

Наземные станции, SineLink, очки и оптоволокно

Конспекты

Наземные станции и ретрансляторы — основное

Тема 6 · краткий конспект · 04.10.2026. Отдельная печатная база по этой теме не предусмотрена.

Три разных объекта

Наземная станция, HSK / GCS — оборудование и программа оператора: ввод команд, отображение видео/телеметрии, питание и интерфейсы. Пульт — возможная часть станции, но не вся станция.

Выносной модуль переносит радио- или видеочасть от рабочего места по кабелю.

Ретранслятор принимает информацию одного участка и передаёт её на другой. Усилитель лишь увеличивает уровень сигнала; эти устройства не взаимозаменяемы.

Управление: оператор → канал до ретранслятора → канал до борта

Телеметрия: оператор ← канал от ретранслятора ← канал от борта

Видео: экран ← собственный тракт видео ← камера

Что определяет совместимость

Уровень	Что должно соответствовать
Данные	RC-каналы, CRSF/SBUS, MAVLink, аналоговое/цифровое видео — нужный формат
Электрический интерфейс	Разъём, распиновка, уровень сигнала, направление вход/выход
Радиолиния	Совместимые устройства и протоколы каждого участка
Обратный канал	Поддержка телеметрии всей цепочкой, а не только одного модуля
Питание	Напряжение, полярность, потребление конкретных устройств

Прямая видимость и исправность первого участка не подтверждают второй.

Дополнительный участок добавляет задержку и ещё одно место возможного отказа.

Уровень приёма ретранслятора не обязательно является уровнем связи конечного RX.

Однонаправленная передача, полудуплекс и полный дуплекс различаются возможностью и временем обратной передачи. Слово «ретранслятор» без схемы не сообщает, какие направления и форматы он поддерживает.

Что запоминать

- Управление, телеметрия и видео рассматриваются отдельно, даже если часть оборудования общая.
- Наличие картинки не доказывает наличие RC; наличие RC не доказывает работу видео.
- Кабельный вынос, радиоповторение и усиление — разные функции.
- «Дальность станции» не является одним неизменным свойством: она зависит от всей линии и условий.

- Станция с Mission Planner не создаёт автономность сама: соответствующие функции выполняются автопилотом.

Основа курса: school/Лекції та PDF/Т.1 3.3 Засоби керування БпАК (БпЛА).pdf, с. 1–4;
схема выше — обобщение типов тракта, без схемы развёртывания конкретной системы.
Термины GCS и автопилота связаны с конспектом ArduPilot.

SineLink — основное

Тема 8 · краткий конспект · 04.10.2026. Сведения относятся к предоставленным презентации и раздатке; это не перечень актуальных продаж или характеристик всех ревизий.

Что это

Sine.link — семейство модулей связи в экосистеме Sine Engineering. В учебной схеме наземный модуль соединяется с пультом или наземной станцией, бортовой — с автопилотом. Между ними передаются команды и обратные данные.

Пульт / GCS ↔ наземный Sine.link ↔ бортовой модуль ↔ FC

Это отдельная система связи, не название прошивки ExpressLRS. M1ELRS target, Binding Phrase или пара TX_KEY/RX_KEY не становятся настройками SineLink по совпадению назначения устройств.

Термины из комплекта

Название	Роль в материалах
Sine.link, Sine.link mono, Sine.link 2	Аппаратные варианты связи; возможности и интерфейсы сверяются по модели
CRSF / SBUS	Передача каналов управления на совместимом участке
MAVLink	Обмен сообщениями автопилота и GCS
Sine Navigation System, SNS	Отдельная система оценки положения по сети опорных узлов
«Пасіка»	Программная часть экосистемы для управления и координации
Sine.video	Отдельная линейка видеосвязи

Связь, навигация и видео — три разные функции. Наличие радиомодема само по себе не означает наличия SNS или видеопередачи. Координаты из альтернативной навигационной системы ещё должны быть правильно использованы автопилотом.

Важные ограничения понимания

- Телеметрия — измерения и состояния; не универсальная квитанция «команда физически выполнена».
- Формат на проводе и протокол радиолинии — разные уровни. Поддержка CRSF не означает радиосовместимость с ELRS.
- Обещания дальности и точности в раздатке — заявления для определённых условий, а не гарантии для любого комплекта.
- Скорость передачи определяется не одной несущей частотой: существенны полоса, модуляция, кодирование и качество сигнала. Пример «одно колебание = один символ» в презентации — чрезмерное упрощение.

Источники: school/Uchebny material/Sine_link/SNS_learning_path_0N.pdf, с. 2-5 — поли устройств; с. 8-14 — вводная теория с упрощениями; Sine_Ukr_роздатка (2).pdf, с. 2-7 — состав экосистемы. Раздатка просмотрена визуально. Отдельная печатная база не предусмотрена.

FPV-очки и видеоприёмники

Тема 9 · теория · 04.10.2026. Связанные темы: диагностика видеопомех, видео и OSD.

Цепочка изображения

Камера → бортовой тракт / VTX → канал связи → VRX → экран очков
└───────────────────┘
DVR

Очки — устройство отображения; VRX — устройство приёма. Они могут быть в одном корпусе, отдельным модулем или соединяться по AV/HDMI. Разъём HDMI не означает, что очки напрямую принимают любой цифровой радиопrotocol.

Аналог и цифра

Свойство	Аналоговый тракт	Цифровой тракт
Изображение	Видеосигнал непрерывно передаётся и восстанавливается	Изображение кодируется и передаётся цифровым способом
Совместимость	Совпадают частота и поддерживаемый видеостандарт	Нужны совместимые экосистема, модели и firmware
Ухудшение приёма	Шум, срывы синхронизации, наложение изображения	Возможны блоки, замирание, изменение качества; поведение зависит от системы
Задержка	Обычно небольшая, но камера/экран тоже вносят задержку	Зависит от реализации и режима; «цифра всегда медленная» неверно
Запись	DVR фиксирует сигнал в конкретной точке тракта	Бортовая и запись в очках могут сильно различаться

DJI, Walksnail и HDZero — названия разных цифровых систем. Общая частота 5.8 GHz не делает их радиосовместимыми. Аналоговый VRX может работать через предусмотренный вход/адаптер конкретных очков; наличие такой возможности проверяется для модели.

PAL/NTSC — видеостандарт; **4:3/16:9** — отношение сторон; **Band/Channel/frequency** — параметры радиоканала. Это независимые вещи. Неверное соотношение сторон растягивает изображение; неверная частота ухудшает приём даже при внешне похожей картинке.

Diversity и антенны

Приём diversity использует несколько трактов или источников сигнала. Обычная система может выбирать лучший; другие реализации сочетают данные сложнее. Поэтому количество разъемов не определяет качество приёма и алгоритм.

Omni принимает в широком секторе; **patch** — направленная антенна. Направленная антенна не улучшает все направления одновременно. RHCP/LHCP должны согласовываться с передающей стороной; совпадение разъёма SMA ещё не доказывает совместимость антенны. У SMA и RP-SMA различаются контакты.

Параметры самих очков

Параметр	Что означает
Resolution	Разрешение дисплея; не добавляет детализацию, потерянную камерой или каналом
FOV	Угловой размер видимого изображения; очень большой не всегда удобнее
IPD	Межзрачковое расстояние для совмещения оптики с глазами
Diopter adjustment	Коррекция фокуса; не то же самое, что IPD
OLED / LCD	Технология дисплея; не тип радиосвязи
Refresh rate / FPS	Обновление дисплея и частота кадров — связанные, но разные ограничения
DVR	Запись принимаемого изображения; её кодирование может добавить артефакты
AV IN / HDMI IN	Внешний видеовход; формат и разрешения ограничены моделью
Module bay	Место для совместимого VRX; электрическая совместимость существеннее формы

Шлем с одним экраном и компактные очки с двумя оптическими каналами отличаются посадкой и оптикой; форм-фактор не определяет дальность радиолинии.

Что может ввести в заблуждение

- Картинка после Auto Scan не подтверждает точного совпадения частоты: возможен приём соседнего канала.
- Хорошая бортовая запись при плохом DVR в очках указывает на различие участков тракта; это ещё не точный диагноз VTX.
- Чистый OSD поверх испорченной картинки помогает искать проблему до места наложения OSD; для цифрового наложения путь может быть другим.
- Сломанная или отсоединённая антенна не всегда означает немедленное полное исчезновение картинки на малом расстоянии.
- «Шифрование» — свойство конкретной цифровой системы, а не любого цифрового изображения.

Источники

school/Лекції та PDF/Різновиди та характеристики окулярів.pptx — 11 слайдов, преимущественно фотографии; картинки просмотрены, неподписанные устройства не объявлены точно идентифицированными. Общие характеристики аналогового тракта: Призначення, будова, основні тактико-технічні (1).pdf, с. 30-35, 41-47. Сравнение построено по функциям, без выдуманных числовых характеристик показанных моделей.

ВОЛЗ: волоконно-оптическая линия связи

Тема 11 · теория · 04.10.2026. Здесь устройство оптического канала и причины его ограничений. Тактика применения и сборка ударных систем в конспект не входят.

Принцип

ВОЛЗ / ВОЛС передаёт информацию светом в оптическом волокне. Электрический интерфейс источника преобразуется в оптический сигнал, а на другом конце — обратно в электрический.

Источник данных → оптический передатчик → волокно → оптический приёмник → устройство

Волокно — среда передачи, не протокол управления. По совместимым преобразователям могут передаваться разные типы данных, но разъём оптики не превращает CRSF в MAVLink или аналоговое видео в цифровое автоматически.

Само диэлектрическое волокно не является электрическим проводом питания. Питание электроники остаётся отдельной частью системы. Оптический канал не отменяет зависимости навигации от её собственных датчиков.

Устройство и виды волокна

Сердцевина проводит свет; оболочка с другим показателем преломления обеспечивает удержание света; защитное покрытие оберегает стекло. Большой изгиб, микрповреждение и загрязнение соединений могут увеличить потери или оборвать линию.

Термин	Смысл
Single-mode, SM	Одномодовое волокно; должно соответствовать оптическим модулям
Multi-mode, MM	Многомодовое волокно; другая геометрия и условия распространения
Wavelength, nm	Длина волны света; не радиочастота канала
Duplex	Два направления обмена; реализация зависит от числа волокон/длин волн
BiDi	Двусторонняя передача по одному волокну с согласованными модулями
Attenuation, dB	Потери оптической мощности
Optical power, dBm	Абсолютный уровень оптической мощности

Разъёмы: форма и полировка

SC/LC/FC обозначают семейства разъёмов. **UPC/APC** — вид полировки торца; это другая характеристика. APC и UPC нельзя считать совместимой парой только потому, что корпуса входят в один тип адаптера. Цвет служит подсказкой, окончательное основание — маркировка и спецификация.

Пыль на торце влияет на потери; повреждение и отражение могут нарушать связь. Прямой взгляд в действующий оптический порт не является способом проверки наличия света. [FOA: разъёмы и неисправности линии.](#)

Оптический бюджет — смысл, без подбора боевого комплекта

У передатчика ограничен выходной уровень, у приёмника — диапазон допустимых входных уровней. Волокно, соединения и изгибы расходуют запас между ними. Слишком слабый сигнал не принимается; слишком сильный также может выйти за допустимый диапазон RX.

Поэтому длина волокна на катушке не равна гарантированной рабочей длине канала. Значимы фактические потери, совместимость оптики, качество соединений и запас по

условиям. [FOA: Loss Budgets](#).

Что показывает измерительный прибор

Прибор	Ответ на вопрос	Ограничение
Optical Power Meter	Какой уровень света приходит на порт	Требует правильной длины волны/калибровки; не декодирует данные
Источник + измеритель потерь	Каковы суммарные потери линии	Результат зависит от опорного соединения и методики
VFL	Есть ли видимый путь/некоторые грубые дефекты	Видимый свет не доказывает работу на штатной длине волны
OTDR, рефлектометр	Где расположены события и потери вдоль линии	Есть мёртвые зоны и ограничения разрешения

Рефлектограмма — не фотография кабеля. Это зависимость возвращённого сигнала от расстояния; отражение, ступенька потерь и конец волокна имеют разные причины. [FOA: Fiber Optic Testing](#).

Основные отличия от радиолинии

Связь идёт по физическому световоду и не требует радиоприёма этого потока. Ограничения смещаются к целостности волокна, оптическим потерям и преобразователям. Утверждение «оптика неуязвима» неверно: отсутствие радиоканала не исключает обрыва, загрязнения, неправильной пары оптических модулей или сбоя электроники.

Учебный источник: school/Лекції та PDF/Рекомендації із застосування БпЛА з ВОЛЗ.pdf, технические определения с. 4–21. Сведения о тактике и применении вооружения из этого документа не включены.