

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
института механики и энергетики  
Мастепаненко Максим Алексеевич

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

**Б1.В.04 Калибровка и программирование сельскохозяйственных  
БАС**

**35.04.06 Агроинженерия**

Системы управления беспилотными летательными аппаратами

магистр

очная

# 1. 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	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
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	<b>знает</b> физические, технические и математические понятия, связанные с калибровкой и программированием БПЛА
		<b>умеет</b> составлять алгоритмы для решения прикладных задач
		<b>владеет навыками</b> основная терминология в области алгоритмизации и программирования
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	<b>знает</b> устройство и область применения беспилотников
		<b>умеет</b> отлаживать и тестировать программы
		<b>владеет навыками</b> работой с простыми и составными типами данных (строками, списками, кортежами, словарями, множествами).
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	<b>знает</b> Порядок калибровки IMU сельскохозяйственных БПЛА
		<b>умеет</b> Создавать программы полета сельскохозяйственных БПЛА
		<b>владеет навыками</b> приемами настройки системы насосов и форсунок БПЛА
ПК-2 Способен разрабатывать, обслуживать и эксплуатировать беспилотные летательные аппараты	ПК-2.4 Выполняет техническое и оперативное обслуживание, ремонт,	<b>знает</b> Порядок калибровки компаса сельскохозяйственных БПЛА
		<b>умеет</b> Устанавливать связь БПЛА с системами RTK и базовыми станциями

	диагностику и наладку беспилотных летательных аппаратов	<b>владеет навыками</b> методами управления БПЛА в случае нештатных ситуаций
--	---	--

## 2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Калибровка и программирование сельскохозяйственных БПЛА			
1.1.	Калибровка и программирование сельскохозяйственных БПЛА	3		Коллоквиум
1.2.	Математическое моделирование и разработка программ для БПЛА	3		Коллоквиум
	Промежуточная аттестация			Эк

## 3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
<b>Текущий контроль</b>			
<b>Для оценки знаний</b>			
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
<b>Для оценки умений</b>			
<b>Для оценки навыков</b>			
<b>Промежуточная аттестация</b>			

2	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала и формирования компетенций, организованное в виде беседы по билетам с целью проверки степени и качества усвоения изучаемого материала, определить необходимость введения изменений в содержание и методы обучения.	Комплект экзаменационных билетов
---	---------	--	----------------------------------

**4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Калибровка и программирование сельскохозяйственных БАС"**

*Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости*

Вопрос 1. Что является основной целью радиометрической калибровки мультиспектральной камеры?

Варианты ответов:

- А. Устранение геометрических искажений объектива
- Б. Перевод «сырых» значений пикселей (DN) в физические величины коэффициента отражения (reflectance)
- В. Калибровка положения камеры относительно корпуса дрона
- Г. Настройка баланса белого для получения эстетичных снимков

Вопрос 2. Какой метод калибровки акселерометра считается стандартным для большинства полетных контроллеров (PX4, ArduPilot)?

Варианты ответов:

- А. Калибровка вращением вокруг вертикальной оси
- Б. Шестипозиционный метод (размещение дрона в 6 различных ориентациях)
- В. Калибровка в полете с использованием GPS
- Г. Автоматическая калибровка при первом включении

Вопрос 3. Какая математическая модель лежит в основе калибровки трехосного магнитометра (компаса)?

Варианты ответов:

- А. Линейная регрессия
- Б. Преобразование Фурье
- В. Эллипсоидная подгонка (ellipsoid fitting)
- Г. Метод главных компонент

Вопрос 4. Какое внешнее условие является критически важным для успешной калибровки компаса?

Варианты ответов:

- А. Отсутствие ветра
- Б. Наличие прямой видимости спутников
- В. Отсутствие магнитных помех (металлоконструкции, ЛЭП)
- Г. Температура воздуха выше +15°C

Вопрос 5. Для чего используется калибровочная пластина с известными спектральными

характеристиками?

Варианты ответов:

- А. Для проверки остроты фокусировки объектива
- Б. Для привязки снимков к координатам местности
- В. Для эталонной радиометрической калибровки мультиспектральных снимков
- Г. Для балансировки пропеллеров

Вопрос 6. Что такое калибровка гироскопа (rate gyro calibration)?

Варианты ответов:

- А. Определение чувствительности датчика к угловым ускорениям
- Б. Определение смещения нуля (bias) при неподвижном положении дрона
- В. Настройка фильтра низких частот для шумоподавления
- Г. Калибровка масштабного коэффициента на поворотном столе

Вопрос 7. Как часто рекомендуется проводить калибровку компаса на сельскохозяйственном БПЛА?

Варианты ответов:

- А. Один раз при первом включении, больше не требуется
- Б. Перед каждым вылетом или при смене места работы (особенно после транспортировки)
- В. Один раз в месяц независимо от условий
- Г. Только при замене аккумулятора

Вопрос 8. Какая процедура калибровки необходима для обеспечения точности дифференцированного внесения удобрений?

Варианты ответов:

- А. Только калибровка IMU
- Б. Калибровка расходомера и проверка соответствия фактического расхода расчетному
- В. Только геометрическая калибровка камеры
- Г. Калибровка не требуется, достаточно заводских настроек

Вопрос 9. Что понимается под геометрической калибровкой камеры?

Варианты ответов:

- А. Определение цветового профиля камеры
- Б. Устранение дисторсии объектива и определение параметров внутреннего ориентирования
- В. Настройка угла наклона камеры относительно горизонта
- Г. Калибровка выдержки и диафрагмы

Вопрос 10. В чем заключается калибровка системы управления распылением на основе PWM (Pulse Width Modulation)?

Варианты ответов:

- А. В настройке давления в гидросистеме
- Б. В определении зависимости скорости потока (расхода) от ширины импульса управляющего сигнала
- В. В калибровке уровня жидкости в баке
- Г. В настройке геометрии распыла форсунок

Раздел 2. Вегетационные индексы и карты здоровья (Вопросы 11–16)

Вопрос 11. Какой вегетационный индекс наиболее часто используется для оценки содержания хлорофилла и азотного статуса растений?

Варианты ответов:

- А. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
- Б. NDRE (Normalized Difference Red Edge Index)
- В. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)
- Г. NDWI (Normalized Difference Water Index)

Вопрос 12. Для решения какой задачи применяется индекс NDMI (Normalized Difference Moisture Index)?

Варианты ответов:

- А. Оценка содержания азота в листьях
- Б. Определение водного стресса и влажности растительности
- В. Выделение почвы на снимках
- Г. Классификация типов растительности

Вопрос 13. Что представляет собой «цифровая карта здоровья» поля, создаваемая на основе мультиспектральных данных?

Варианты ответов:

- А. Визуализация рельефа местности
- Б. Тематическая карта, отображающая пространственное распределение вегетационных индексов и стрессовых зон
- В. Карта с координатами всех препятствий на поле
- Г. План полетного задания для дрона

Вопрос 14. Какой канал спектра является ключевым для расчета большинства вегетационных индексов?

Варианты ответов:

- А. Только красный (RED)
- Б. Только ближний инфракрасный (NIR)
- В. Сочетание красного и ближнего инфракрасного (RED + NIR)
- Г. Синий и зеленый каналы

Вопрос 15. Какая информация необходима для расчета требуемого объема СЗР на основе анализа состояния посевов?

Варианты ответов:

- А. Только площадь поля
- Б. Карта здоровья (вегетационные индексы) и агрономические нормы внесения для различных зон
- В. Только тип культуры и фенофаза
- Г. Только метеопрогноз

Вопрос 16. Для оценки какого параметра используется вегетационный индекс NDVI?

Варианты ответов:

- А. Влажность почвы
- Б. Фотосинтетическая активность и биомасса растительности
- В. Содержание тяжелых металлов в растениях
- Г. Глубина залегания грунтовых вод

Раздел 3. Программирование автономных миссий и бортовой ИИ (Вопросы 17–24)

Вопрос 17. В каком формате обычно сохраняются файлы с полетным заданием (миссией), содержащие глобальные координаты и команды, для загрузки в автопилот?

Варианты ответов:

- А. .txt или .csv
- Б. .jpg или .png
- В. \*.waypoints или \*.plan
- Г. .mp4 или .avi

Вопрос 18. Что такое автономная миссия по точечному внесению СЗР?

Варианты ответов:

- А. Полет по всему полю с постоянной нормой внесения
- Б. Полет, в котором дрон автоматически активирует форсунки только на стрессовых участках, выявленных на карте здоровья
- В. Ручное управление дроном с пульта
- Г. Полет без использования GPS

Вопрос 19. Какой тип управляющего сигнала обычно используется для активации форсунки при точечном внесении на основе данных от бортового ИИ?

Варианты ответов:

- А. Аналоговый сигнал (0-5В)
- Б. Команда в файле .waypoints, синхронизированная с координатами
- В. Ручное включение оператором
- Г. Включение по таймеру без привязки к местности

Вопрос 20. Какая информация должна быть известна для разработки алгоритма ИИ, управляющего точечным внесением?

Варианты ответов:

- А. Только курс полета
- Б. Характеристики БАС и навесного оборудования (скорость, расход, ширина захвата)
- В. Только прогноз погоды
- Г. Только номер рейса

Вопрос 21. Что означает термин «бортовой ИИ» (onboard AI) в контексте сельскохозяйственного БПЛА?

Варианты ответов:

- А. Искусственный интеллект, работающий на наземной станции управления
- Б. Нейросеть, запущенная непосредственно на вычислительном модуле (например, Orange Pi 5В), установленном на дроне
- В. Программа, имитирующая полет на симуляторе
- Г. Система автопилота, поставляемая производителем

Вопрос 22. Для выполнения какой задачи может быть обучен бортовой ИИ согласно программе соревнований «Автономные БАС: АгроТех»?

Варианты ответов:

- А. Для распознавания лиц оператора
- Б. Для подсчета количества саженцев (растений) на поле
- В. Для определения типа почвы
- Г. Для прогнозирования погоды

Вопрос 23. Какие инструменты используются для настройки и программирования автономного полета?

Варианты ответов:

- A. Adobe Photoshop, CorelDraw
- Б. Inav Configurator, Mission Planner, QGroundControl
- В. Microsoft Word, Excel
- Г. AutoCAD, SolidWorks

Вопрос 24. Что представляет собой файл, генерируемый разработанным алгоритмом ИИ для создания автономной миссии?

Варианты ответов:

- A. Отчет в формате PDF для агронома
- Б. Файл с глобальными координатами (waypoints) и командами на активацию форсунки
- В. JPEG-изображение карты поля
- Г. Видеофайл с записью полета

Раздел 4. Интеграция данных и симуляция (Вопросы 25–30)

Вопрос 25. Какова цель тестирования разработанного алгоритма ИИ в симуляционной среде?

Варианты ответов:

- A. Для развлечения оператора
- Б. Для проверки работоспособности алгоритма на новой карте местности без риска для реального дрона
- В. Для обучения пилотов ручному управлению
- Г. Для демонстрации заказчику

Вопрос 26. Что подразумевается под «сбором мультиспектральных данных в симуляционной среде»?

Варианты ответов:

- A. Съемка реального поля с дрона
- Б. Генерация синтетических или использование заранее подготовленных мультиспектральных снимков в программе-симуляторе для отработки алгоритмов
- В. Покупка данных со спутника
- Г. Рисование карт в графическом редакторе

Вопрос 27. Какая характеристика необходима для расчета плотности покрытия удобрениями (л/га)?

Варианты ответов:

- A. Только скорость полета
- Б. Только расход жидкости через форсунку
- В. Скорость полета, ширина захвата и расход жидкости
- Г. Только высота полета

Вопрос 28. Для чего необходимо анализировать мультиспектральные данные, создавая карту здоровья?

Варианты ответов:

- A. Для составления красивого отчета
- Б. Для выявления стрессовых зон, требующих дифференцированного или точечного внесения СЗР
- В. Для определения точных границ поля
- Г. Для подсчета общей площади поля

Вопрос 29. Какие данные, полученные с бортового ИИ, могут быть интегрированы в общую систему для последующего анализа и создания карт здоровья?

Варианты ответов:

- А. Только координаты полета
- Б. Данные о состоянии растений (например, количество саженцев, выявленные стрессовые участки) в привязке к местности
- В. Только уровень заряда батареи
- Г. Только скорость и высота

Вопрос 30. Какой этап предшествует запуску миссии в симуляционной среде после разработки алгоритма ИИ?

Варианты ответов:

- А. Закупка нового оборудования
- Б. Формирование файлов \*.waypoints / \*.plan с координатами и командами на активацию форсунок
- В. Калибровка реального компаса на местности
- Г. Получение разрешения на полет в реальных условиях

***Примерные оценочные материалы  
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)  
по итогам освоения дисциплины (модуля)***

Раздел 1. Теоретические основы калибровки сенсоров БАС

Понятие и виды калибровки сенсоров БПЛА для сельского хозяйства. Радиометрическая, геометрическая, спектральная, температурная калибровка — определения, цели и задачи каждого типа .

Физические основы радиометрической калибровки. Перевод «сырых» значений пикселей (DN) в физические величины коэффициента отражения (reflectance) — теоретические принципы и математические модели .

Геометрическая калибровка камер БПЛА. Устранение дисторсии объектива, определение параметров внутреннего ориентирования, привязка снимков к местности .

Метод калибровки мультиспектральных снимков с использованием калибровочной пластины MAPIR. Алгоритм построения линейных зависимостей между значениями пикселей и коэффициентами отражения .

Влияние калибровки на точность расчета вегетационного индекса NDVI. Анализ ошибок при отсутствии калибровки — разница в значениях может достигать 0,3, что ведет к неправильной оценке состояния посевов .

Физические принципы работы MEMS-сенсоров в составе IMU. Акселерометр, гироскоп, магнитометр — устройство, принципы измерения, источники погрешностей .

Систематические и случайные погрешности инерциальных датчиков. Смещение нуля (bias), масштабный коэффициент (scale factor error), неортогональность осей (misalignment), шумы — определения и методы компенсации .

Калибровка трехосного магнитометра (компаса). Математическая модель эллипсоидной подгонки (ellipsoid fitting), источники магнитных помех и методы их минимизации .

Шестипозиционный метод калибровки акселерометра. Порядок выполнения, требования к условиям, анализ получаемых параметров .

Калибровка гироскопа (rate gyro calibration). Определение смещения нуля при неподвижном положении дрона, влияние на стабильность удержания курса .

Калибровка системы управления распылением на основе PWM. Определение зависимости

скорости потока (расхода) от ширины импульса управляющего сигнала .

Калибровка термальной съемки на основе полевых температурных маркеров. Методика учета влияния температуры окружающей среды на точность тепловизионных измерений .

Калибровка Hydro-N-сенсора для оценки потребности растений в азоте. Построение калибровочных таблиц, настройка оборудования .

Дрейф калибровочных параметров сенсоров в процессе длительной эксплуатации. Анализ необходимости периодической перекалибровки, факторы, влияющие на стабильность параметров .

Влияние температуры и вибрации на работу IMU. Методы температурной компенсации и виброразвязки для повышения точности измерений .

## Раздел 2. Программирование автономных полетов и миссий

Архитектура автопилота БПЛА для задач защиты растений на базе открытых платформ (PX4, ArduPilot). Взаимодействие модулей навигации, управления, связи и полезной нагрузки .

Программное обеспечение наземных станций управления (GCS). Сравнительный анализ Mission Planner, QGroundControl, AeroGCS GREEN — функциональные возможности для сельского хозяйства .

Планирование полетного задания (миссии) для сплошной обработки поля. Алгоритмы построения оптимального маршрута, учет рельефа, препятствий, минимизация холостых пролетов .

Форматы файлов полетных заданий. Структура и содержание файлов \*.waypoints, \*.plan, загрузка в автопилот, синхронизация с координатами .

Программирование автономной миссии по точечному внесению СЗР. Принципы создания карт-заданий на основе карт здоровья, генерация команд на активацию форсунки .

Управление полезной нагрузкой в автономном режиме. Протоколы и интерфейсы (PWM, CAN bus) для управления распылителем, камерой, синхронизация с данными позиционирования .

Режимы fail-safe в программировании миссий. Действия автопилота при потере связи, низком заряде батареи, выходе за границы геозоны — настройка и программирование .

Программирование миссий для группового применения агродронов (роевые технологии). Алгоритмы координации, предотвращения столкновений, распределения задач .

Интеграция данных мультиспектральной съемки в полетное задание. Создание карт-заданий для дифференцированного внесения на основе вегетационных индексов .

Симуляция полета и тестирование миссий. Использование симуляционных сред (Gazebo, AirSim) для отработки алгоритмов без риска для реального дрона .

## Раздел 3. Обработка данных и вегетационные индексы

Вегетационные индексы в точном земледелии. NDVI, NDRE, GNDVI, SAVI, NDMI — методика расчета, интерпретация значений, практическое применение .

Расчет вегетационного индекса NDVI по мультиспектральным снимкам. Формула, требования к калибровке каналов, типичные ошибки .

Индекс NDRE (Normalized Difference Red Edge Index). Область применения (оценка азотного статуса), отличие от NDVI, преимущества для поздних стадий вегетации .

Создание цифровых карт здоровья поля. Методика построения тематических карт на основе вегетационных индексов, выделение стрессовых зон .

Интеграция данных дистанционного зондирования в ГИС-системы. Форматы данных, взаимодействие с QGIS, ArcGIS, создание карт-заданий для дифференцированного внесения

***Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)***

Почему калибровка — самый важный этап предварительной обработки данных с агродрона? Анализ последствий отказа от калибровки для точности расчета вегетационных индексов (NDVI) на основе экспериментальных данных (разница может составлять до 0,3, что приводит к неправильной оценке состояния посевов) .

Радиометрическая калибровка vs. геометрическая калибровка: сравнительный анализ значимости для задач точного земледелия. Что важнее — точность спектральных характеристик или пространственная привязка? .

Калибровочная пластина: необходимый аксессуар или маркетинговый ход? Эссе о целесообразности использования эталонных поверхностей с известными спектральными характеристиками в полевых условиях на основе метода MAPIR .

Автоматическая калибровка в полете: будущее или настоящее сельскохозяйственной робототехники? Анализ технологии Cognitive Smart Calibration, позволяющей автоматически определять и корректировать параметры датчиков в процессе эксплуатации без участия оператора .

Адаптивные системы управления: как расширенный фильтр Калмана (EKF) и нелинейное модельное предиктивное управление (NMPC) меняют точность агродронов. Анализ исследования, демонстрирующего точность отслеживания менее сантиметра и сокращение расхода химикатов на 50% .

Открытые платформы (ROS2, PX4) vs. проприетарные решения в образовании и разработке агродронов. Анализ преимуществ открытого стека технологий для подготовки специалистов и создания доступных учебных систем .

Оптический поток vs. GNSS: сможет ли метод фазовой корреляции обеспечить надежное позиционирование агродрона в условиях отсутствия спутникового сигнала (теплицы, ангары)?