время (когда минимален снос капель и устьица растений открыты).

8. Ограничения технологии: высокая стоимость специализированных препаративных форм, чувствительность к сильному ветру (>6 м/с).

9. Охрана труда: исключение контакта механизатора с высокотоксичными химикатами.

10. Интегральный расчет окупаемости перехода на БПЛА-опрыскиватели для защиты высокомаржинальных культур.

- Практическое занятие (3 часа):

1. Расчет прямых эксплуатационных затрат на обработку 1000 га инсектицидами при использовании самоходного опрыскивателя John Deere и комплекса из двух агродронов.

2. Расчет упущенной выгоды от вытаптывания культуры колесами трактора по технологической колее (на примере подсолнечника).

3. Составление калькуляционной карты затрат на ГСМ, воду, оплату труда.

4. Определение чистой экономии денежных средств на 1 гектар.

- Самостоятельная работа (1 час): Моделирование зависимости сноса рабочей жидкости от высоты полета дрона и размера капель по справочным номограммам.
- Форма текущего контроля: Защита расчетной технологической карты.
- Критерии оценивания: Корректность расчета сохраненного урожая (ликвидация вытапывания), математическая точность калькуляции затрат на логистику воды.
- Рекомендуемая литература:
 - Основная: Долженко В.И. Технологии точного применения средств защиты растений. — СПб: ВИЗР, 2022.

Тема 2.4. Экономическая эффективность и целесообразность десикации с помощью БПЛА подсолнечника, рапса, сои, зернобобовых

- Цель: Изучение специфики и расчёт экономической эффективности проведения предуборочной сушки культур авиационным методом.
- Планируемые результаты: Способность планировать десикацию с помощью БАС, минимизируя потери от осыпания и повреждения высокостебельных растений.
- Формируемые компетенции: ПК-4.
- Знания, умения, навыки: З4.4, У4.1, У4.3, В4.2.
- Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Понятие десикации как технологического приема ускорения и выравнивания созревания культур.
 2. Проблема обработки высокостебельных культур (подсолнечник, кукуруза) наземной техникой: катастрофический уровень вытапывания на поздних стадиях.
 3. Ограничения применения малой пилотируемой авиации (АН-2, СП-30): высокие требования к взлетной полосе, снос препаратов на соседние поля.
 4. Преимущества БПЛА при десикации: прецизионная точность удержания высоты над культурой по радарам (Terrain Following).
 5. Расчет оптимальных сроков проведения десикации по влажности семян (на примере подсолнечника — при влажности 25–30%).
 6. Химический состав баковых смесей для десикации с использованием глифосатов и дикватов в условиях УМО.
 7. Снижение влажности бункерного зерна при уборке — прямая экономия на последующей сушке на элеваторе.
 8. Повышение производительности комбайнов при уборке выровненного, сухого стеблестоя.
 9. Особенности десикации рапса: предотвращение растрескивания стручков за счет отсутствия механического контакта с техникой.
 10. Оценка рентабельности операции десикации дронами на примере конкретных хозяйств Юга России.

- Практическое занятие (3 часа):
 1. Разработка технологического регламента десикации подсолнечника площадью 400 га.
 2. Расчет нормы внесения диквата с учетом концентрации в 10 литрах рабочего раствора на гектар.
 3. Экономическое обоснование снижения затрат на элеваторную сушку семян подсолнечника после применения БПЛА-десикации.
 4. Расчет окупаемости стоимости услуг на десикацию за счет дополнительно сохраненного урожая.
- Самостоятельная работа (1 час): Изучение регламентов безопасного удаления зон авиаобработок от населенных пунктов и пасек в соответствии с требованиями СанПиН.
- Форма текущего контроля: Подготовка аналитической справки для директора по производству агрохолдинга.
- Критерии оценивания: Полнота учета факторов (элеваторный тариф, расход комбайна, сохраненный урожай), соответствие структуры справки стандартам делового оборота.
- Рекомендуемая литература:
 - Основная: Шпаар Д. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование). — М.: ИД ООО «DLV Агродело», 2020.
 -

Тема 2.5. Сценарии в зависимости от возделываемой культуры и площади возделывания. Соотношение выгод и затрат: интерпретация и применение

- Цель: Синтез полученных знаний для сценарного моделирования эффективности БАС в хозяйствах различного масштаба и специализации.
- Планируемые результаты: Умение формировать матрицу стратегических решений (купить/нанять) на основе площади пашни и структуры севооборота.
 - Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-5.
 - Знания, умения, навыки: 32.3, 35.1, У2.3, У5.1, В2.3, В5.2.
 - Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Классификация хозяйств по масштабу: малые (до 1000 га), средние (1000–5000 га), крупные агрохолдинги (более 5000 га).
 2. Эффект масштаба (Economies of Scale) применительно к содержанию собственного штата внешних пилотов.
 3. Сценарий №1: Полный аутсорсинг услуг (оплата за гектар обработки). Плюсы: отсутствие CAPEX, перенос рисков падения на подрядчика.
 4. Сценарий №2: Собственная авиаслужба. Плюсы: максимальная оперативность, контроль качества, минимальная стоимость га на больших объемах.
 5. Сценарий №3: Шеринг и кооперация (совместное использование оборудования соседними фермерскими хозяйствами).

6. Специфика культур: овощные и ягодные плантации (высокая маржинальность, малая площадь) — идеальный полигон для микро-БПЛА.
7. Садоводство и виноградарство: особенности 3D-картирования крон деревьев и объемного опрыскивания многолетних насаждений.
8. Построение графиков критического объема работ (Break-Even Volume), при котором затраты на покупку собственного дрона сравниваются с затратами на аутсорсинг.
9. Влияние региональной специфики: доступность кадров, плотность покрытия связью, ограничения полетов в приграничных зонах РФ.
10. Стратегическая матрица принятия решений для инвестора.
 - Практическое занятие (3 часа):
 1. Построение сценарной матрицы выбора бизнес-модели для трех типов хозяйств: КФХ (800 га, зерновые), ООО (4500 га, диверсифицированный севооборот), Агрокомплекс (20 000 га).
 2. Расчет точки пересечения затрат собственного парка БПЛА и привлеченного отряда.
 3. Определение оптимального количества полетных экипажей для среднего сценария.
 4. Формирование выводов о целесообразности инвестиций.
 - Самостоятельная работа (1 час): Анализ ограничений использования воздушного пространства, введенных указами глав субъектов РФ в 2024–2026 гг., и их влияния на риски простоя авиатехники.
 - Форма текущего контроля: Компьютерное тестирование по итогам Раздела 2 (20 вопросов).
 - Критерии оценивания: Процент правильных ответов (не менее 75% для оценки «удовлетворительно» и выше).
 - Рекомендуемая литература:
 - Основная: Черняков Б.А. Модернизация аграрного сектора США: технологические ориентиры XXI века. — М.: Художественная литература, 2019.

Модуль 3. Подготовка и защита проекта внедрения БАС с экономическим обоснованием

Тема 3.1. Анализ бизнес-процессов хозяйства «как есть», моделирование процессов «как будет» с БАС

- Цель: Освоение методологии реинжиниринга производственных процессов растениеводческого предприятия при внедрении беспилотных технологий.
- Планируемые результаты: Умение строить карты процессов (в нотациях BPMN или IDEF0), выявлять временные и материальные потери.
- Формируемые компетенции: ПК-5.
- Знания, умения, навыки: 35.1, У5.3, В5.2.
- Лекционный материал (содержательные тезисы):

1. Понятие системного подхода к управлению процессами в АПК.
2. Описание классического процесса мониторинга полей (пеший обход агронома): хронометраж, ограничения, низкая репрезентативность выборки.
3. Карта процесса «Как есть» (As-Is) для операции внесения инсектицидов штанговым опрыскивателем.
4. Выявление узких мест: зависимость от заправки водой, порча посевов на разворотных полосах, невозможность работы по переувлажненной почве.
5. Принципы реинжиниринга процессов при внедрении цифровых инноваций.
6. Построение целевой модели процесса «Как будет» (To-Be) с интеграцией полетных заданий.
7. Изменение информационных потоков: от снимка с дрона через облачную платформу к бортовому компьютеру трактора за 2 часа.
8. Синхронизация работы растворных узлов, подвозчиков воды и беспилотных звеньев.
9. Изменение должностных инструкций и матрицы ответственности (RACI) ключевых специалистов хозяйства.
10. Оценка управленческой эффективности от сокращения времени принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций (саранча, пожары).
 - Практическое занятие (2 часа):
 1. Моделирование и отрисовка графической схемы бизнес-процесса «Оперативный фитосанитарный контроль озимых» в нотации BPMN (модели «As-Is» и «To-Be»).
 2. Расчет сокращения трудозатрат ведущего агронома в человеко-часах при переходе на беспилотный мониторинг.
 3. Идентификация точек возникновения информационных разрывов в процессе передачи ортофотопланов.
 - Самостоятельная работа (1 час): Разработка регламента взаимодействия оператора БПЛА и главного агронома хозяйства при обнаружении очага сорняков.
 - Форма текущего контроля: Защита разработанных графических моделей процессов.
 - Критерии оценивания: Логическая корректность связей в BPMN, глубина детализации шагов, реалистичность модели «Как будет».
 - Рекомендуемая литература:
 - Основная: Репин В.В. Бизнес-процессы: моделирование, внедрение, управление. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2021.
 -

Тема 3.2. Оценка эффективности реализации проекта в зависимости от сценария: NPV, IRR, ROI, срок окупаемости

- Цель: Применение методов динамического инвестиционного анализа для финансово-экономического обоснования проектов автоматизации АПК.
- Планируемые результаты: Способность самостоятельно рассчитывать ключевые финансовые метрики инвестпроекта в Excel/Google Таблицах, интерпретировать полученные значения.
 - Формируемые компетенции: ПК-5, ПК-2.
 - Знания, умения, навыки: 35.2, 32.4, У5.1, У5.2, В5.1, В5.3.
 - Лекционный материал (содержательные тезисы):
 1. Концепция изменения стоимости денег во времени (Time Value of Money). Принципы дисконтирования.
 2. Обоснование выбора ставки дисконтирования для аграрных проектов с учетом странового и отраслевого риска.
 3. Алгоритм формирования чистого денежного потока (Net Cash Flow) инвестиционного проекта БАС.
 4. Формула и экономический смысл Чистого дисконтированного дохода (NPV). Критерий принятия решений ($\$NPV > 0\$$).
 5. Внутренняя норма доходности (IRR) как показатель предельной стоимости привлекаемого капитала.
 6. Индекс рентабельности инвестиций (ROI/PI) и методы его адаптации для ИТ-проектов в сельском хозяйстве.
 7. Расчет простого (PP) и дисконтированного (DPP) срока окупаемости оборудования.
 8. Формирование притоков денежных средств за счет: экономии СЗР, ГСМ, ликвидации вытапывания, увеличения урожайности.
 9. Особенности расчета финансовой модели при привлечении льготного агролизинга (под 2–3% годовых).
 10. Анализ чувствительности (Sensitivity Analysis) проекта к падению цен на зерновом рынке.
- Практическое занятие (2 часа):
 1. Разработка в MS Excel интерактивной финансовой модели проекта приобретения беспилотного комплекса стоимостью 4.5 млн рублей.
 2. Расчет денежных потоков по годам на горизонте 5 лет.
 3. Функция ЧПС (NPV) и ВНДО (IRR), нахождение точки дисконтированного срока окупаемости.
 4. Проведение стресс-тестирования модели при снижении урожайности на 15%.
- Самостоятельная работа (1 час): Изучение программ льготного кредитования АПК в рамках Постановления Правительства РФ № 1528 с точки зрения применимости к закупкам БАС.
- Форма текущего контроля: Защита инвестиционной расчетной модели проекта.
- Критерии оценивания: Математическая верность формул дисконтирования, реалистичность заложенных параметров экономии, обоснованность ставки дисконтирования.

- Рекомендуемая литература:
 - Основная: Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. — М.: Дело, 2022.

◦

Тема 3.3. Ключевые риски проектов БАС: анализ и управление

- Цель: Изучение типологии рисков внедрения БАС и разработка превентивных мер по минимизации угроз экономической эффективности проекта.

- Планируемые результаты: Умение составлять качественную матрицу рисков, рассчитывать индекс ожидаемой тяжести последствий, разрабатывать планы непрерывности бизнеса.

- Формируемые компетенции: ПК-5.

- Знания, умения, навыки: 35.3, У5.2, В5.2.

- Лекционный материал (содержательные тезисы):

1. Понятие неопределенности и риска в инновационной деятельности предприятий АПК.

2. Группа нормативно-правовых рисков: запреты на полеты в отдельных регионах, ужесточение правил сертификации, изменения в Воздушном кодексе РФ.

3. Технические риски: отказы навигационного оборудования, влияние систем РЭБ, поломка датчиков, потеря связи с НСУ.

4. Погодные и климатические риски: температурные ограничения работы литий-полимерных АКБ, критическая скорость ветра, внезапные осадки.

5. Кадровые риски: дефицит квалифицированных операторов БПЛА с агрономическими компетенциями, высокая текучесть кадров, риск умышленного саботажа цифровых нововведений персоналом хозяйства.

6. Технологические риски: несовместимость форматов данных БПЛА с бортовыми компьютерами имеющихся в хозяйстве тракторов и опрыскивателей.

7. Качественный анализ рисков: построение матрицы «Вероятность — Ущерб».

8. Стратегии реагирования на риски: уклонение, передача (страхование, аутсорсинг), снижение (дублирование систем, обучение), принятие.

9. Формирование резервных фондов на ликвидацию последствий аварий.

10. Разбор реальных аварийных кейсов из практики эксплуатации агродронов в РФ.

- Практическое занятие (2 часа):

1. Идентификация рисков для конкретного проекта внедрения БПЛА-опрыскивателей в Поволжье.

2. Построение карты рисков (Risk Map) из 15 ключевых угроз.

3. Разработка детального плана компенсационных мероприятий по трем наиболее критичным рискам.

4. Расчет стоимости мероприятий по минимизации рисков и включение их в ОРЕХ проекта.

- Самостоятельная работа (1 час): Разработка чек-листа предполётного осмотра (Pre-flight checklist) агродрона как инструмента снижения аварийности по вине человеческого фактора.

- Форма текущего контроля: Защита Карта рисков проекта.

- Критерии оценивания: Полнота выявленных рисков, адекватность предложенных мер защиты, корректность ранжирования угроз в матрице.

- Рекомендуемая литература:

- *Основная:* Балдин К.В. Риск-менеджмент в коммерческой деятельности. — М.: Дашков и Ко, 2023.

-

Тема 3.4. Договоры на услуги БАС: структура, условия, риски. Типы договоров на услуги БАС. Виды услуг БАС и их договорное оформление. Стоимость услуг и методы расчета. Оплата и график платежей. Гарантии, ответственность

- Цель: Правовое обеспечение полетной деятельности и выстраивание юридически безопасных отношений между заказчиком и подрядчиком услуг БАС.

- Планируемые результаты: Умение проводить юридическую экспертизу договоров на оказание авиахимических работ, жестко фиксировать зоны ответственности сторон и критерии качества.

- Формируемые компетенции: ПК-5.

- Знания, умения, навыки: 35.4, У5.4, В2.3.

- Лекционный материал (содержательные тезисы):

1. Юридическая природа договора на оказание услуг БАС (ст. 779 ГК РФ) против договора подряда (авиационные работы).

2. Существенные условия договора: предмет (точное указание кадастровых номеров полей, видов культур, типов вносимых препаратов).

3. Права и обязанности Заказчика: предоставление достоверных карт, обеспечение безопасности наземной зоны полетов, предоставление качественной воды/СЗР.

4. Права и обязанности Исполнителя: наличие действующих разрешений на использование воздушного пространства, свидетельств операторов, исправность БВС.

5. Методы расчета стоимости: фиксированная ставка за 1 га, почасовая оплата, оплата за результат (привязано к биологической эффективности).

6. Структура графика платежей: баланс авансовых и окончательных расчетов, привязка к этапам вегетации.

7. Раздел «Форс-мажор» в условиях эксплуатации БАС: детализация погодных условий (дождь, ветер > 7 м/с как легитимное основание приостановки работ).

8. Ответственность сторон: штрафы за просрочку вылета (срыв фазы обработки), ответственность Исполнителя за уничтожение культуры из-за сноса препарата на соседнее поле.

9. Порядок приемки работ: использование данных объективного контроля (лог-файлы полетных контроллеров дрона, треки полетов) как неотъемлемое приложение к Акту приема-передачи.

10. Досудебное урегулирование споров, специфика проведения агрономических экспертиз качества обработок.

- Практическое занятие (2 часа):

1. Правовой анализ реального проекта договора на оказание услуг по ультрамалообъемному опрыскиванию полей.

2. Поиск юридических «ловушек» и скрытых рисков для Заказчика (агрофирмы).

3. Составление протокола разногласий к договору в части изменения условий ответственности за гибель посевов от неправильной дозировки препарата.

- Самостоятельная работа (1 час): Изучение судебной практики арбитражных судов РФ по спорам, связанным с некачественным выполнением авиационно-химических работ пилотируемой и беспилотной авиацией за последние 3 года.

- Форма текущего контроля: Защита результатов правового анализа договора.

- Критерии оценивания: Юридическая обоснованность правок, знание норм Гражданского кодекса РФ, способность защитить интересы предприятия.

- Рекомендуемая литература:

- Основная: Гражданский кодекс Российской Федерации (актуальная редакция).

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС)

6.1. Паспорт фонда оценочных средств

ФОС предназначен для проведения текущего контроля успеваемости и итоговой аттестации слушателей. Итоговая аттестация проводится в форме Зачета посредством защиты комплексного выпускного проекта (бизнес-плана внедрения БАС в выбранном хозяйстве) или прохождения комплексного квалификационного теста.

6.2. Банк тестовых вопросов

(Ниже представлены репрезентативные примеры тестовых заданий из утвержденного фонда)

1. Какое пространственное разрешение (GSD) является оптимальным для построения ортофотоплана в целях точного выявления границ контуров полей?

- А) 1–5 см/пиксель (Правильный ответ)
- Б) 50–100 см/пиксель
- В) 2–3 метра/пиксель
- Г) 10 метров/пиксель

2. Какой вегетационный индекс наиболее эффективен для оценки содержания хлорофилла и биомассы на поздних стадиях развития культуры, когда индекс NDVI уходит в насыщение?

- А) VARI
- Б) NDRE (Правильный ответ)
- В) CAVI
- Г) RVI

3. К какой категории затрат (согласно финансовой модели) относится приобретение лицензии на программное обеспечение Pix4D для обработки данных ДЗЗ?

- А) OPEX
- Б) CAPEX (Правильный ответ)
- В) Маржинальные издержки
- Г) Вмененные издержки

4. Какова стандартная норма расхода рабочей жидкости (водного раствора) на 1 гектар при ультрамалообъемном опрыскивании (УМО) с помощью агродронов?

- А) 200–300 л/га
- Б) 100–150 л/га
- В) 5–15 л/га (Правильный ответ)
- Г) 0.5–1 л/га

5. При расчете показателя NPV проекта внедрения БАС, если итоговое значение получилось равным 0, это означает, что:

- А) Проект абсолютно убыточен и не подлежит реализации
- Б) Проект окупит вложенные средства и обеспечит требуемую норму доходности, но не принесет дополнительной прибыли (Правильный ответ)
- В) Срок окупаемости проекта равен бесконечности
- Г) В расчетах допущена математическая ошибка

(Полный банк из 30 верифицированных вопросов с вариантами ответов интегрирован в систему электронного тестирования образовательной организации СДО).

6.3. Ситуационные кейсы (10 кейсов)

• Кейс №1 «Выбор стратегии: Свой парк или Аутсорсинг». Хозяйство ООО «Заря» имеет 3500 га пашни под озимой пшеницей и подсолнечником. Руководство планирует внедрить технологию десикации

подсолнечника на площади 1200 га. Подрядчик предлагает услуги по цене 1400 руб./га. Покупка собственного комплекса БПЛА (2 дрона-опрыскивателя, растворный узел, АКБ, обучение) обойдется в 5 200 000 руб. Ресурс аккумуляторов ограничен 400 циклами. *Задание:* Рассчитать точку безубыточности и определить, через сколько лет окупится собственный парк БАС по сравнению с наймом отряда.

- Кейс №2 «Конфликт на границе полей». При проведении десикации подсолнечника дроном подрядчика в ветреную погоду произошло смещение облака препарата (диквата) на соседнее поле фермера, где возделывалась органическая соя. Поле сои получило химический ожог, фермер выставил претензию на 3 млн рублей. Подрядчик винит Заказчика, так как агроном хозяйства дал команду на взлет, несмотря на порывы ветра 8 м/с. *Задание:* Проанализировать ситуацию с точки зрения Воздушного и Гражданского кодексов РФ. Определить, кто понесет убытки, если в договоре отсутствовал пункт о логах полетного контроллера.

6.4. Практические задания

- Задание №1. На основе представленных сырых текстовых данных лог-файла полетного задания БПЛА-опрыскивателя, рассчитать фактическую ширину захвата и равномерность внесения рабочей жидкости, выявить зоны пропусков и перекрытий.

- Задание №2. Рассчитать чистый дисконтированный доход (NPV) инновационного проекта внедрения мультиспектрального мониторинга на площади 10 000 га при ставке дисконтирования 12% годовых, если первоначальный CAPEX составил 3.8 млн рублей, а ежегодный приток денежных средств за счет оптимизации внесения азотных удобрений составляет 1.4 млн рублей.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Основная литература

1. Базовый курс точного земледелия / под ред. академика РАН В.П. Якушева. — М.: Просвещение, 2022. — 412 с.
2. Беспилотные авиационные системы: Учебное пособие для вузов / С.В. Смирнов, А.В. Петров. — М.: Юрайт, 2024. — 288 с.
3. Экономика цифрового сельского хозяйства: Монография / И.А. Михайлова. — М.: Финансы и статистика, 2023. — 210 с.
4. Технологии применения средств защиты растений в интенсивном растениеводстве / В.И. Долженко. — СПб: ВИЗР, 2022. — 304 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Информационные технологии и ГИС в управлении агропредприятием / Е.Г. Капралов. — М.: Академия, 2021. — 195 с.

2. Международный опыт роботизации сельского хозяйства / Е.В. Труфляк. — Краснодар: КубГАУ, 2023. — 156 с.

7.3. Цифровые ресурсы и платформы

- Электронная библиотечная система «Лань» (раздел «Сельское хозяйство»).
- Профессиональная геоинформационная система QGIS (Open Source).
- Официальный информационный портал Министерства сельского хозяйства РФ (Геоаналитический центр АПК).

8. ЛИСТ СООТВЕТСТВИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (ЭТАП КОНТРОЛЯ)

Профессиональная компетенция	Тема учебного плана	Оценочное средство (текущее)	Критерий подтверждения сформированности
ПК-1	Тема 1.1, 1.2, 1.3	Защита спецификации оборудования	Обоснован выбор ЛТХ комплекса под структуру пашни хозяйства
ПК-2	Тема 1.4, 2.3, 2.5	Расчетная работа	Погрешность калькуляции себестоимости 1 га не превышает 3%
ПК-3	Тема 2.1, 2.2	Лабораторный практикум в ГИС	Корректный экспорт ортофотоплана и выделение зон NDVI
ПК-4	Тема 2.3, 2.4	Защита технологической карты	Верный расчет концентрации маточного раствора для УМО
ПК-5	Раздел 3 (3.1–3.4)	Выпускной проект (Бизнес-план)	Значение $\$NPV > 0\$$, проведена оценка рисков и юридическая экспертиза договора