



Противодействие беспилотным системам

семинар в НИУ «МЭИ» 2 декабря 2024 г.

Участники:

- 1) представитель НИУ «МЭИ»;
- 2) представитель НИУ «МЭИ»;
- 3) представитель НИУ «МЭИ»;
- 4) представитель НИУ «МЭИ»;
- 5) представитель ДОСААФ России;
- 6) представитель Правительства г. Москвы.

Повестка:

Навигационные системы современных БЛА и методы противодействия их работе.

Предложения по итогам:

1. Принять к сведению информацию по тематике совещания.
2. Включить материалы прошедшего семинара в годовой итоговый отчет.

Стенограмма семинара (1,75 часа)

Представитель НИУ «МЭИ»

Уважаемые коллеги, я вас всех приветствую!

Сегодня 2 декабря 2024 года на площадке МЭИ проводится очередной семинар по противодействию беспилотным системам. Сейчас мы по традиции представимся.

Я напоминаю, что все, что здесь говорится, записывается на аудио, потом расшифровывается в стенограмму и без конкретных имен, но с привязкой к организациям мы формируем стенограмму, которую участники имеют возможность распространять в те места, которые считают целесообразными.

Я, директор института радиотехники и электроники «НИУ «МЭИ». Я выступаю как разработчик технологий.

Напомню, у нас три основных позиции. Это разработчик технологий, заказчик решений или потребитель решений и источник ресурсов или проводник к источнику ресурсов.

Представитель НИУ «МЭИ»

Я, ассистент кафедры радиотехнических систем. Выступаю здесь как технический специалист в области разработки технологий.

Представитель НИУ «МЭИ»

Я, заведующий лабораторией кафедры РТС «НИУ «МЭИ». Выступаю, как разработчик технологий.

Представитель Правительства г. Москвы

Я, представляю органы исполнительной власти города Москвы, департамент региональной безопасности и противодействия коррупции, выступаю в качестве проводника к ресурсам.

Представитель ДОСААФ России

директор аэроклуба ДОСААФ, выступаю как заказчик.

Представитель НИУ «МЭИ»

Спасибо. Итак, сегодня Александр Павлович нам предложит материал о навигационных системах беспилотных летательных аппаратов и о том, как можно этим навигационным системам противодействовать.

Напомню, что на прошлом семинаре мы обсуждали концепцию модели угроз от беспилотных летательных аппаратов. Пришли к некоторым решениям и думаю к следующему разу мы представим доработанный вариант модели угроз. Дальше на основе этой модели угроз предполагается сделать концепцию противодействия. К концу года мы подготовим некоторый бюллетень с теми материалами, которые мы за несколько месяцев на семинарах обсуждали. И направим его в разные заинтересованные ведомства.

Давайте начнем. Итак, Александр Павлович.

Представитель НИУ «МЭИ»

Докладчик

Для того чтобы эффективно противоборствовать тем угрозам, которые возникают, необходимо, в первую очередь, понимать, как устроен этот источник угроз. В том, как он устроен, мы сегодня попробуем разобраться с точки зрения применения тех или иных навигационных систем, в беспилотниках различных классов.

Рассмотрим по отдельности, как они интегрируются в контур управления. Какие существуют тенденции их развития и рассмотрим варианты противодействия навигационным системам БЛА.

На сегодняшний день существует целый набор навигационных систем, различающихся по своей природе, по характеру передаваемой информации, по темпу формирования информации.

Основой построения информационно-навигационных комплексов БЛА является приемник глобальных навигационно-спутниковых сигналов, он же приемник ГНСС. Этот приемник на текущий момент времени работает в нескольких частотных диапазонах, принимает сигналы значительного числа спутников от всех существующих на данный момент глобальных навигационных систем: ГЛОНАСС, GPS, ГАЛИЛЕО, БЕЙДО и т.д.

Вторым по частоте использования в беспилотных летательных аппаратах является инерциальный измерительный блок, который входит в состав инерциальной навигационной системы, которая формирует измерения по собственному вектору ускорения, собственной ориентации углового положения и т.д.

Третий вид — это измерители высоты. Они включают как баровысотомеры, так и радиовысотомеры.

Четвертым по популярности можно выделить оптические измерители. Это всевозможные камеры фронтального, бокового, нижнего обзора. Которые, имея изображение подстилающей поверхности и эталонные фотографии местности или того объекта, куда нужно прилететь, на основе их сравнения формируют те или иные команды управления.

Пятым классом, достаточно экзотическим, является наземная радионавигационная система дальнего радиуса действия. Здесь можно выделить отечественную «Чайку», зарубежные «Лораны». Возможность их применения сейчас активно обсуждается, как среди отечественных разработчиков навигационной аппаратуры, так и зарубежом.

Еще один класс - это локальные навигационные системы, работающие в достаточно ограниченном территориальном пространстве, которые тоже необходимо учитывать при построении средств противодействия данной системе.

Далее, у нас следуют радиолокаторы с синтезированной апертурой, которые формируют изображение, полученное в радио спектре. Они применяются в сравнительной навигационной системе. Которая работает по такому же принципу, как и камеры, но в радиодиапазоне.

И последний источник навигации — это доплеровские измерители скорости и угла сноса. Их, в принципе, можно отнести к системам вычисления пути, как и инерциальные навигационные системы.

При построении навигационно-информационных комплексов все перечисленные выше источники информации работают используя данные с датчиков, как исходные для вычислителя. Который преобразовывает первичную измеренную информацию, будь то оптическое изображение, или какие-то иные параметры в цифровую величину для построения вектора скорости беспилотника. Который показывает то, куда ему надо двигаться и как это движение необходимо изменить.

Второе — это, собственно, координаты текущего места положения БЛА.

Оценивается ориентация объекта, которая показывает текущее взаимное расположение объекта относительно Земли.

Навигационные параметры можно разделить на две группы. Это абсолютные источники, то есть показывающие положение и скорость объекта относительно Земли, либо относительные, которые показывают местоположение объекта, вектор скорости, ориентацию, относительно некоторой точки.

Потенциальные погрешности данных решений я сегодня не затрагиваю. Скажем лишь то, что в первую очередь это зависит от размеров БЛА. Соответственно, чем он больше, тем более мощную аппаратуру можно поставить, более прецизионную. И зависит от класса применяемого оборудования. Соответственно, чем у нас больше беспилотник, тем мы можем больше поставить инерциальный измерительный блок, который напрямую влияет на качество навигационных определений и так далее. Теперь рассмотрим, как на данный момент строят основные системы управления.

На текущий момент времени БЛА строят по принципу набора черных ящиков.

Вот у нас есть черный ящик в виде приемника ГНСС, который выдает ему координаты и вектор скорости. С его выхода передается по некоторому информационному интерфейсу цифровой сигнал в систему управления. Дальше процессор управления что-то с этим делает. Есть еще источник - инерциальный измерительный блок, который формирует относительные координаты и текущий вектор скорости. Все это также подается в систему управления напрямую. Таким же образом поступают цифровые сигналы с выходов всех остальных источников навигационной информации. Все это поступает на некоторые многоканальные решающие устройства, которые по особому алгоритму либо комбинируют, либо выбирают средние, либо выделяют приоритетные сигналы, формируя необходимые команды управления. Нам, как людям, которые хотят противодействовать БЛА, нужно понимать, что при таком варианте построения измерителей, необходимо подавлять каждый источник навигационной информации в отдельности.

Приемники ГНСС можно подавить с помощью постановщика маскирующей помехи, чтобы прервать сеанс навигационного обеспечения и полностью исключить возможность определения координат. Либо поставить имитационную помеху, которая формирует ему недостоверное решение, которое позволяет увести БЛА с заданного курса.

По опыту применения таких приемников, как правило, этого в принципе достаточно, чтобы посадить простые беспилотники, которые имеются на рынке, который доступен всем обывателям. Допустим, что если БЛА типа «Мавика» залетает в зону аэропорта, он просто садится, потому что аэропорт является

безполетной зоной. Соответственно, такие типы помех активно используются в Москве. Инерциальный измерительный блок, к сожалению, является полностью автономным устройством. Противодействовать ему средствами РЭБ невозможно. Но так или иначе, поскольку данные инерциальной навигационной системы периодически нуждаются в коррекции накапливающейся в ней ошибки, которые как раз компенсируются за счет абсолютных координат глобальной навигационной системы, то рано или поздно средства РЭБ могут оказать воздействие на конечные результаты навигационных вычислений и в системах с инерциальным измерительным блоком.

Про измерители высоты. Будь то баровысотомеры, или радиолокационные радиовысотомеры. С ними также можно бороться. С помощью постановки радиопомех. Это я про радиовысотомер. С баровысотомером дела сложнее. Но его, как правило, на БЛА с лопастями не ставят, потому что лопасти создают турбулентный поток, который баровысотомеру сам мешает жить. С радиовысотомерами дела обстоят так же, как и с приемником ГНСС, то есть, если знать, какие частотные диапазоны они используют, а они, как правило, стандартизированные, то их можно просто, заглушить обычной шумовой помехой.

С оптическими измерителями ситуация более сложная, потому что нужно каким-то образом либо давать однородную картинку, либо имитировать характерные особенности реперных точек на некотором удалении от их истинного положения. Можно использовать средства маскировки или установки ложных целей.

Допустим, во время войны, ориентирное здание центра завешивали изображениями других зданий, которые не представляют интереса для противника. Тем самым их можно обмануть.

С радарами ситуация аналогичная. Препятствовать созданию этих карт в обзорных системах мы не можем, потому что они создаются в основном с помощью искусственных спутников Земли. Но на этапе движения БЛА противодействовать этой системе можно, опять же, постановкой помех. В открытых источниках описываются варианты такого противодействия.

РЛС-навигационные системы применяются, как правило, на больших беспилотниках типа «Рипперов» и т.д. Известны их рабочие диапазоны частот. В принципе, разработка таких помехопостановщиков, возможна. Нужна лишь достаточная энергетика.

Я кратко перечислил способы борьбы на текущем уровне аппаратуры навигационных систем. Но технологический прогресс не стоит на месте. Мы, как разработчики аппаратуры, прекрасно понимаем тенденции развития как навигационных приемников, так и систем управления, и бортовых информационно-навигационных комплексов в целом.

Тенденция ведет к тому, чтобы использовать вместо готовых координат или так называемых «навигационных элементов» более «сырые» источники информации, которые формируют те или иные измерители. На примере приемника глобальных навигационных спутниковых систем вместо выдачи координат сейчас стараются давать более первичную информацию. Например, оценки измеряемых параметров, задержка, радиальная скорость и так далее.

С акселерометров вместо того, чтобы выдавать готовые данные, полученные математическими преобразованиями, используют величины измеренного ускорения, данные о векторе магнитного поля, вектора поворота инерциально-измерительного блока.

Для чего это делают? Это делают в первую очередь для повышения помехоустойчивости чувствительных источников информации, которые можно задавить радиопомехами. На данный момент в существующих беспилотных летательных объектах используют, так называемую, «разомкнутую схему комплексирования», то есть когда два разных по своей природе источника информации объединяют вместе для того, чтобы объединить их достоинства и скомпенсировать недостатки. На примере комплексирования приемника ГНСС и инерциальной навигационной системы в текущем варианте используют координаты с одного источника, координаты с другого источника информации. Они особым образом взвешиваются и подаются на вход в систему управления.

В перспективе требуется углублять взаимодействие между двумя источниками информации, вводить отрицательные обратные связи для того, чтобы в случае наличия радиопомех или большого динамического воздействия на приёмник глобальных навигационных спутниковых систем продолжал свою работу. Обратные связи в инерционную навигационную систему позволяют скорректировать, скомпенсировать накапливающиеся ошибки. Такие решения, в принципе, на рынке уже известны. Стоят они на данный момент еще весомых денег, поэтому на масс-маркете они на данный момент, насколько мне известно, не применяются. На более серьезных аппаратах, больших БЛА такие решения уже существуют. Но так или иначе противодействие этим системам все еще возможно.

Соответственно, тенденция развития навигационного оборудования определяет использование как можно более первичной информации с каждого измерителя для повышения общей надежности системы и ее помехоустойчивости.

Навигационные фильтры, обрабатывающие информацию с первичных датчиков с использованием логических алгоритмов позволяют повысить качество навигационных систем. Например, если нам подали имитационную помеху на приемник ГНСС, он выдал ложные координаты. Но при этом, оптическая камера, которая смотрит на подстилающую поверхность, выдала совсем другие координаты, и радар синтезированной апертуры также нам выдал координаты, которые похожи на те координаты, которые выдала нам оптическая камера. То

можно сказать, что данные приемника ГНСС мне сейчас не нужно использовать. Лучше ему передать правильные параметры в его вычислитель, чтобы он продолжил работу в правильном направлении и не реагировал на эту имитационную помеху. То есть введение отрицательных обратных связей помогает беспилотнику продолжить работу, даже если какой-то из вычислителей начинает врать.

И это является принципиальной угрозой, которой необходимо бороться только созданием многофункциональных постановщиков помех, которые воздействуют на все измерители сразу комплексом.

Причем комплексом не простым, а таким, который заставляет либо перестать работать все измерители одновременно, кроме тех, которые являются полностью автономными, либо сформировать БЛА такую картину мира, в которой он говорит: нет, у меня сейчас все нормально по всем измерителям. При этом БЛА уходит с курса.

У меня есть еще слайды про построение локальных навигационных систем, как источник дополнительной информации при полном отказе сигналов глобальных навигационных спутниковых систем.

Представитель НИУ «МЭИ»

Там в принципе про локальные навигационные системы многие говорят, но это как подростковый уровень.

Представитель НИУ «МЭИ»

Мысль в том, что локальные навигационные спутниковые системы являются, по сути, если говорить по-простому, спутниками, которые находятся на Земле. Они формируют ту же самую информацию, которую формирует приемник глобальных навигационных спутниковых систем, то есть измеряют дальности, радиальные скорости до неподвижных точек.

После чего тем же самым приемником, например, который применяется для приема сигналов глобальных навигационных спутников систем, формируют те же самые оценки скоростей, в том числе и высоты, что является необходимым условием для функционирования БЛА. В чем плюс локальных навигационных систем? Поскольку они располагаются значительно ближе, чем навигационные спутники, то их сигнал намного более мощный, иногда он может привышать ту мощность помех, которую мы формируем, и тем самым мы просто нивелируем действия наших помехопостановщиков, как средства противодействия. Для того, чтобы формировать правильную помеху для таких локальных навигационных систем, надо тоже понимать, как они устроены.

Можно локальные навигационные системы строить четырьмя различными вариантами. Это использование того же частотного диапазона, что и ГНСС. Использование тех же самых сигналов по структуре и использование отличных от ГНСС частотного диапазона и использование отличных сигналов.

Такое вот матричное представление возможных вариантов построения локальной навигационной системы. Если мы говорим о локальных навигационных системах, которые используют такие же сигналы как ГНСС в том же частотном диапазоне. Это один из наиболее простых вариантов внедрения их в эксплуатацию.

Способ борьбы с этим видом устройств - это использование помехопостановщиков, но с дополнительным увеличением мощности, если мы хотим прекратить работу приемников. Если же, при этом с точки зрения мутационных помех, они обманываются точно так же, как и обычные приемники ГНСС. Если мы говорим о применении нестандартных сигналов и нестандартных частотных диапазонов, тут надо строго понимать, в каком частотном диапазоне он работает,

Существует тенденция к подъему частоты вверх для того, чтобы было сложнее выдать необходимую мощность у источника помех, чтобы ее задавить. А имитационные помехи в данном случае для локальных навигационных систем будут работать только тогда, когда будет известна полностью структура излучаемого сигнала. Если она будет известна, (В принципе, методы ее расшифровки тоже известны.) то можно будет формировать имитационную помеху для дезориентации БЛА.

Но это отдельный комплекс мероприятия. Который нужно учитывать для каждого отдельного типа БЛА. Сейчас такие локальные навигационные системы уже существуют. Среди отечественных систем можно выделить «Консоль», которая уже, по заверению разработчиков, прошла испытания и показала хорошие характеристики. Среди зарубежных, я, если честно, не проверял. Есть еще другие отечественные системы, которые находятся на этапе эскизных и технических проектов.

В принципе, на этом про локальную навигационную систему, с точки зрения противодействия им, можно сказать все.

Представитель НИУ «МЭИ»

Я дополню все-таки, чтобы материал был более полноценным.

Локальные навигационные системы сейчас используются. Как минимум одна развернута и в полный рост применяется с нашей стороны небезызвестной компанией. А кроме того, за рубежом есть такая же система, которая работает уже

лет 10 назад на полигоне у американцев. Но мне неизвестно, используется ли она сейчас, на Украине с той стороны.

Оборудование у американцев есть, оно достаточно хорошо описано в литературе, характеристики и принципы построения известны. Кроме того, не надо забывать, есть упомянутые в самом начале сообщения старые системы, импульсно-фазовые. Такие как «Чайка» и «Омега». Но «Омегу» мы не будем трогать, это уже совсем другого поколения система. А те, которые сейчас работают, их сигналы поддерживаются, и аппаратура навигационная имеется, производится, используется. Это гражданский вариант, это «Чайка» и ее аналог «Лоран С», ну и родственные модификации.

Эти системы работают, это региональные системы. Их цепочки развернуты, в том числе цепочка «Чайки» покрывает европейскую часть, центральную европейскую часть нашей страны, Белоруссии и Украины, и вполне себе работает.

Недостатками наземных локальных навигационных систем является плохая геометрия для определения высоты, а вот в плане координат там достигаются погрешности, сопоставимо с ГНСС, то есть 10–20 метров. Правда, с новыми приемниками оптимальными. Старая аппаратура детекторная дает погрешности на порядок хуже 100–200 метров, а новая аппаратура, она дает погрешности порядка 10–20 метров. К слову говоря, есть информация, что ВРАГ уже применяет такого рода аппаратуру на своих беспилотниках.

Я не знаю, это все можно проверить. Раньше были большие сложности для применения такой навигационной аппаратуры на объектах небольшого размера или даже персональном использовании так как для этого требуется большая по размерам антенна.

Диапазон порядка 100 кГц, соответственно длина волны километровая, но сейчас есть компактные магнитные антенны, они занимают размер с кулак, а раньше это были антенны десятки метров. Поэтому сейчас такая аппаратура существует и может использоваться.

К слову говоря, насколько нам известно, ни с той, ни с другой стороны пока помех этим системам не ставят. Ну, может быть это устаревшая информация, я не знаю. Итак, ладно, это мы чуть-чуть дополнились. Давайте теперь попробуем резюмировать. Если брать беспилотник, то там в подавляющем большинстве случаев Мы не говорим сейчас по FPV, они управляются в телеуправляемом режиме по видео там как таковой автоматической навигации нет, там просто телеуправление. Но те БЛА, которые имеют бортовую навигационную систему, там в подавляющем большинстве случаев имеется набор из трех видов датчиков. Это ГНСС, это инерциалка, и это оптическая камера для обзора подстилающей поверхности. Иногда, как я понимаю, встречаются радиовысотомеры, но я не знаю, на сколько часто. Не сильно часто, на самом деле.

Представитель НИУ «МЭИ»

Это больше для стратегических БЛА.

Представитель НИУ «МЭИ»

Хотя на базе автомобильного радара такой высотомер не сложно сделать. Расстояние до 1–2 км они легко берут.

Следующий тезис. Беспилотники, которые массово используются сейчас, в них датчики друг от друга не зависят.

Есть бортовой компьютер, который в какой-то логике, потому что эта логика очень разнообразная, некий эмпирический алгоритм, по которому данный контроллер сравнивает информацию, которую он получает с разных датчиков. И способен, в случае недоверия к какому-то датчику, не использовать его информацию для гравитационного решения.

Дальше, тезис о том, что в перспективе, путем обработки первичных измерений с каждого датчика, есть возможность более глубокой обработки информации и даже к некоторому уровню отсеивания помех, например имитационных, с тем, чтобы повысить качество координатных определений и даже использовать информацию по совокупности датчиков для того, чтобы давать целеуказания отдельным датчикам и повышать тем самым их качество работы и снижать степень воздействия помех.

Но это пока, как мы знаем, пока еще, как минимум, не массовая история, хотя, в принципе, она уже на данном уровне развития техники уже осуществлена. В связи с этим делается тезис, что в скором времени помехи для одиночного датчика будут не эффективны.

И встает вопрос о применении многофункциональных, мультиспектральных постановщиков, которые бы воздействовали одновременно на несколько каналов получения информации. На инерциалку воздействовать не представляется возможным, только физически, кинетически.

Ее прелесть в том, что она автономна, но за это мы платим тем, что там растет погрешность.

Радиовысотомеры.

Им возможно ставить помехи. Помехи делятся на два крупных класса. Это заградительные, которые должны просто нарушить, из-за снижения отношения

сигнала-шума, нормальную работу приемника. И из-за повышенного уровня шума он просто теряет способность извлекать из принятого сигнала информацию.

И есть помехи имитационные. Они тоже делятся. Есть те, которые просто имитируют истинный сигнал по своей структуре, и приемник за них схватывается и пытается за ними следовать. Задача их сбить с толку приемник, чтобы он за них захватился.

А есть имитационные уводящие помехи. Это более «интеллектуальные» помехи, которые не просто имитируют структуру сигнала, а создают ложное информационное поле, за которое приемник может зацепиться и, не отличая его от истинного, начать выдавать ложную информацию.

Ну вот пример, те самые помехи в районе центра Москвы, когда по показаниям авиационного приемника вы оказываетесь в аэропорту. Тоже рассчитаны, как уже было сказано, на сбивание с толку таких гражданских простых БЛА.

Для того, чтобы создать ложное навигационное поле эффективно, важно иметь целеуказание, в какой точке его надо создавать. Потому что если оно будет создаваться наугад, то довольно «разумные» современные приемники просто не будут воспринимать его.

Создавать ложное навигационное поле можно только для одной точки, сразу у нескольких не получится, потому что в соседней точке разойдутся все эти имитированные сигналы, они не будут совпадать с тем, что наблюдают по истинному полю.

Работа прицельная, это интеллектуальная помеха и она целесообразна только в случаях защиты какой-то высоко приоритетной цели, и в случае массовых налетов. В случае противодействия недорогим БЛА, это становится нецелесообразно.

Далее, надо понимать, что современные приемники, они мультисистемные и мультичастотные.

Любой потребительский приемник, уже имеет как минимум 2 частоты, как минимум 2 или 3 системы. А приемники хотя бы среднего класса, стоимость которых тоже небольшая, в силу серийности их выпуска, имеют и по 3 диапазона, и 4 системы они принимают, ГЛОНАСС, GPS, ГАЛИЛЕО, Beidou. И поэтому попытка формировать помеху в одном диапазоне GPS или ГЛОНАСС, она просто уже устаревшая.

Даже в смартфонах такие приемники имеются. И уже есть ряд смартфонов, которые прекрасно себе под помехами в Москве ездят и ни в чем себе не отказывают. Поэтому надо понимать, что эффективная система постановки помех должна перекрывать работу ГНСС-приемников, которые работают более чем в одном, в двух или даже иногда в трех диапазонах.

При постановке помех локальным наземным навигационным системам радиосигналы разлетаются вдоль поверхности Земли, за горизонт и на большие расстояния, поэтому поставив такую помеху, надо понимать, что она полетит далеко за пределы радиовидимости. Это плюс и минус, надо понимать, что это будет покрывать все вокруг с большим радиусом.

По радиовысотомерам, если на нем задействован сложный радиочастотный блок с элементами решетки, то возможность его переноса на другую частоту в кустарных режимах сильно ограничена, в отличие от связных каналов и каналов телеметрии, где узкополосные каналы и достаточно просто их переносить на соседние частоты, чем сейчас все и пользуются. Если говорить про радар, там, как правило, широкополосный сигнал. И как правило, там гораздо более сложный радиочастотный блок. И ограниченная несущая частота, потому что свойства поверхностей от частоты тоже меняются. Да, и отражающие свойства там настроены все на такие моменты. Поэтому можно предполагать, что действительно по радиовысотомерам вряд ли в кустарных условиях можно так же легко перенести несущую частоту.

Это позволяет более надежно ставить помехи, но у них может быть очень узкая диаграмма направленности, поэтому издали по такому радиовысотомеру помехами может быть сложнее работать. Вопрос надо изучать, смотря что за радиовысотомеры используются. У меня нет полноценных сведений. Что касается синтезированной апертуры, то диаграмма имеет широкую направленность и сканируется в широком секторе и, в принципе, на ответственных объектах, наверное, есть возможность ставить помехи таким системам. Опять же, понимая структуру радарных сигналов. Хотя, она достаточно характерная и можно ставить активные помехи, которые будут реагировать на попытку просканировать ту или иную территорию. В принципе, можно ставить помехопостановщики, которые будут излучать заградительную помеху и снижать отношение сигналов и шума, а можно более интеллектуально, то есть принимая сигналы радаров с синтезированной апертурой, излучать в ответ имитированные сигналы, те же самые копии принятого сигнала, но с различными задержками на стороне радара это будет восприниматься как наличие виртуальных объектов, где-то там, где их не рассчитывали обнаружить. И в принципе на ответственных направлениях, где идет сканирование, это тоже самое и в ответ на спутники можно отправлять. То есть виртуально создавая целую кучу каких-то непонятных артефактов, которые при этом во времени могут изменять свои ответы, то есть их записывать бесполезно. Наверное, такие вопросы тоже специалистами прорабатываются, но это уже техника гораздо более интеллектуальная, чем гаражная. Далее, если говорить о применении решеток. Действительно, на беспилотниках среднего и более тяжелого класса применяются решетки. Уже в телеграм-каналах постоянно об этом фотографии размещаются.

И последнее. Мы можем наблюдать объем продаж китайских решеток. Их покупают очень массово, значит, потребность высокая. Естественно,

на образцы вооружения боеприпасы и САУ их кустарным способом не поставишь. Естественно они ставятся на самодельные беспилотники, но не на FPV, а на не одноразовые, дорогие модели.

Противодействовать решеткам нужно не мощностью, а количеством помех, потому что ограничение решетки это число элементов, соответственно она эффективна против ограниченного числа помех. И, имея множество помех, можно более эффективно подавить такое устройство.

Более эффективным оказывается большое число не таких мощных помех. Далее, если говорить про обзорно-сравнительную навигацию с помощью оптических каналов или радиолокационного канала, то, как представляется, есть варианты маскировки, есть варианты ложных целей, То, что на радаре уже сказали в плане имитирующих ответчиков.

А в плане оптического обнаружения, то это маскировка и, возможно, какие-то ложные цели. Например, во время Великой Отечественной войны московский нефтеперерабатывающий завод весь затемняли, а рядом был выстроен макет завода, который был освещен и действительно регулярно этот макет бомбили.

Наверное, в современных условиях некоторые крупные объекты могут быть симитированы, а настоящие замаскированы оперативно.

Либо, может быть, такие уже совсем завиральные вещи, например, ложные цели, представленные в виде проекции, которые можно оперативно перемещать в пространство, или какие-то более легковесные конструкции, которые можно оперативно перемещать в пространстве. И, например, в радиодиапазоне они не видны, а в оптическом видны. Тканевые какие-то конструкции. Но это я сейчас фантазирую. Это надо, наверное, отдельно рассматривать и изучать.

По части оптических сенсоров есть возможность их сжечь с помощью относительно слабенького лазера. То есть лазера, который не способен разрушить материальные конструкции, но попав в линзу на чувствительный элемент — способен его повредить.

Представитель НИУ «МЭИ»

Единственное, что можно добавить, что постановка мультиспектральных или многофункциональных помех требует серьезной кооперации между отдельными разработчиками каждого из типов помех потому, что если это делать не скоординировано, разрозненно, то должного эффекта просто не будет.

Представитель НИУ «МЭИ»

В связи с этим у меня, возникает ощущение, что объектовая защита отдельно взятых объектов, она менее эффективна, чем распределенная территориальная. Когда предполагаемый многофункциональный постановщик защищает не отдельно взятый объект, а целую территорию, тогда, во-первых, противодействие становится более целесообразным, то есть расходы на защиту отдельного объекта становится меньше.

Во-вторых, можно более эффективно ставить помехи. Или я не прав?

Представитель НИУ «МЭИ»

Я считаю, что вообще должен быть комплекс методов. Например, мы еще не говорили про дым. В оптическом диапазоне достаточно эффективная вещь — постановка дымов. Тем более, что компонентом этого типа помех могут быть еще и аэрозоли, которые создают практически непроницаемую для радиоизлучения завесу. Метод использовался достаточно эффективно еще с середины прошлого века. Хорошо известен с Великой Отечественной войны. На сегодняшний день я считаю, он сильно недооценен и не используется, в достаточной мере. На самом деле для оптических датчиков грамотная постановка дымов и аэрозолей, это очень серьезное нарушение работы всех этих датчиков, в принципе.

Представитель НИУ «МЭИ»

А в какой момент это надо ставить?

Представитель НИУ «МЭИ»

Это зависит от того, на какой дальности начинает работать система захвата цели системы самонаведения БЛА. В тот момент, когда происходит выход БЛА на траекторию атаки.

Представитель НИУ «МЭИ»

Сколько надо времени, чтобы накрыть дымами достаточно эффективно?

Представитель НИУ «МЭИ»

Существуют установки высокой производительности. Например, ТДА-3 на базе автомобиля КАМАЗ. Такая установка расходует до 30 литров жидкого реагента и 13 кг твердого реагента в минуту. Заправки хватает на несколько часов. На рабочий режим установка выходит, через 90 секунд после пуска. Задымление,

сплошной полосой не проницаемой в оптическом, инфракрасном, лазерном, радиолокационном диапазоне. В Ханкале использовали такие установки, когда закрывали от боевиков наш аэродром. Прикрывали очень эффективно. Использовать ПЗРК боевикам в этом случае нереально. Стрелять из стрелкового оружия невозможно, они ничего не видят, просто физически не видят.

Представитель НИУ «МЭИ»

Сколько надо времени, чтобы это стало?

Представитель НИУ «МЭИ»

Время выхода установки на рабочий режим — 90 секунд. Для формирования сплошного поля дымовой завесы, в зависимости от состояния погоды, требуется минут 30.

Представитель НИУ «МЭИ»

А люди как? Могут находиться в таком?

Представитель НИУ «МЭИ»

Людям в дым лезть не к чему. Установка ставится в зависимости от направления ветра на некотором удалении от прикрываемого объекта так, чтобы дымовая завеса находилась между объектом и атакующим БЛА. Кроме специальных машин на многих объектах БТТ есть штатная система дымопуска. И практически на всех объектах БТТ установлены системы «Туча». Это мартирки дымовых гранатометов, которые производят отстрел до 6–8 гранат на расстоянии 80 -100 метров. Разрыв в воздухе создает облако 30 на 30 метров. В зависимости от силы ветра облако держится до 90 секунд. Причем там не просто облако дыма, а состав с алюминиевой пудрой. Что делает такую завесу непрозрачной в радио диапазоне. Это от ПТУР раньше использовалось, но я так полагаю, что и против FPV-дронов это в отдельных случаях тоже может быть эффективно.

Представитель НИУ «МЭИ»

Про маскировку дымами смысл понятен. Но конечно, специалистам нужно оценивать целесообразность и возможности этого способа.

Представитель НИУ «МЭИ»

Просто сегодня то, что получается? У нас количество дронов, используемых противником слишком большое. И использовать локальные системы становится затруднительно. Мы можем поразить один, ну, два, ну, три дрона. Ну, еще один-два, с объемом с курса. А их десятки летают. Не с первого десятка, так со второго десятка прилетит. Поэтому и стали ставить сетки на броне, «мангалы» разные для прикрытия объектов на линии боевого соприкосновения. А в тылу, там где прорываются не сотни, а единицы дронов, это достаточно эффективная система. Почему нет, собственно говоря, когда мы имеем дело с единичными дронами, если он использует оптическое наведение.

Представитель НИУ «МЭИ»

А вот такой немножко смежный вопрос. На прошлом семинаре мы обсуждали возможный инженерный конкурс с использованием распределенной системы обнаружения. Потом пошли на круглый стол по «Науке подождать», но я там не смог присутствовать. А там этот вопрос обсуждался по включению его в состав игры?

Представитель ДОСААФ России

Там немножко косвенно прозвучало о том что будут защищаться и будут нападать, но все равно это интересно, если что-то получится.

Представитель ДОСААФ России

Получается, что нужна территориальная система, которая массово может засекать БЛА заблаговременно, а потом уже различными средствами их можно уничтожать. Вот помните последний случай в Башкирии, когда АН-2 свой обстреляли?

Представитель Правительства г. Москвы

Нужна дисциплина полетов, согласование каждого подъема в воздух с центром.

Представитель ДОСААФ России

Недавно наблюдали случай, как частный самолет малой авиации летел над дорогой.

Представитель Правительства г. Москвы

Прямо по Симферопольке чешет.

Представитель ДОСААФ России

Прямо по Симферопольке летит на высоте не выше 50 метров где-то так.

Представитель Правительства г. Москвы

Да.

Представитель ДОСААФ России

У нас вопрос, что он делает то?

Представитель Правительства г. Москвы

Причем сначала на него не очень обращали внимание, это нас чуть позже стало волновать. Стали им интересоваться уже капитально, стали выискивать аэродром, с которого он взлетает.

Мы не смогли связаться с ним.

Представитель НИУ «МЭИ»

Я сейчас ехал по дороге и такого же пилота увидел, и подумал, что нужно тоже передать информацию о нем.

Представитель Правительства г. Москвы

Мы видели его дважды. Причем это настолько неграмотный пилот, который, видимо, теряется, и он летит строго по трассе, чтобы не потеряться. Он трассу использует как ориентир.

Представитель НИУ «МЭИ»

Если мы говорим про мегаполис, то инфраструктура сотовых сетей позволяет нам поставить датчики обнаружения, работающие на различных физических принципах или, например, разместить глушилки против сигналов ГНСС.

То есть, прежде чем ответить однозначно на вопрос объектовая-территориальная, нам нужно разработать модель угроз. Мы должны четко понимать, что в первую очередь будет нам противостоять и какие конкретно БЛА могут нас атаковать.

Как только БЛА пересек границу нашей страны, его уже должны вести. Если он пересекает зону ответственности подразделений, которые могут противодействовать ему, физически в том числе. Мы говорим об огневых группах, пулемётные расчёты, причём крупнокалиберные, различные установки ПВО.

Сейчас добавляется навигация по сотовой связи, LBS так называемая. Мы задали этот «тренд». На Герань ставились модемы LTE или GSM с сим-картами украинскими, и соответственно, точность, конечно, не ГНСС. Это позволило и сейчас позволяет, нам выявлять таким образом позиции ПВО. Потому что в грубом приближении, если «Герань» пропала, т.е. не передает больше никаких данных, то значит ее сбили.

А сейчас то же самое происходит уже против нас. Причем на линии бое-столкновения у нас ужасная проблема с радиосвязью и, соответственно, управление идет через телеграмм. Это LTE, вышки сотовой связи у нас в тылу не уничтожаются. Мы их держим, чтобы поддерживать необходимое качество связи. Украинцы этим пользуются, покупают российские сим-карты. И сейчас, я не говорю про FPV, но их «бомбардировщики» и разведчики, летают уже с модулями Российской сотовой связи.

Представитель НИУ «МЭИ»

Существенное дополнение. А вот для понимания, на той стороне у врагов вышки стоят? Или они их отключают?

Представитель НИУ «МЭИ»

Для выявления «Аномального потребителя» есть соответствующие алгоритмы. Но эксперименты в этой области продолжаются и с той стороны и с нашей.

Представитель ДОСААФ России

Один из тех, кто занимается этими вещами, говорит, что не надо мне «хохлацкую симку», по роумингу у меня БЛА летит. То есть, используют все это и наши, и те «Кулибины». Я хочу сказать, что на мой взгляд, то, что мы здесь обсуждаем должно доводиться в виде информации до руководителей различного уровня. Это важно в плане оценки ситуации и принятия решения.

И в этом плане действительно нужно, чтобы обобщение которое будет подготовлено из материалов всех проведенных семинаров, запускать по различным каналам. В вопросах территориальной обороны должно появиться звено, которое бы было замкнуто на ПВО.

Представитель НИУ «МЭИ»

Должно укрепляться взаимодействие между видами и родами войск.

Представитель ДОСААФ России

Должно дойти до определенных людей принимающих решения в Совбезе, что должна быть структура, которая эту информацию принимает, анализирует и распределяет.

Представитель НИУ «МЭИ»

Я уже рассказывал про навигацию по сигналам сотовой связи, а сегодня было сказано еще про радиолокационные изображения. Их можно получать не только непосредственно с БЛА, но, например, со спутников. Дальше систематизировать и на этой основе строить полетное задание для тяжелых беспилотников. Сейчас на Западе в чем проблема? Даже если я запишу эти радиолокационные изображения, весь путь от Черниговской области до Москвы в радиолокационном формате, либо просто спутниковой фотографии, это огромный объем данных, который на беспилотнике не поместится вообще никогда. И соответственно дальше нужно еще придумать алгоритм, который будет на беспилотнике это все считать и сравнивать. Так вот, я буквально вчера читал итальянскую диссертацию, которая октябрём этого года датируется, и большую обзорную статью по так называемым нейроморфным камерам. Это камеры, которые не фотографируют попиксельно, а которые работают как человеческий глаз. Изначально есть признаки изменения яркости, причем в алгоритмическом масштабе, это означает, что он обладает полной чувствительностью человеческого глаза. Сейчас еще параллельно идут работы по такой же камере инфракрасной, нейроморфной, чтобы она могла работать ночью.

Это вот австралийцы вместе с британцами. Консорциум, они радиолокационные изображения переводят в нейроморфный формат. Потому что радиолокационные изображения можно представить в виде черно-белых изображений, где будут просто градации яркости, как изображение рельефа. И получается, что камере достаточно просто выделять контура и сравнивать их. Причем, как я сказал, там

не по пикселя снимается картинка, которая будет занимать мегабайты и гигабайты данных, а за счет этого кодирования обеспечивается экономия данных.

Можно гигантские радиолокационные изображения, переводя их на земле в удобный формат, записать на одноплатный компьютер, который будет стоять на беспилотнике. Одноплатник — это 10 тысяч рублей. Он просто корреляционным способом, без сетей, просто будет постепенно их отслеживать. Для этого нужно будет добавить лидар, ну высотомер какой-то и все. Эти камеры, их хотят сделать доступными, необходимо доработать алгоритмы немножко и сенсор немножко переделать, чтобы он не снимал картинку, а чтобы изменилась яркость. Вопрос в том, что сейчас эта технология стоит около двух тысяч долларов за камеру, но разработчики и самсунг сейчас впрягся в это дело, они хотят в следующем году довести до тысячи и, соответственно, постепенно снижают уровень стоимости, делая технологию доступной.

Представитель НИУ «МЭИ»

На самом деле, аппаратная часть та же самая. Разрабатываются новые алгоритмы. И за это разработчики хотят денег.

Представитель НИУ «МЭИ»

Ну, вопрос в том, что работы в этом направлении идут. И эта технология обязательно будет использоваться на БЛА.

Представитель ДОСААФ России

Вы лучше меня знаете, что когда лет 30 назад, учили самолеты летать на сверхмалых высотах, с огибанием рельефа, то закладывалась определенная программа для самолета. Сейчас это решение используется на другом технологическом уровне.

Представитель НИУ «МЭИ»

Сейчас мы получаем еще более серьезные угрозы, а еще идет работа и по инерциальным системам. Понятно, что MEMS это не точная технология, ну на чем сейчас строится компактная малогабаритная инерциальная инфляционная система, сейчас появились оптоволоконные БЛА.

Представитель НИУ «МЭИ»

Инерциальные системы уступают приемникам ГНСС на порядок.

Представитель НИУ «МЭИ»

Поэтому защита объектов от БЛА только на территориальном уровне может не сработать. И тогда, если мы говорим про объекты критической инфраструктуры, там должны стоять системы именно кинетического перехвата. То есть физическое уничтожение. В каком это виде будет, пока непонятно.

Представитель ДОСААФ России

Правильно вы сказали. Все равно нужна территориальная система. Второй момент, то о чем мы сейчас сказали, кроме массовых атак БЛА, повышается вероятность террористических атак единичными изделиями. А для противодействия этому нужна территориальная система обнаружения. Второй момент, когда ты сбиваешь БЛА возле объекта, то нужно понимать в каких зонах это нужно делать. БЛА должен падать не на жилые дома. Исходя из всего, этого система противодействия БЛА, должна строиться по территориальному принципу, потому что объектовая не справится.

Представитель НИУ «МЭИ»

Есть различные объекты по размерам и типу. Подходить к организации их защиты с одной меркой не правильно.

Представитель ДОСААФ России

Есть разные объекты, когда мы говорили о перечне угроз, то организация противодействия атакам БЛА должна строиться исходя из важности объекта.

Представитель НИУ «МЭИ»

Вот, правильно, я об этом как раз забыл. Мы сейчас говорили об аппаратах, которые залетают из-за ЛБС, но мы должны учитывать «ждунов», которые на новых территориях, да, и у нас террористов хватает. Особенно с учетом ситуации в Сирии. Террористы эти умеют пользоваться FPV-дронами, да и обычными коммерческими. И в таком случае очень важно, проработать вопрос лазерного воздействия. Я имею в виду воздействия на камеру, на оптику. То есть засветка камер, неважно нейроморфная или обычная оптическая, она становится

актуальной в плане именно объектовой защиты. Я говорю про атаки террористической направленности потому, что тяжелые беспилотники скорее всего, не будут иметь оптических элементов системы наведения на объект.

Представитель ДОСААФ России

Только для навигаторов. Мы с вами как раз и понимаем, что оказывается можно малым беспилотником, двухсотграммовой шашкой всего-навсего, причинить огромный ущерб.

Представитель НИУ «МЭИ»

Господа, можно еще один тезис? По системам защиты. Сейчас вот у китайцев на выставке вооружений, показывали микроволновые средства борьбы с беспилотниками. Для меня это звучало очень ново. Но китайцы говорят о высокой эффективности и высокой дальности. Под высокой дальностью они понимают до полутора-двух километров. Что имеется ввиду под микроволновыми средствами? Наши китайские друзья, не раскрывают в полном объеме информацию.

По фотографии, видна большая (где-то 3 на 2 метра) антенна, которая смонтирована на трехосном грузовике. У него заметен мощный генератор.

Представитель НИУ «МЭИ»

На грузовике, генератор стоит, и, как они говорят, формируется направленное микроволновое излучение. Есть старая добрая технология, называется Гератрон. Он вырабатывает мегаваттные короткие импульсы, эта технология, кстати, она еще в СССР известна. Эти гиротроны использовались для ядерных исследований. Когда нужно пучок частиц запустить. Вот никто не знал, что их можно использовать таким образом.

Представитель НИУ «МЭИ»

Есть смысл продумать над этим. Я видел в интернете когда-то уже давно, когда любители, с помощью излучателя микроволновки и трубы в качестве антенны поджигали телефон на расстоянии нескольких метров. Китайцы, видимо, сделали что-то более эффективное.

Представитель НИУ «МЭИ»

Нужен всего-навсего импульс. Импульс, короткий, но мощный.

Представитель НИУ «МЭИ»

И если позволите, еще один тезис. Мы говорили с вами о навигации. Американцы, есть такая компания TEZEUS, которые разрабатывают систему оптической навигации. Они сделали следующий шаг. Они используют оптическую камеру для реализации сравнительного метода с помощью фотографии или карты подстилающей поверхности. Далее управляющий сигнал преобразуется в аналог навигационного сигнала и поступает на вход навигационного приемника БЛА «обманывая» его. Эта система используется с любыми БЛА. Они подключаются к входам системы GPS. И изделие имитирует сигналы GPS антенны. Достаточно просто и эффективно. Абсолютно независимо от спутников, не подвержен электронному воздействию, то есть не возможно противодействовать методами РЭБа.

Представитель НИУ «МЭИ»

Вы думали, как на нее воздействовать?

Представитель НИУ «МЭИ»

Только в в оптическом диапазоне. Ну и в любом случае, высотомер там есть. Можно ставить помехи радиовысотомеру.

Представитель НИУ «МЭИ»

На этом наш семинар заканчивается. Всем спасибо.