

ПРИНЯТО: на Педагогическом совете МБОУ «СОШ № 4 ЗМР РТ» (наименование ОО) Протокол № 1 от 28 августа 2024 г. Председатель _____ /Любина С. Б./ (подпись расшифровка подписи)	УТВЕРЖДЕНО: Директор МБОУ «СОШ № 4 ЗМР РТ» (наименование ОО) _____/Любина С. Б./ (подпись расшифровка подписи) Приказ № 112 от 01.09.2024 года
---	--

Программа дополнительного образования для 5–9 классов

Беспилотные авиационные системы (БАС)

г.Зеленодольск, 2024

Краткое описание содержания программы

Программа рассчитана на учащихся 5–9 классов и направлена на поэтапное введение в беспилотные авиационные системы с учётом возрастных особенностей. Курс сочетает теорию и практику: основы авиации и аэродинамики, устройство и компоненты БАС, основы электроники и датчиков, алгоритмы управления и навигации, программирование миссий, безопасная эксплуатация и правовые, этические аспекты. В программу включены лабораторные работы, конструкторские занятия и контролируемые полёты учебных макетов.

Программа формирует базовые компетенции по проектированию, эксплуатации и обслуживанию простых беспилотных систем, включая изучение аэродинамики, электроники, основ программирования и управления.

Цели обучения

- Возбудить интерес к авиации, робототехнике и техническому творчеству у школьников разных возрастов.
- Дать поэтапно возрастающие теоретические знания о БАС.
- Научить безопасному и ответственному использованию беспилотников.
- Развить практические навыки в конструировании, программировании и управлении учебными дронами.
- Сформировать навыки проектной деятельности, командной работы и публичной презентации.

Формируемые компетенции

- Понимание основных аэродинамических принципов применительно к лёгким ЛА.
- Навыки обращения с базовыми электронными компонентами и узлами (моторы, регуляторы, аккумуляторы, контроллеры).
- Базовые навыки программирования поведения БАС в блоковых средах и, для старших классов, на Python.
- Умение планировать и проводить безопасные тренировочные полёты по заданной миссии.
- Навыки моделирования и отладки управляющих алгоритмов в учебной среде.
- Коммуникация, командная работа, проектное мышление.

Возрастные особенности и уровни

Программа разбита на два уровня, чтобы учесть возраст и подготовку:

- Базовый уровень (5–6 классы): акцент на знакомстве, простых моделях, блоковом программировании, элементарных практических задачах и безопасной работе.
- Продвинутый уровень (7–9 классы): углубление в аэродинамику и электронику, знакомство с датчиками и PID-стабилизацией на интуитивном уровне, работа с более сложными моделями, переход к текстовому программированию (Python) для старших участников.

Структура программы и основные дисциплины

1. Введение в БАС (4–6 часов)
 - Что такое БАС, типы, области применения.
 - История и перспективы.
 - Этические и правовые аспекты, правила безопасности.
2. Основы аэродинамики и конструкции (8–12 часов)
 - Базовые понятия: подъёмная сила, сопротивление, вес, тяга.

- $$L = \frac{1}{2} C_L \rho S v^2$$
- Формула для подъёмной силы: C_L , где C_L коэффициент подъёмной силы, ρ плотность воздуха, S площадь несущей поверхности, v скорость потока.
- Сравнение конфигураций: мультикоптеры и фиксированного крыла.
- Элементы конструкции и материалы.
3. Электроника и датчики (8–12 часов)
- Компоненты: аккумулятор, моторы, регуляторы оборотов, полётный контроллер.
- Датчики: гироскоп, акселерометр, барометр, магнитометр, GPS — назначение и простая интерпретация сигналов.
- Правила работы с источниками питания, зарядка и безопасность.
4. Основы управления и стабилизации (8–10 часов)
- Ручное управление vs автопилот.
- Принцип работы контроллера: сигнал управления, модули стабилизации.
- Введение в идею ПИД-регулятора на интуитивном уровне; математическая запись ПИД-правил для старших:
- $$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt} e(t)$$
- , где $e(t)$ ошибка.
- Планирование маршрутов, безопасные зоны, возврат домой.
5. Программирование и симуляция (8–12 часов)
- Базовый уровень: блочные среды (Blockly, Scratch-подобные интерфейсы) для задания простых миссий.
- Продвинутый уровень: введение в Python для управления симулятором/контроллером, примеры: чтение данных датчиков, выполнение условий, циклов.
- Использование симуляторов для отработки миссий без рисков.
6. Конструкторские работы и сборка (8–10 часов)
- Сборка учебных макетов из модульных наборов.
- Подключение компонентов, проверка цепей, базовая отладка.
7. Практические полёты, тестирование и безопасность (8–10 часов)
- Отработка взлёта, посадки, удержания позиции, пролёта по точкам.
- Тренировочные миссии в безопасной зоне под руководством педагога.
- Журналы полётов и анализ инцидентов.
8. Проектная деятельность и итоговая демонстрация (6–10 часов)
- Командные проекты: планирование миссии, реализация и демонстрация.
- Защита проекта, обсуждение и рефлексия.

Методика обучения и оценивания

- Методы: объяснение, демонстрации, лабораторные, практические полёты, проектная работа, симуляции.
- Возрастной подход: больше игровых и визуальных элементов для 5–6 классов; теоретическое углубление и самостоятельная работа для 7–9 классов.
- Оценивание: практические задания и лабораторные — 50%, промежуточные тесты/задачи — 20%, итоговый проект и демонстрация — 30%. Критерии: безопасность, соблюдение технического задания, качество сборки и программирования, умение объяснить принципы и результаты.

Ресурсы и оборудование (рекомендуемые)

- Модульные образовательные наборы для дронов и планёров.

- Полётные контроллеры с учебными прошивками, моторы, пропеллеры, аккумуляторы с защитой.
- Компьютеры/планшеты с блоковой средой программирования и Python-интерпретатором.
- Симуляторы полёта для обучения (локальные или онлайн).
- Защитная площадка для полётов, средства индивидуальной защиты, запасные детали.

Безопасность и правовые аспекты

- Все практические полёты только под руководством преподавателя.
- Соблюдение местных правил полётов и законодательства о беспилотниках.
- Инструктаж по технике безопасности, правила обращения с аккумуляторами и электроинструментами.

Поурочная программа для 5–9 классов

Содержание занятий для 5–6 классов

Общая продолжительность программы: 34 учебных часа. Возраст учащихся: 11–13 лет (5–6 классы). Предполагается занятие 1 раз в неделю по 34 часа суммарно (например, 34 занятия по 1 часу или иной распределённый график по согласованию). Программа адаптирована для младших школьников: упор на практические занятия, безопасность, основы конструкции и простое программирование симуляций.

1. Занятие 1 — Введение в курс, знакомство, правила безопасности (1 час)
 - Цели: знакомство с программой, правилами группы, основные требования безопасности при работе с моделями.
 - Практика: заполнение согласий родителей, короткая игра-знакомство.
2. Занятие 2 — Что такое БАС: типы и применение (1 час)
 - Теория: отличия мультикоптеров и планеров, гражданские применения (съёмка, мониторинг).
 - Практика: просмотр коротких роликов, обсуждение задач.
3. Занятие 3 — Основные части дрона простыми словами (1 час)
 - Теория: рама, моторы, пропеллеры, аккумулятор, контроллер, радиоприёмник, камера (упрощённо).
 - Практика: демонстрация макета, разбор по частям.
4. Занятие 4 — Безопасность при работе с моделями в деталях (1 час)
 - Теория: правила предполёта, безопасная зона, работа с аккумуляторами (основные меры).
 - Практика: заполнение упрощённого чек-листа предполёта для модели.
5. Занятие 5 — Основы аэродинамики для школьников (1 час)
 - Теория: почему летает крыло/пропеллер (простые понятия подъёмной силы и сопротивления).
 - Демонстрация: эксперименты с бумажными самолётиками.
6. Занятие 6 — Электроника и питание: аккумуляторы и зарядка (1 час)
 - Теория: типы аккумуляторов в простых словах, базовый уход и безопасность.
 - Практика: демонстрация безопасной зарядки макета (без прямого доступа к LiPo ученикам; под контролем учителя).
7. Занятие 7 — Простейшая механика: сборка макета (1 час)
 - Практика: команда начинает собирать упрощённый макет мультикоптера (без пайки, с готовыми соединителями).

8. Занятие 8 — Полётное управление: ручное управление (1 час)
 - Теория: оси движения (тангаж, крен, рыскание, тяга) — в простых образах.
 - Практика: тренировка управления в симуляторе или на контролируемой модели с пропеллерами с защитой.
9. Занятие 9 — Датчики и основы навигации (1 час)
 - Теория: GPS простыми словами, барометр, компас.
 - Практика: демонстрация работы GPS в телефоне/симуляторе.
10. Занятие 10 — Программирование миссий: блоковое программирование (1 час)
 - Практика: создание простой миссии в блоковом редакторе (движение между точками, простые команды).
11. Занятие 11 — Тестирование макета в зале/на площадке: контрольный полёт (1 час)
 - Практика: первый групповой полёт макета под руководством учителя; ведение записи в журнал полётов.
12. Занятие 12 — Проектирование простого задания: план миссии (1 час)
 - Практика: команды формулируют цель проекта, составляют ТЗ в упрощённой форме.
13. Занятие 13 — Настройка и доводка макета (1 час)
 - Практика: корректировка конструкции, проверка креплений, повторная калибровка.
14. Занятие 14 — Автоматизация: базовая логика автопилота (1 час)
 - Теория/практика: простые условия типа «если уровень заряда меньше X, возвращайся домой»; блоки условного выполнения в среде программирования.
15. Занятие 15 — Тренировка миссии в симуляторе (1 час)
 - Практика: отработка маршрутов в безопасной виртуальной среде, анализ ошибок.
16. Занятие 16 — Полигон: выполнение миссии — этап 1 (1 час)
 - Практика: команды выполняют часть миссии на площадке, наблюдение и корректировки.
17. Занятие 17 — Обслуживание и мелкий ремонт (1 час)
 - Теория/практика: замена пропеллера, проверка креплений, осмотр моторов.
18. Занятие 18 — Видео- и фотосъёмка с макета: основы наблюдения (1 час)
 - Практика: демонстрация съёмки (если есть камера) и обсуждение правил использования данных.
19. Занятие 19 — Энергетика миссии: планирование времени полёта (1 час)
 - Теория: как рассчитывать примерное время полёта; простая формула оценки
$$T \approx \frac{C}{I}, \text{ где } T \text{ — время в часах, } C \text{ — ёмкость аккумулятора в ампер-часах, } I \text{ — средний ток потребления в амперах; объясняется на простых числах.}$$

(примерно):

 - Практика: расчёт для своей модели (оценочный).
20. Занятие 20 — Подготовка отчёта и журнала полётов (1 час)
 - Практика: заполнение журнала полётов, оформление промежуточного отчёта по проекту.
21. Занятие 21 — Полигон: выполнение миссии — этап 2 (1 час)
 - Практика: продолжение испытаний, сбор телеметрии, фотографий.
22. Занятие 22 — Анализ полётов: разбор ошибок и безопасность (1 час)
 - Практика: обсуждение инцидентов, корректировки ТЗ.
23. Занятие 23 — Дополнительные датчики и простые задачи (1 час)

- Теория: назначение датчиков (например, датчик расстояния для избегания препятствий) — в простых словах.
 - Практика: демонстрация работы датчика в макете/симуляторе.
24. Занятие 24 — Работа с телеметрией и базовые понятия связи (1 час)
- Теория: что такое телеметрия, как передаётся простая информация о высоте/заряде/скорости.
 - Практика: просмотр показаний в реальном времени в контроллере или симуляторе.
25. Занятие 25 — Финализация проекта: подготовка к демонстрации (1 час)
- Практика: проверка работоспособности, репетиция презентации.
26. Занятие 26 — Репетиция полёта и презентации (1 час)
- Практика: тренировка демонстрационной миссии и краткого рассказа о проделанной работе.
27. Занятие 27 — Полигон: демонстрационный полёт (1 час)
- Практика: публичная демонстрация миссии (для других классов/родителей) под руководством преподавателя.
28. Занятие 28 — Защита проектов: презентация команд (1 час)
- Практика: команды представляют ТЗ, журнал полётов, демонстрируют результаты.
29. Занятие 29 — Итоговый тест/опрос по безопасности и теории (1 час)
- Контроль: короткий тест или устный опрос по ключевым темам курса.
30. Занятие 30 — Обсуждение перспектив развития БАС и возможные профориентации (1 час)
- Теория: куда можно развиваться дальше (инженерия, программирование, управление).
31. Занятие 31 — Подведение итогов: рефлексия участников, обратная связь (1 час)
- Практика: анкетирование учащихся, обсуждение достижений и сложностей.
32. Занятие 32 — Дополнительный резерв/доработки проектов (1 час)
- Практика: время для завершения недоделанных работ.
33. Занятие 33 — Публичная выставка работ: стенды и фото/видео материалов (1 час)
- Практика: оформление выставочного пространства в школе.
34. Занятие 34 — Заключительное собрание, выдача сертификатов/рекомендаций (1 час)
- Практика: вручение грамот, рекомендации для дальнейшего обучения.

Методы обучения

- Лекции в доступной форме (краткие).
- Демонстрации и наглядные эксперименты.
- Практические сборки и испытания под контролем учителя.
- Групповые проектные задания.
- Использование симуляторов и блоковых сред программирования.

Материально-технические требования

- Набор макетов тренировочных дронов с защитой пропеллеров (по возможности 1 на 3–4 ученика).
- Контроллеры/симуляторы (ПК/планшеты) с блоковым программированием.
- Набор инструментов для простого обслуживания (отвёртки, запасные пропеллеры).
- Журналы полётов, шаблоны ТЗ, распечатки чек-листов.
- Средства обеспечения безопасности (защитные очки, огнетушитель, контейнеры для аккумуляторов).

Образовательные наборы

- Parrot Mambo Fly / Parrot Mambo Fly (EDU набор) — защищённые пропеллеры, просты в управлении, подходят для 5–6 классов. Tello EDU (Ryze + DJI) —

компактный, программируемый через SDK и блоковое программирование, доступен и безопасен для младших классов.

- Makeblock Airblock (модульный магнитный дрон) — безопасен, легко собирается, поддерживает блоковое программирование.
- DJI RoboMaster EP Core EDU (для старших в пределах 7–9) — образовательный комплект с возможностями программирования и сенсорами.
- Eachine E010 / Eachine Nano / Eachine EDU kits — бюджетные наборы для начальных сборок и тренировок (с защитой пропеллеров рекомендуется для младших).
- Ready-to-build наборы на базе рам 220–280 мм (для старших классов — 8–9): наборы рам, моторов и ESC с открытой электроникой для практики пайки и настройки.

Контроллеры и сопутствующее оборудование (конкретные модели)

- Pixhawk 4 / Pixhawk Cube (Holybro Pixhawk, Cube Orange) — промышленно-образовательный стандарт, совместим с PX4/ArduPilot; рекомендуется для 7–9 классов при работе с автопилотом и миссиями.
- MATEKSYS F405 / Omnibus F4 (F4 контроллеры) — популярны для учебных мультикоптеров и гоночных моделей; подходят для обучения электронике и настройки прошивок.
- Betaflight F4 / F7 flight controllers — для изучения гоночных моделей и настройки прошивки Betaflight (старшие классы).
- ESC 30A/20A (BLHeli_S/BLHeli_32 совместимые) — популярные регуляторы для учебных моделей.
- Моторы: EMAX MT2204/2306 (для учебных рам 220–250) — распространённые и надёжные.
- GPS-модули: u-blox NEO-M8N / NEO-M9N — для практики навигации.
- Радиосистемы: FrSky Taranis X9D (передатчик) + X8R/Receiver — надёжные и популярные для школ; альтернативы: FlySky FS-i6 с бюджетными приемниками.
- Аккумуляторы: LiPo 3S/4S соответствующей емкости с балансировкой; зарядные устройства SkyRC iMAX B6 или аналогичные с балансиром.

Сенсоры и вспомогательные модули

- MPU-9250 / MPU-6050 модуль (гиро/акселерометр/магнитометр) — для лабораторных упражнений.
- BMP280 / BME280 (барометр и датчики давления/температуры) — для измерения высоты.
- HC-SR04 (ультразвук) — для простых задач удержания высоты на малых дистанциях.
- LIDAR Lite / Benewake TFmini (бюджетный лидар) — для демонстрации дистанционного датчика (старшие классы).
- Камеры: Raspberry Pi Camera v2 / USB камеры / FPV камеры (для задач компьютерного зрения).

Компьютерные платформы и микрокомпьютеры

- Raspberry Pi 4 (для обработки изображений и работы с камерой)
- Arduino Uno / Nano (для знакомства с микроконтроллерами и простыми задачами ввода/вывода)
- Raspberry Pi Zero W (как лёгкая платформа для камер и обработки)

Рекомендуемые симуляторы и ПО (конкретные)

- Tello EDU + Tello Simulator (Tello SDK) — простой симулятор/реальный аппарат для блокового программирования и начальных уроков.
- DroneBlocks (веб/приложение) — блоковое программирование миссий, подходит для Tello и других платформ.

- RealFlight (коммерческий симулятор) — реалистичный симулятор полётов с поддержкой контроллеров; удобен для начальной тренировки пилотирования.
- QGroundControl (бесплатно) — наземная станция для PX4/ArduPilot, планирование миссий, просмотр телеметрии.
- Mission Planner (ArduPilot) — мощная наземная станция, удобна для анализа логов и планирования миссий.
- Gazebo + PX4 SITL — для продвинутых практик и моделирования взаимодействия ПО с контроллером (для старших классов).
- Microsoft AirSim — фотореалистичный симулятор с возможностями CV, требует производительного ПК; подходит для старших групп и углублённого модуля компьютерного зрения.
- Gazebo + ROS (опционально) — для проектов интеграции БАС с робототехническим стеком (старшие классы).

Безопасность оснащения (необходимые аксессуары)

- Защитные кожухи для пропеллеров (для младших классов обязательны)
- Запасные пропеллеры, наборы инструментов, мультиметры
- Огнестойкая сумка для хранения LiPo аккумуляторов, зарядное с балансировкой
- Защитные очки и ограждения для учебной площадки

Примечания по выбору оборудования

- Для 5–6 классов приоритет: безопасность, простота управления, блочное программирование — Tello EDU, Parrot Mambo, Airblock.
- Для 7–9 классов: добавлять Pixhawk/ArduPilot или Pixhawk Cube, наборы для сборки рам 220–280 мм, Raspberry Pi для простого компьютерного зрения и Pi Camera.
- Для интеграции в школьный курс выбирать оборудование с документацией и поддержкой образовательных сред, избегать слишком дорогих коммерческих «закрытых» систем, если планируется самостоятельная модификация.

Содержание занятий для 7–9 классов

Общая продолжительность программы: 34 учебных часа. Возраст учащихся: 13–16 лет (7–9 классы). Занятия рассчитаны на более высокий уровень усвоения знаний, расширены практические и проектные компоненты, введены элементы физики и программирования. Предполагается занятие 1 раз в неделю в рамках секции/курса (34 занятия по 1 академическому часу) либо иная согласованная организация времени (например, интенсивный курс).

1. Занятие 1 — Введение в курс, организация, правила безопасности (1 час)
 - Знакомство с программой, требованиями и техникой безопасности при работе с БАС; юридические и этические аспекты использования дронов.
2. Занятие 2 — Классификация БАС и области применения (1 час)
 - Типы платформ (мультикоптеры, самолёты, VTOL), гражданские и учебные применения, примеры миссий.
3. Занятие 3 — Структурные элементы дрона и их функции (1 час)
 - Рама, двигатели, регуляторы скорости ESC, контроллер полёта, аккумулятор, передатчик/приёмник, полезная нагрузка.
4. Занятие 4 — Основы аэродинамики и подъёмной силы (1 час)
 - Понятия подъёмной силы и сопротивления; простая модель подъёма для крыла и для пропеллера; обсуждение коэффициента подъёмной силы.
5. Занятие 5 — Динамика полёта: оси, углы и манёвры (1 час)
 - Оси самолёта: тангаж, крен, рыскание; влияние команд управления на движение платформы.

6. Занятие 6 — Электроэнергетика: аккумуляторы, питание и расчёт времени полёта (1 час)

- Типы батарей, конструкция, безопасность LiPo; простая оценка времени

$$T \approx \frac{C}{I}$$

полёта: C в ампер-часах, I в амперах; примеры расчётов.

7. Занятие 7 — Электрические цепи и регуляторы скорости (1 час)

- Принцип работы бесколлекторных моторов и ESC, подключение, предохранители, основы измерения тока и напряжения.

8. Занятие 8 — Датчики: IMU, барометр, GPS, магнитометр (1 час)

- Как работают и какую информацию дают датчики; слияние данных (sensor fusion) в общих чертах.

9. Занятие 9 — Радиосвязь, управление и телеметрия (1 час)

- Радиоканалы управления, протоколы телеметрии, безопасные режимы связи и диапазоны.

10. Занятие 10 — Контроллеры полёта и прошивки (1 час)

- Обзор популярных контроллеров (учебный уровень), режимы полёта, доступные функции автопилота.

11. Занятие 11 — Введение в программирование миссий (блоковое) (1 час)

- Создание простых миссий через блочный интерфейс: полёт по точкам, возврат домой, условные блоки.

12. Занятие 12 — Введение в текстовое программирование управления (Python/скрипты) (1 час)

- Основы синтаксиса, простая команда полёта через API симулятора или контроллера.

13. Занятие 13 — Сборка учебного макета: этап 1 (рама, моторы, крепления) (1 час)

- Практическая работа: подготовка и частичная сборка макета в группах.

14. Занятие 14 — Сборка учебного макета: этап 2 (электроника и проводка) (1 час)

- Практика: установка ESC, контроллера, подключение батареи и регистров; проверка цепей (без запуска моторов).

15. Занятие 15 — Предполетная проверка и калибровка датчиков (1 час)

- Практика: калибровка компаса, IMU, проверка поведения контроллера в режимах симуляции.

16. Занятие 16 — Симуляция полёта: отработка ручного управления (1 час)

- Практика: тренировка управления в симуляторе, изучение ошибок пилотирования.

17. Занятие 17 — Алгоритмы управления: ПИД-регуляторы в простых словах (1 час)

- Концепция и роль ПИД; простая форма регулятора:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

, пояснение на примерах стабилизации.

18. Занятие 18 — Тюнинг контроллера: практические приёмы (1 час)

- Методы подбора коэффициентов, безопасные проверки отклика, логирование параметров.

19. Занятие 19 — Проектирование миссии: постановка задачи и ТЗ (1 час)

- Команды формируют цель проекта, критерии успеха, план испытаний и требования к безопасности.

20. Занятие 20 — Программирование миссии: блоки и скрипты (1 час)

- Практика: создание миссии с использованием условных ветвлений и телеметрии.

21. Занятие 21 — Полигон: тесты статических проверок и первый контрольный взлёт (1 час)
 - Практика: под руководством педагога — контрольный взлёт и простые манёвры, журнал полётов.
22. Занятие 22 — Системы предотвращения столкновений и полезные датчики (1 час)
 - Ультразвук/лидар/оптические сенсоры: назначение и ограничения; моделирование ситуаций.
23. Занятие 23 — Обработка телеметрии и базовый анализ полётных данных (1 час)
 - Практика: загрузка логов, анализ траекторий, графиков тока/напряжения, высоты.
24. Занятие 24 — Энергетическое планирование миссии и безопасность посадки (1 час)
 - Расчёт запасов энергии с запасом безопасности; алгоритмы безопасного возврата при критическом заряде.
25. Занятие 25 — Обслуживание и ремонт: замена моторов, пропеллеров, пайка простых соединений (1 час)
 - Практика: отработка навыков замены и элементарного ремонта под контролем педагога.
26. Занятие 26 — Работа с камерой и обработка съёмки (1 час)
 - Настройка камеры, основы аэрофотосъёмки и этика/правила съёмки, базовая обработка фото/видео.
27. Занятие 27 — Подготовка и тестирование проекта в симуляторе (1 час)
 - Практика: полная репетиция миссии в виртуальной среде с логированием.
28. Занятие 28 — Полигон: выполнение миссии — этап 1 (1 час)
 - Практика: реальное выполнение запрограммированной миссии под контролем.
29. Занятие 29 — Полигон: выполнение миссии — этап 2 и сбор телеметрии (1 час)
 - Практика: доводка, повторные запуски, сбор логов и фото.
30. Занятие 30 — Анализ результатов проекта и доработка (1 час)
 - Практика: команды анализируют логи, корректируют ТЗ и миссию.
31. Занятие 31 — Финализация проекта: подготовка демонстрации и отчёта (1 час)
 - Практика: оформление отчёта, сбор материалов, подготовка презентации.
32. Занятие 32 — Репетиция презентации и демонстрации (1 час)
 - Практика: отработка публичного выступления, тестовый демонстрационный полёт.
33. Занятие 33 — Демонстрация проектов (публичный показ) (1 час)
 - Практика: команды показывают миссии, демонстрируют результаты и отвечают на вопросы.
34. Занятие 34 — Защита проектов, итоговый тест, подведение итогов и рекомендации (1 час)
 - Итоговая оценка: презентации, журнал полёта, отчет; обсуждение дальнейших направлений.

Методы обучения

- Лекции и проблемно-ориентированные обсуждения.
- Лабораторные и мастерские занятия по сборке и наладке.
- Практические испытания на полигоне и в симуляторах.
- Проектная деятельность в командах с распределением ролей.
- Использование как блоковых сред программирования, так и вводных текстовых скриптов (Python/микроскрипты).

Материально-технические требования

- Учебные мультикоптеры/макеты с защитой пропеллеров (рекомендовано 1 на 2–4 ученика).
- Комплекты для сборки (рамы, моторы, ESC, контроллеры, пропеллеры, батареи).
- Компьютеры/планшеты с симуляторами и средой программирования (блоковые и Python-интерпретаторы).
- Инструменты для обслуживания и ремонта, запасные детали.
- Оборудование для телеметрии и просмотра логов.
- Средства безопасности и места для испытаний (спортзал, огороженная площадка).

Приложения (рекомендуемые печатные/электронные материалы)

- Чек-лист предполёта и чек-лист технического обслуживания.
- Шаблон журнала полётов.
- Шаблон технического задания для проектной работы.
- Набор учебных упражнений для симулятора и примеров скриптов.

Раздаточные материалы для курса

Чек-лист предполёта (общий, для обучающихся макетов и малых дронов)

- Дата: ____
 - Оператор: ____
 - Модель/серийный номер: ____
 - Метеоусловия: ветер *м/с*, **Осадки: да/нет**, **видимость: м**
1. Визуальный осмотр аппарата
 - Рама и крепления: целы/повреждены
 - Пропеллеры: без трещин, надёжно закреплены
 - Моторы: вращаются свободно (без сторонних шумов)
 - Контакты и провода: без оголений и повреждений
 2. Аккумулятор и питание
 - Уровень заряда аккумулятора: ____ %
 - Балансировка аккумулятора: выполнена/нет
 - Контакты чистые и надёжно подключены
 - Зарядное устройство отключено и убрано
 3. Электроника и датчики
 - Полётный контроллер: зафиксирован и закреплён
 - GPS антенна: свободна и ориентирована вверх (если применимо)
 - Камера/сенсоры: закреплены и подключены
 - Сигнал радиуправления: уровень приемлемый (антенна ориентирована)
 4. Программная проверка
 - Калибровка датчиков: гироскоп/акселерометр/компас выполнена
 - Параметры полёта (паспорт миссии) загружены/проверены
 - Проверка режимов управления (manual, stabilized, auto): пройдена в симуляторе/на земле
 5. Контроль перед запуском моторов
 - Рабочее место чистое, люди в безопасной зоне
 - Пропеллеры сняты или надёжно защищены (для тестов на столе)
 - Перед запуском предупреждены все присутствующие
 6. Запуск и предполётная проверка (без пропеллеров при первом тесте)
 - Запустить моторы на небольшую оборотность, проверить направление вращения
 - Проверить отклик на управление по всем осям
 - Датчики высоты/барометр: адекватные показания
 7. Финальная проверка перед взлётом

- Чек-лист выполнен: подпись оператора: ____
- Ответственный учитель/инструктор: подпись: ____

Примечание для младших классов: пункты можно упростить, проводить под контролем инструктора и без самостоятельной работы с LiPo аккумуляторами.

Журнал полётов (оборотный формат: каждая запись — отдельная строка; для печати — таблица на странице) Поля для заполнения:

- Номер полёта: ____
- Дата: ____
- Время вылета: / **Время посадки:**
- Оператор/пилот: ____
- Модель дрона: ____
- Номер аккумулятора: ____ (или ёмкость)
- Задача/миссия: кратко (например: тренировка взлёта/маршрут А/поиск метки)
- Режим полёта: manual/stabilized/auto/other
- Продолжительность полёта: ____ мин
- Максимальная высота (по показаниям): ____ м
- Расстояние (примерно): ____ м
- Показатели состояния по завершении: аккумулятор %, **температура моторов** °C (если есть датчик)
- Проблемы/нештатные ситуации: (описание)
- Принятые меры/ремонтные работы: (что сделано)
- Оценка выполнения задачи (удовлетворительно/неудовлетворительно)
- Подпись оператора: ____
- Подпись инструктора (при необходимости): ____

Рекомендации по ведению журнала:

- В запись вносить все полёты без исключения; при возникновении неполадок — детализировать событие.
- Хранить журнал отдельно для каждой модели дрона и вести общий сводный журнал безопасности.

Шаблон Технического задания (ТЗ) для проектной работы (командный проект)

Инструкция: команда заполняет поля, прикрепляет схематический рисунок и список материалов. Для младших классов шаблон упрощён: цель, краткое описание, критерии успеха; для старших — добавляются требования по электронике, энергопотреблению и безопасности.

1. Название проекта: ____
2. Команда (ФИО и роль)
 - Командир/Руководитель: ____
 - Пилот/Оператор: ____
 - Инженер по сборке: ____
 - Программист/оператор миссий: ____
 - Документатор/презентатор: ____
3. Цель проекта (кратко):
 - Пример: «Создать макет мультикоптера, способный автоматически выполнить маршрут из 3 точек и возвратиться при уровне заряда $\leq 30\%$ ».
4. Задачи (перечислить конкретные этапы):
 - Исследование и выбор схемы конструкции
 - Сборка и механическая проверка
 - Установка и настройка электроники
 - Разработка миссии и программирование
 - Тестирование в симуляторе и на полигоне
 - Демонстрация и защита проекта
5. Требования к функционалу (минимальные и дополнительные):

- Минимальные: стабильный взлёт/посадка; выполнение маршрута; автоматический возврат при низком заряде
 - Дополнительные (по желанию): камера для съёмки; распознавание цветной метки; телеметрия в реальном времени
6. Технические параметры (заполняют старшие классы)
- Масса макета (без аккумулятора): ____ г
 - Предполагаемая ёмкость аккумулятора: **mAh**, **напряжение: S**
 - Пропеллеры: диаметр **мм**; **моторы: модель** ; ESC: ____ А
 - Ожидаемое время полёта при нагрузке: ____ мин (оценка)
 - Максимальная высота полёта (ограничение): ____ м
7. Требования к безопасности
- Использовать защитные кожухи для пропеллеров: да/нет
 - Предельные параметры напряжения и тока, при которых производится посадка: напряжение аккумулятора **V**, **ток A**
 - Указать ответственного педагога во время испытаний: ФИО ____
8. Критерии приёмки (как будет оцениваться проект)
- Функциональность: выполнение заданной миссии (0–10)
 - Надёжность и безопасность: соблюдение чек-листов и отсутствие аварий (0–5)
 - Качество сборки и документации: отчёт и журнал полётов (0–5)
 - Презентация и защита проекта: ясность объяснений, демонстрация (0–5)
 - Итого (максимум): 25 баллов
9. План работ и сроки (разбить на этапы с датами)
- Этап 1 (исследование и проектирование): от **до**
 - Этап 2 (сборка): от **до**
 - Этап 3 (настройка и программирование): от **до**
 - Этап 4 (тестирование): от **до**
 - Этап 5 (защита): дата ____
10. Бюджет (ориентировочный список материалов и стоимость)
- Перечислить компоненты и примерную цену: например, рама — **руб.**, **моторы** — руб. и т.д.
 - Общая ориентировочная сумма: ____ руб.
11. Подписи (ответственные)
- Руководитель проекта: ____
 - Преподаватель/инструктор: ____
 - Дата утверждения ТЗ: ____