

Набоков Ярослав Сергеевич,
курсант
Скворок Алексей Александрович,
курсант
Научный руководитель Готто П. И.,
старший преподаватель
*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЛА В ХОДЕ ВЕДЕНИЯ БОЯ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Аннотация. Статья посвящена анализу роли и места беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в структуре современных боевых действий в урбанизированной среде. Рассматриваются ключевые тактические приемы применения малых и средних БЛА для разведки, корректировки огня и нанесения точечных ударов в условиях плотной городской застройки. Особое внимание уделяется анализу современных методов противодействия БЛА, включая системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ), специализированные средства обнаружения и мобильные антидроновые комплексы.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, БЛА, городской бой, противодействие БЛА, РЭБ, тактика, современный вооруженный конфликт

Современный городской бой характеризуется исключительной сложностью и многомерностью. Высокая плотность застройки, ограниченность линий видимости, наличие подземной инфраструктуры и присутствие гражданского населения создают уникальную оперативную среду. В этих условиях беспилотные летательные аппараты (БЛА), особенно малого и сверхмалого класса, перестали быть вспомогательным инструментом, превратившись в ключевой компонент тактики ведения боя. Они выполняют разведывательные, ударные, корректировочные и психологические функции, резко повышая эффективность и снижая риски для операторов. Это, в свою очередь, вызвало стремительное развитие и адаптацию средств противодействия БЛА (ПБЛА), сформировав ряд отчетливых тенденций, которые и являются предметом данного анализа.

Устарел подход, основанный на единичном, «точечном» средстве подавления. Городская среда требует глубоко эшелонированной и интегрированной системы.

Эшелон ближнего радиуса (до 1–2 км): здесь доминируют средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) – портативные и мобильные комплексы для подавления каналов управления, навигации (GPS/ГЛОНАСС) и передачи видео.

Активно развиваются кинетические средства с сетями, «дроны-перехватчики», а также средства микроволнового и лазерного оружия для точечного поражения. Особое внимание уделяется средствам оперативного реагирования пехотных подразделений (помповые ружья, ружья-глушилки, компактные системы постановки помех).

Эшелон среднего радиуса (до 5–10 км): развертывание мобильных РЭБ-станций на бронетехнике и крышах зданий, а также использование РЭБ-БЛА, способных «патрулировать» воздушное пространство района. Применение систем РЭБ, интегрированных со средствами ПВО малой дальности. Как показывает практика современного боя, что создание единого информационного поля за счет радиолокационных станций (РЛС), оптико-электронных и акустических датчиков, развернутых на высотных доминантах. Дроны передают видео в реальном времени (FPV – First Person View) или в высоком качестве (например, DJI OcuSync) на наземную станцию.

Основные вызовы:

Помехи: в насыщенном радиоэфире (особенно в городе, на массовых мероприятиях) другие передатчики, Wi-Fi, Bluetooth создают помехи. Затухание сигнала: сигнал ослабевает с расстоянием и при наличии препятствий (деревья, здания). Многопользовательская среда: несколько дронов в воздухе не должны мешать друг другу. Следует использовать на разные частотные диапазоны и каналов внутри них, а также анализаторов для поиска наименее зашумленного канала. Основные частотные диапазоны для видеопередачи с дронов являются: 5.8 GHz 5.650 – 5.925 GHz Наиболее популярны маленькие антенны, широкий выбор каналов, меньше помех от сотовых сетей и Wi-Fi 2.4 GHz. Более короткая дальность, плохая проникающая способность (сигнал сильно страдает от препятствий). Классическое FPV, гоночные и фристайл-дроны, многие готовые решения (DJI, аналоги). 2.4 GHz 2.400 – 2.485 GHz Лучшая дальность и проникающая способность. Сильно зашумлен (Wi-Fi, Bluetooth), меньше свободных каналов. Дальнобойные полеты в чистой местности. Некоторые системы (e.g., Crossfire) используют его для управления. 1.2/1.3 GHz 1.240 – 1.300 GHz Отличная дальность и проникающая способность. Большие антенны, может мешать работе GPS и некоторых авиационных систем (требует осторожности и фильтров). Экстремальные дальние полеты (long range), полеты в сложном рельефе. 900 MHz (обычно для управления) 900 MHz Максимальная дальность и проникающая способность. Очень низкая полоса пропускания, не подходит для качественного видео. Большие антенны. Только для передачи телеметрии и управления в связке с отдельной видеосигналом на 1.2/5.8 GHz. Во многих странах использование этих диапазонов лицензируется. Например, в РФ и ЕС для 5.8 GHz есть ограничения по мощности (25 мВт). Прямая передача аналогового сигнала (обычно формата NTSC/PAL). Нет буферизации, задержка минимальна (1–10 мс) – критично для гонок. Приемники: от простых однодиапазонных (только 5.8G) до модульных (применяются в шлемах/мониторах). Ключевая особенность: Diversity-системы. Используют 2 и более приемника с разными антеннами (напр., одна

направленная, одна всенаправленная). Специальный модуль (Diversity-модуль) в реальном времени выбирает сигнал лучшего качества. Часто имеют встроенный простейший анализатор в виде шкалы силы сигнала (RSSI) для каждого канала. Цифровые (HD): принцип заключается в передаче сжатого цифрового видео потока (e.g., DJI OcuSync, Walksnail Avatar, HDZero). Обеспечивает HD-качество, стабильность, но имеет большую задержку (15-40 мс). Приемники: замкнутые системы. Приемник и передатчик – парные устройства от одного производителя. Они автоматически выбирают частоту и канал для наилучшего соединения. Анализ в них: происходит «под капотом». Система в реальном времени сканирует спектр и перескакивает (frequency hopping) на чистый канал при помехах. Анализаторы уровней сигналов по частотам – «Глаза» оператора. Это ключевой инструмент для профессиональной настройки и эксплуатации, особенно в аналоговых системах. Назначение: найти самую чистую частоту для полета в конкретной локации, определить источник помех, протестировать эффективность антенн и их расположения, проверить дальность и зоны покрытия сигнала. Типы анализаторов: спектральные анализаторы в портативных устройствах. Специализированные приборы или модули для шлемов/мониторов, показывающие график мощности сигнала (RSSI) по всем каналам выбранного диапазона в реальном времени. Показывают не «качество картинки», а уровень радиоизлучения на частоте. RapidFIRE, True-D (Diversity-модули с функцией анализа). Отдельные устройства Eachine PEPI01, Foxeer MAX.

Анализаторы на базе SDR (Software Defined Radio) USB-устройство (например, RTL-SDR), подключаемое к ноутбуку или смартфону. Специальное ПО (e.g., Analog, Drone Scanner) визуализирует весь спектр. Самый мощный и гибкий инструмент. Детальный анализ широкого спектра (можно увидеть Wi-Fi, сотовые сети), запись данных, более точные измерения. Используется для серьезной диагностики и поиска помех.

Встроенные анализаторы в контроллеры/шлемы Упрощенный график или шкала в меню OSD (On-Screen Display) цифровых систем (DJI) или в некоторых аналоговых модулях. Быстрая проверка перед полетом в поле, не требует дополнительного оборудования. Практический рабочий процесс с использованием анализатора включает в себя: подготовка к полету, а именно: включить анализатор (отдельный или в шлеме) до запуска дрона, просканировать 5.8 GHz диапазон, на графике будут видны «горбы» – это занятые частоты (Wi-Fi, другие пилоты). Выбрать частоту с наименьшим уровнем фонового шума (самая «тихая» на графике), настроить передатчик на дроне и приемник на эту частоту. Диагностика проблем в полете: если в OSD шлема виден внезапный скачок RSSI и помехи на изображении, можно заподозрить внешнюю помеху, после посадки анализ спектра может подтвердить наличие нового источника (например, включилась Wi-Fi камера на площадке). Оптимизация антенной системы: направляя антенну анализатора (или поворачивая дрон), можно визуально на графике оценить, в каком направлении сигнал strongest/weakest, что помогает оптимально разместить наземные антенны. Тенденции и будущее:

умное цифровое распределение: Цифровые системы (OcuSync 3/4) все больше берут анализ на себя, используя сложные алгоритмы и частотное разнесение. Интеграция с картами: ПО для SDR может накладывать данные о силе сигнала на карту, создавая тепловые карты покрытия. Тема приема видеосигналов с дронов – это постоянный компромисс между качеством изображения, задержкой, дальностью и надежностью. Использование разных частот – базовый метод адаптации к условиям. Анализаторы уровней сигнала превращают эту работу из гадания в точную инженерную задачу, позволяя пилоту принимать обоснованные решения, обеспечивающие стабильную связь и, как следствие, безопасность полета и качество съемки. Для углубленного изучения рекомендуется смотреть обзоры на конкретные модели анализаторов (RapidFIRE, Eachine), изучать принципы работы SDR и правила радиообмена в вашем регионе.

Посты наблюдения за БЛА. Их данные стекаются в единый центр управления (ЦУ), который координирует применение всех средств ПБЛА. Это позволяет отслеживать не только сам дрон, но и пытаться локализовать оператора.

Тенденция к активному использованию «активных» и «пассивных» методов РЭБ. Активное подавление: продолжает оставаться основным методом. Современная тенденция – переход от широкополосных «глушащих» помех к избирательным и интеллектуальным методам. Системы учатся анализировать сигнатуру дрона, определять тип протокола связи и не просто заглушать его, а перехватывать управление или давать ложные навигационные координаты, отправляя БЛА в безопасное место. Это критически важно в городе, где падение заглушенного дрона с грузом может привести к жертвам и разрушениям.

Пассивные методы: стремление избежать создания помех своим системам связи привело к росту внимания к пассивным средствам обнаружения – оптико-электронным (тепловизоры, телекамеры) и акустическим датчикам. Нейросетевые алгоритмы научились эффективно распознавать характерный вид и звук малых БЛА на фоне городского шума и сложного визуального фона. Такие системы работают скрытно и идеально подходят для организации постоянного патрулирования периметров важных объектов. Тенденция к интеллектуализации и использованию искусственного интеллекта (ИИ) обработка огромного массива данных от сенсоров в режиме реального времени невозможна без ИИ.

Принятие решений: передовые системы предлагают оператору оптимальный сценарий нейтрализации (заглушить, перехватить, сбить) на основе типа цели, окружающей обстановки и наличия гражданских лиц. Тенденция к использованию контр-БЛА в качестве основного средства борьбы

Наиболее адаптивным и эффективным средством борьбы с БЛА в городе часто становится другой БЛА – контр-дрон. БЛА-перехватчики: Высококомандные дроны, оснащенные сетями, захватами или кумулятивными зарядами для физического уничтожения цели в воздухе. БЛА-постановщики помех: создают подвижную зону радиоэлектронного подавления, которая может сопровождать колонну или прикрывать объект. Рои контр-БЛА: исследуется

концепция использования групп (роев) простых автономных дронов для защиты воздушного пространства, создавая динамический барьер. Тенденция к миниатюризации и интеграции в экипировку бойца.

Понимание, что угроза БЛА носит тактический, «окопный» характер, привело к созданию персональных средств ПБЛА. Это компактные глушилки, винтовочные модули, портативные детекторы, которые становятся таким же обязательным элементом экипировки современного пехотинца, как шлем или бронежилет. Тенденция к борьбе с автономными БЛА (роями). Самой сложной проблемой становятся БЛА, не требующие постоянной связи с оператором (работающие по заданному маршруту или с использованием автономной навигации по карте/изображению), а особенно их рои. Против них классическое РЭБ малоэффективно. Основной акцент смещается на: кинетическое поражение (микроволновое оружие, способное поражать группу целей, лазеры, скорострельные пулеметы с самонаводящимися боеприпасами). Высокоэнергетическое РЭБ для физического выжигания электроники. Кибератаки на алгоритмы управления роем.

Противодействие БЛА в городских условиях эволюционировало от хаотичных попыток локального подавления к выстраиванию централизованных, многослойных, интеллектуальных и сетевых систем. Доминирующими тенденциями являются: интеграция разнородных средств (РЭБ, кинетических, информационных) в единый контур; интеллектуализация на основе ИИ для обработки данных и поддержки решений; тактизация и миниатюризация; вывод средств ПБЛА на уровень мелкого подразделения и отдельного бойца. Смещение фокуса с борьбы с одиночными дистанционно управляемыми аппаратами на нейтрализацию автономных систем и роев. Бой в городе будущего будет в значительной степени определяться противостоянием в воздушно-информационной сфере, где победа достанется той стороне, которая сможет обеспечить более эффективные и быстрые циклы «обнаружение – классификация – целеуказание – нейтрализация» для угрозы с воздуха, одновременно защищая свои собственные беспилотные системы.

Список использованных источников

1. Рунов, Е. А. Применение БПЛА в войнах и вооруженных конфликтах. Краткий исторический обзор [Электронный ресурс] / Е. А. Рунов, О. В. Бобешко. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/282/63517>. – Дата доступа: 27.03.2026.
2. Морозов, Д. В. Анализ применения барражирующих боеприпасов в высотных кварталах / Д. В. Морозов // Армейский сборник. – 2024. – № 4. – С. 48.
3. Беспилотные летательные аппараты / С. М. Ганин [и др.]. – СПб : «Невский Бастион», 1999. – 160 с.