

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский центр «Охрана»  
Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации**

# **Меры электронного противодействия БВС, выбор оптимальной схемы размещения генераторов помех**



**Доклад  
Научного сотрудника  
ФКУ «НИЦ «Охрана» Росгвардии  
Михайлова Алексея Алексеевича**

**Угрозы от БВС:**

**Террористские акты**

**Получение конфиденциальной информации (в первую очередь, визуальной информации)**

**Несанкционированное проникновение на охраняемую территорию**

**Неумышленное падение и столкновение**

**Препятствие проведению текущих работ и повседневной деятельности**

## Классификация БВС

Класс	Категория	Обозн. в мире	Обозначение	Наименование	Взлетный вес, кг	Радиус действия, км	Практич. потолок, м	Продолж. полета, ч
Малые	I	η	η	Нано	<0,025	< 1	100	< 1
		μ	μ	Микро	< 5	< 10	3000	1
		Mini	Мини	Мини	< 25	10 – 40	3000	≤ 4
Легкие	II	CR	БлД	Ближнего действия класса 1	25 – 50	25 – 70	3000	2 – 4
				Ближнего действия класса 2	50 – 150	50 – 100	3000	≤ 6
Средние	III	SR	МД	Малой дальности	≤ 200	≤ 150	4000	6 – 8
		MR		Средней дальности	≤ 500	200	5000	10 – 12
	IV	MRE	СД	Средней дальности с большей продолжительностью полета (СД-БПП)	500	500	8000	10 – 18
		LADP		Маловысотный большой дальности (МБД)	≤ 250	> 250	≤ 4000	1.5 – 2
Тяжелые	V	LALE	БД	Маловысотный большой продолжительности полета (МБД-БПП)	≤ 250	> 500	4000	18
	V–VI	MALE		Средневысотный большой продолжительности полета (СБД-БПП)	≤ 1000	> 1000	8000	24
	VII	HALE		Высотный большой продолжительности полета (ВБД-БПП)	≤ 2500	> 4000	20000	> 24
Боевые	VIII	UCAV	Б	Беспилотный ударный (Б-У)	> 1000	> 500	12000	1.5 – 2
		DEC		Ложная цель (Б-Л)	150 – 500	0 – 500	50 – 5000	< 4
		TGT		Воздушная мишень (Б-М)	10 – 10000	5 – 200	50 – 10000	> 0.5
Смешанные	IX	OPA	ОП	Пилотируемый по выбору (опционно) ЛА	≤ 200			
		CMA	ПП	Переоборудованный пилотируемый ЛА				

## Особенности малых БВС

Класс	Категория	Обозн. в мире	Обозначение	Наименование	Взлетный вес, кг	Радиус действия, км	Практич. потолок, м	Продолж. полета, ч
Малые	I	η	η	Нано	<0,025	< 1	100	< 1
		μ	μ	Микро	< 5	< 10	3000	1
		Mini	Мини	Мини	< 25	10 – 40	3000	≤ 4

**Эти БВС характеризуются:**

- малой ЭПР;
- имеют незначительную тепловую, акустическую и оптическую сигнатуры;
- существующие средства ПВО не были рассчитаны на поражения данных объектов;
- использованием тактики «роя»;
- использование низковысотного профиля полета.

## Средства обнаружение БВС

- системы радиопеленгации излучения БВС (комплексы РТР);
- РЛС (в первую очередь, активные РЛС);
- комплексы оптико-электронного наблюдения;
- системы шумопеленгации.

## Средства подавления и уничтожения БВС

Основными средствами подавления и уничтожения БВС являются:

- кинетическое поражение цели осколками зенитного снаряда или зенитной ракеты;
- перехват БВС дроном-истребителем;
- разрушения корпуса БВС путем создания ионизационного канала лазером с последующим воздействием на корпус БВС высокого напряжения;
- разрушение корпуса БВС лазерным излучением;
- поражение электроники БВС мощным микроволновым излучением;
- поражение электроники БВС электромагнитным импульсом взрывного генератора;
- **средства радиоэлектронного подавления.**

## Типы помех

- псевдошумовые или заградительные помехи;
- свипирующие помехи, (при этом генератор качающейся частоты осуществляет циклическую перестройку частоты от F1 от F2);
- структурные помехи, искажающие структуру сигналов управления и навигации БВС;

**Структурные помехи** будут эффективными только против:

- **стандартных глобальных навигационных систем:** GPS (L1 – 1575,42 МГц / L2 – 1227,6 МГц / L5 – 1176,45 МГц), ГЛОНАСС (L1 – 1602 МГц / L2 – 1246 МГц), BeiDou (B1 – 1561,098 МГц / B2 – 1207,14 МГц / B3 – 1268,52 МГц), Galileo (E1 – 1575,42 МГц / E6 – 1278,75 МГц / E5 – 1191,79 МГц);
- **типовых каналов сотовой связи:** CDMA800 (850-894 МГц), GSM900 (890-915, 935-960 МГц), GSM1800 (1710-1880 МГц), 3G (2110-2170 МГц), 4G (725-770, 780-960, 925-960 МГц; 1,7-2,2, 2,5-2,7 ГГц), Wi-Fi (2,4-2,5, 4,9-6,425 ГГц);
- **каналов спутниковых систем связи:** Инмарсат (1518-1660,5 МГц), Иридиум (1616-1626,5 МГц), Starlink .
- **безлицензионных каналов связи диапазона** 433 МГц; 868-916 МГц и т.д.

Т.е. структурные помехи оптимально подавляют каналы связи и навигации с заведомо известными параметрами, (как по частотам, так и по структуре подавляемого канала).

Генераторы помех с перестройкой частоты рационально использовать против:

- средств радиосвязи диапазона 20-80, 135-174, 400-470 МГц;
- авиационной радиосвязи в диапазоне 220-400 МГц;
- иных нестандартных каналов связи управления и навигации БВС.

При этом средствами радиотехнической разведки (РТР) эти каналы должны быть вскрыты в режиме реального времени и переданы на подавления РЭБ.

Для перекрытия всех наиболее возможных диапазонов частот потребуется не менее 3-х таких генераторов

Шумовые заградительные помехи наименее эффективны, с энергетической точки зрения, но несомненным достоинством данного типа помех является их универсальность при применении.

Причем под шумовой заградительной помехой следует понимать не только помеху с модулирующим сигналом типа «белого» шума, (см. рис. 1), но и модулирующий сигнал типа псевдослучайной последовательности (ПСП), (см. рис. 2). Эффективность помехи, модулируемой ПСП выше, чем «белым» шумом [2].



Рис. 1 Помеха со спектром "белого" шума

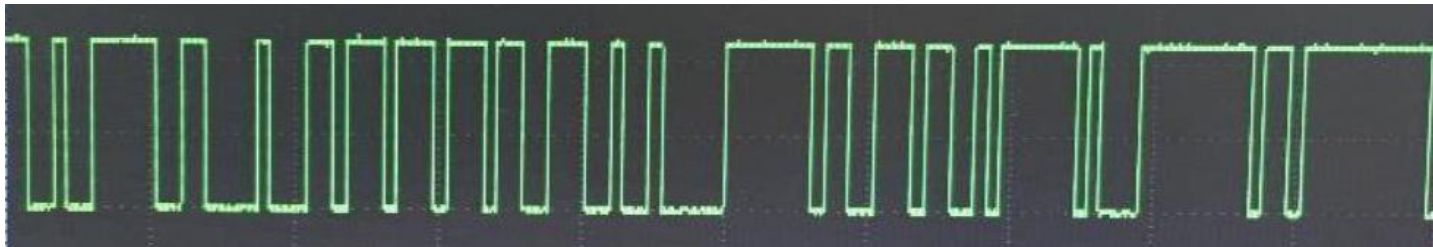


Рис. 2 Модулирующий сигнал типа псевдослучайной последовательности (ПСП)

Если говорить о мощности генераторов помех то для любого канала подавления (или диапазона частот), она не должна быть меньше 100 Вт, таким образом с учетом всех каналов подавления, выходная мощность средств РЭБ должна находиться в диапазоне 1-2 кВт.



## Выбор оптимальной схемы размещения генераторов помех.

Следует отметить, что уровень сигнала РЭБ убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. Это фундаментальное свойство радиосигналов невозможно обойти.

Для подтверждения этого тезиса можно обратиться к формуле Введенского [1].

$$E = 2,18 \frac{\sqrt{P_{ИЗЛ} \times G_{ПЕР} \times h1 \times h2 \times k}}{\lambda r^2} \quad [1]$$

Где:

г-длина трассы связи в км;

λ-длина рабочей волны передатчика в метрах;

Ризл -мощность передатчика в киловатах;

Gпер- коэффициент усиления передающей антенны;

h1, h2- высота подвеса передающей и приемных антенн в метрах.

к- поправочный коэффициент, учитывающий среду распространения, лежит в пределах 0,2-0,4.

**Можно констатировать, что  $E \sim 1/r^2$  (поэтому формулу Введенского жаргонно называют «квадратичной формулой»).**

Следует отметить быстрый спад амплитуды напряженности поля от расстояния, что делает увеличение мощности передатчика помех не рациональным способом решения проблемы подавление БВС.

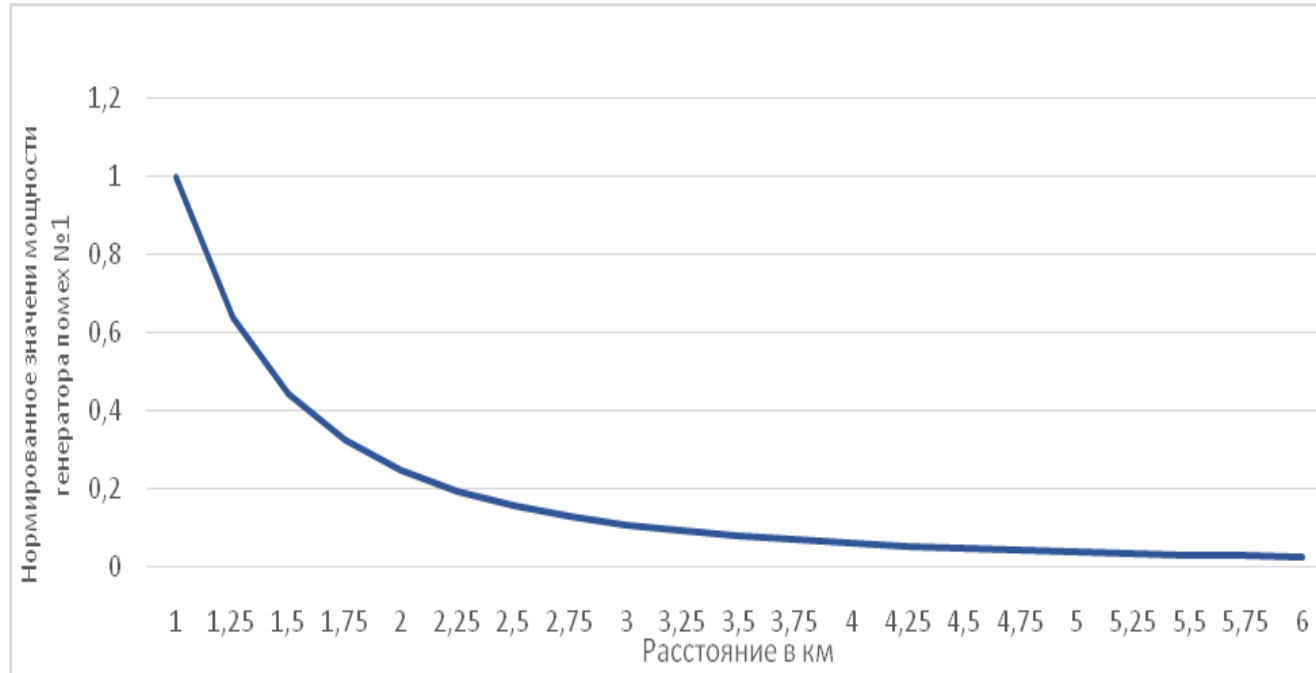


Рис. 3 Зависимость мощности помех генератора от расстояния

Горазда более рациональным решением использование нескольких относительно маломощных генераторов разнесенных в пространстве с антеннами круговой направленности, (см. рис. 4).

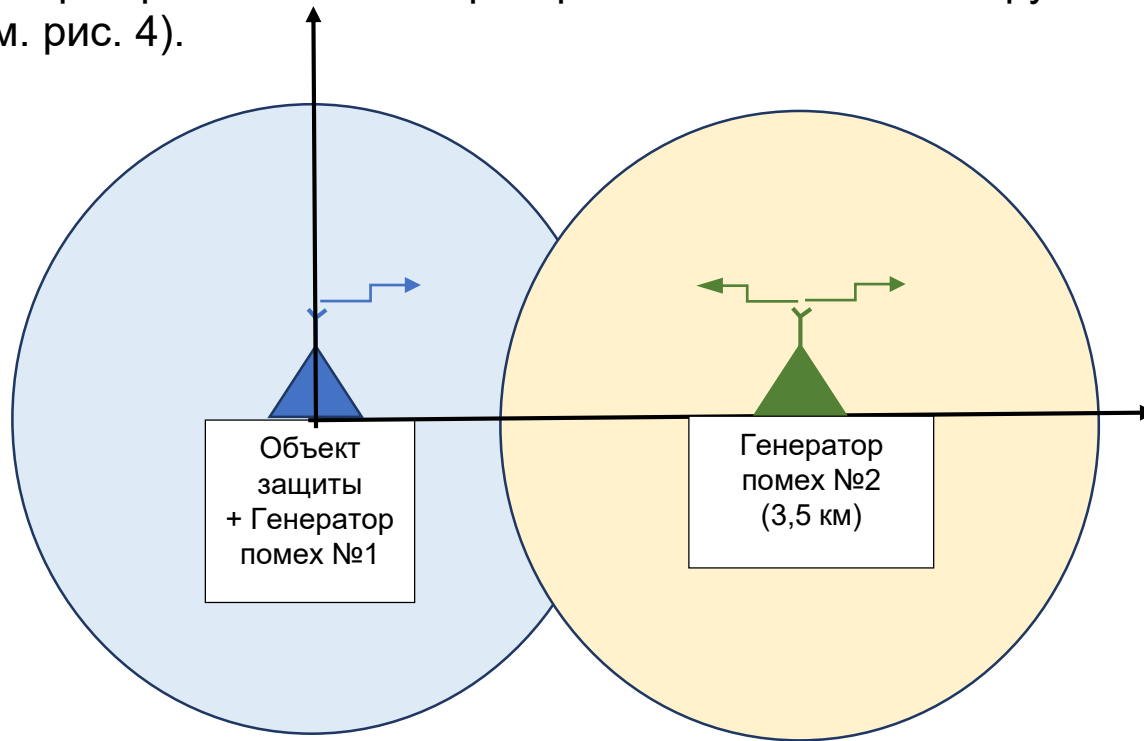


Рис. 4 Схема использования нескольких генераторов для создания равномерного уровня сигнала подавления (расположение генераторов в горизонтальной плоскости)  
"Синий"- генератор помех расположен непосредственно на объекте охраны, "зеленый"- на удалении 3,5 км

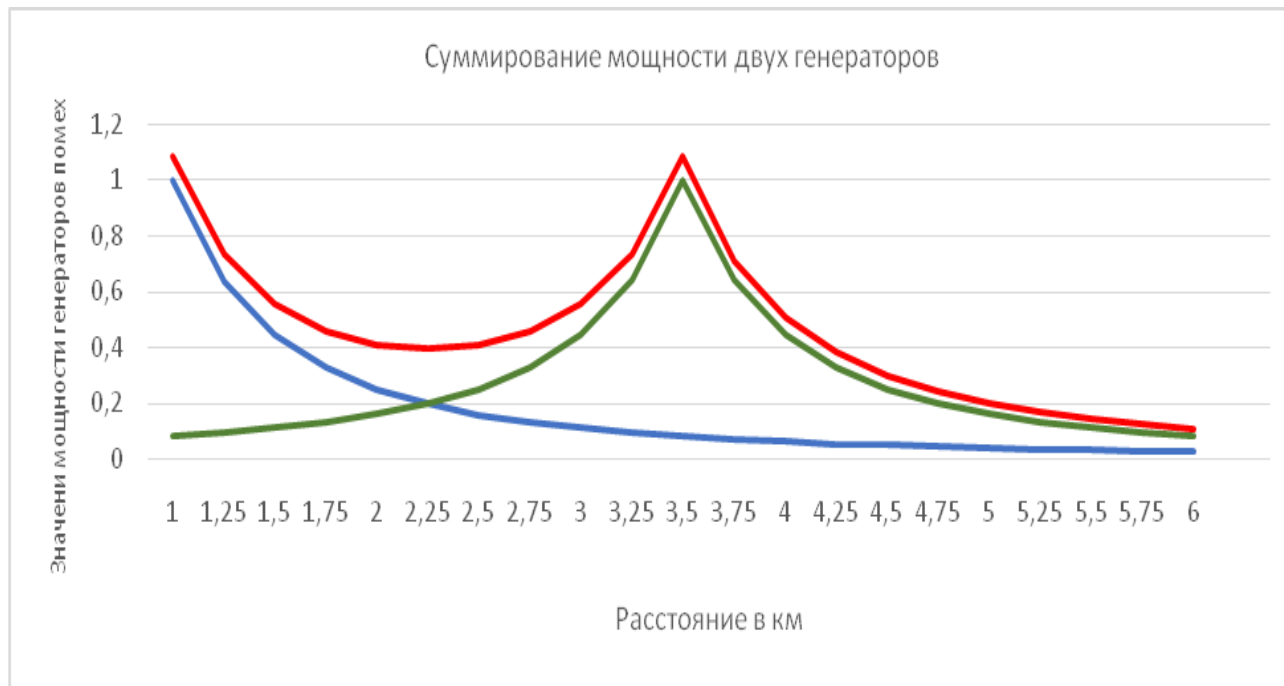
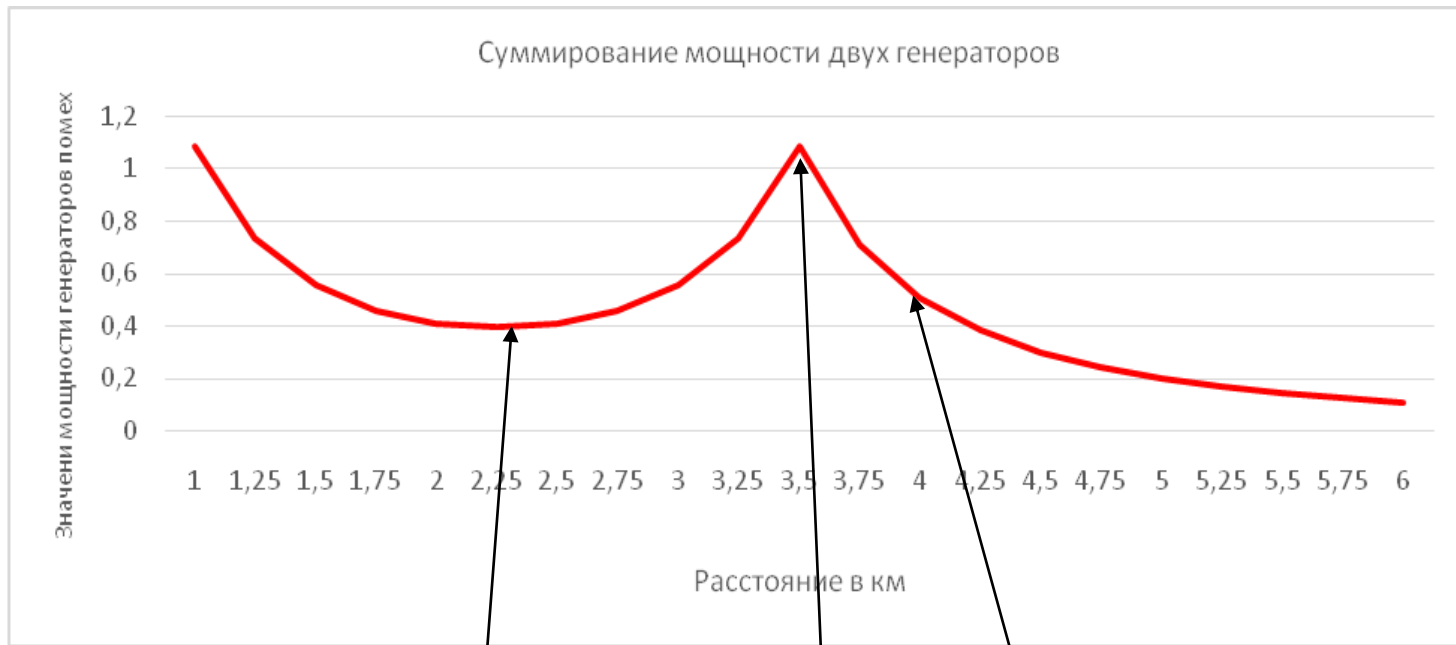


Рис. 5 Зависимость мощности двух генераторов помех от расстояния синия линия - генератор помех расположен непосредственно на объекте охраны, зеленая линия - на удалении 3,5 км, красная линия - сумма полей двух генераторов.



Зона отсутствия  
синхронизации  
сигналов связи и  
навигации БВС

Максимальный  
уровень мешающего  
сигнала

Граница уверенного  
подавления сигналов  
связи и навигации БВС

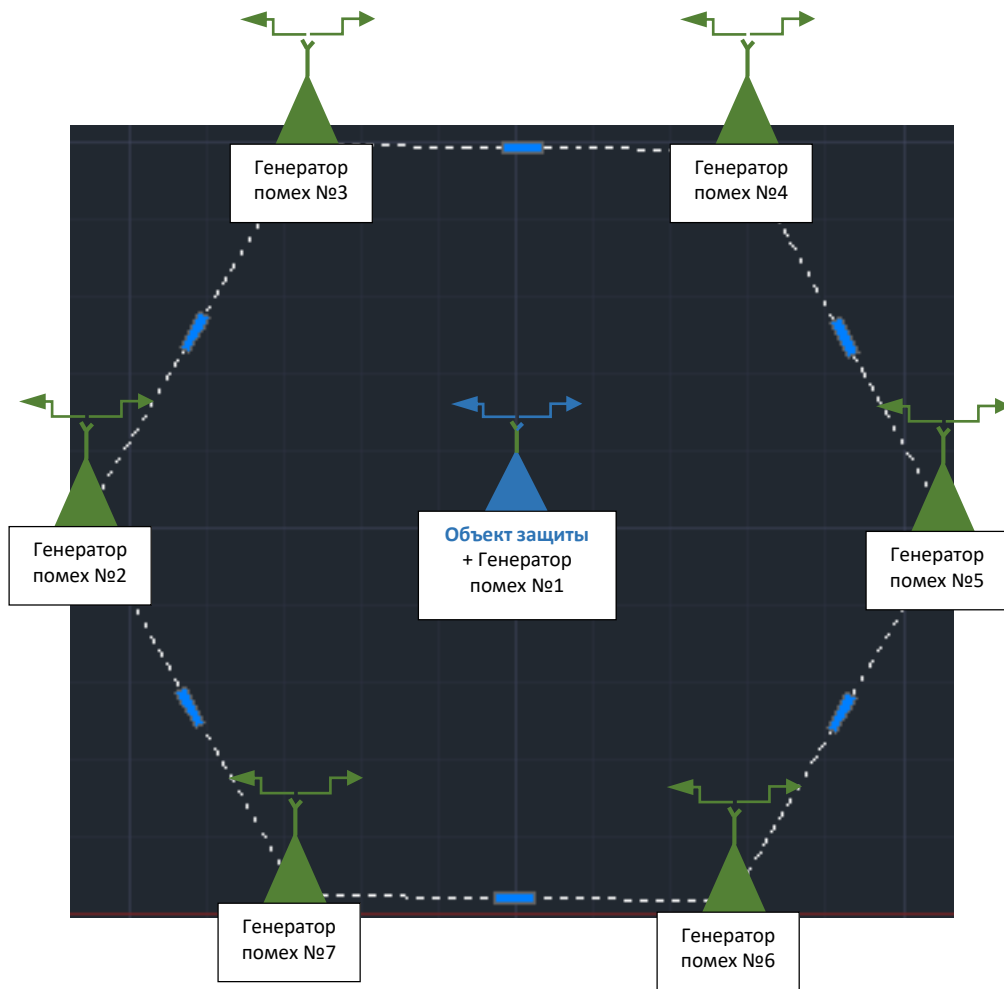


Рис. 7 Оптимальная схема размещения генераторов РЭБ вокруг охраняемого объекта

*Примечание. Разумеется это идеализация, и не всегда возможно такое равномерное размещение генераторов РЭБ вокруг охраняемого объекта, аналогично на рис. 6-5 не учитывается отражение радиосигнала от подстилающей поверхности, высокостоящих зданий, суперпозиция всех работающих генераторов (поскольку вклад удаленных генераторов в общую суперпозицию значительно меньше. Данные рисунки демонстрируют только общий подход к решению проблемы создания максимально удаленного и равномерного поля радиопомех БВС.*



Рис. 8 БВС самолетной схемы «Switchblade 300»

Наибольшие проблемы при подавлении БВС создают дроны с самолетной аэродинамической схемой, (см.рис. 8).

При подлете к цели атаки такой БВС переходит в пологое пикирование, поэтому подавление управления не прервет атаки, а только снизит точность попадания боеприпаса

## **Выводы:**

1. Малые и легкие БВС создают значительные трудности для противодействия им.
2. Наиболее значимым способом борьбы с данными БВС (по критерию стоимость/эффективность) является РЭБ.
3. Для повышения вероятности успешного противодействия БВС необходимо использовать все виды помех.
4. Для эффективного подавления БВС мощность генераторов помех для каждого канала подавления не должна быть меньше 100 Вт.
5. Быстрый спад амплитуды напряженности поля от расстояния, делает увеличение мощности передатчика помех не рациональным способом решения проблемы подавление БВС.
6. Необходимо монгорубежная защита охраняемого объекта, (не менее двух рубежей).
7. Средства РЭБ должны иметь модульную унифицированную конструкцию позволяющие оперативно наращивать каналы подавления.
8. Устройства борьбы с БВС должны быть комплексными, как минимум должна быть радиотехническая станция обнаружения БВС и генераторы РЭБ, (в том числе способные оперативно изменить рабочую частоту подавления)



В заключении хотелось бы отметить, что передачи данных с БВС постоянно совершенствуются, используются более современные стандарты и протоколы передачи, нетрадиционные и более высокочастотные диапазоны связи.

Так в проекте Института электроники и связи Украинской академии наук по созданию системы передачи данных на базе высотного БВС предполагается использовать OFDM-модуляцию стандарта DVB-S в диапазоне частот 11,7–12,5 ГГц.

Американская компания Aeronix предлагает модемные решения для двусторонней связи с БВС в стандарте IEEE 802.16-2004 (режим WirelessMAN\_OFDM) в диапазонах 5,725–5,825 и 4,5–4,8 ГГц, а в Перспективном плане развития беспилотных авиационных систем США планируется использовать в качестве радиолиний связи с БВС, например, в частотном диапазоне 225–400 МГц [3].

В StarLink предполагается использовать Ku диапазон (10.7-12.7 и 14-14.5 ГГц) и Ka диапазон (17.8-19.3 и 27.5-30.0 ГГц). Ku диапазон используется для передачи сигнала от ИСЗ на абонентский терминал. Ka диапазон (18/30 ГГц) для передачи информации от наземного телепорта (гейтвея) на ИСЗ.

Поэтому средства РЭБ должны иметь модульную унифицированную конструкцию позволяющие оперативно наращивать каналы подавления, путем добавления новых модулей к уже имеющимся на объекте. Только так можно оперативно обеспечивать нейтрализацию вновь появляющихся угроз.

## **Список использованных источников**

1. Макаренко С. И. "Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам".//Системы управления, связи и безопасности №2. 2020.
2. Нгуен В. Х., Фан .Н З., Фам Х. Х. "Эффективность воздействий помех системе глобальной навигации GPS"// Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #2(71), 2020.
3. Слюсар В., Радиолинии связи с БВС Примеры реализации// ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 5/2010.
4. [https://vk.com/wall-82220566\\_24930](https://vk.com/wall-82220566_24930).

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский центр «Охрана»  
Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации**

# **Меры электронного противодействия БВС, выбор оптимальной схемы размещения генераторов помех**



**Доклад  
Научного сотрудника  
ФКУ «НИЦ «Охрана» Росгвардии  
Михайлова Алексея Алексеевича**

## **Требования к техническим средств комплекса противодействия БВС**

- Радиомониторинг радиосредств БВС
- Радиопеленгация БВС
- Обнаружение с помощью РЛС
- Комплексы оптико-электронного наблюдения
- Системы шумопеленгации
- Системы подавления глобальных навигационных систем
- Системы подавления каналов связи и управления БВС

## **Требования к составу комплекса противодействия БВС**

- Комплекс РТР
- РЛС
- Камеры видеонаблюдение в оптическом, инфракрасном, УФ диапазонах
- Тепловизионный комплекс
- Системы контроля акустической составляющей, возникающей при работе БВС
- Генераторы помех глобальных навигационных систем (генераторы на фиксированные частоты)
- Генераторы помех, выявленных РТР каналов связи и управления (генераторы с возможностью перестройки частоты)

## **В настоящее время требования к техническим характеристикам комплексов и средствам противодействия БВС не существует**

**В связи с этим они не включены в список технических средств безопасности удовлетворяющих «Единым требованиям к системам.... для применения в подразделениях вневедомственной охраны войск национальной гвардии Российской Федерации»**

**В связи с этим выбор технических средств в состав комплекса специальных технических средств противодействия БВС необходимо производить на конкурсной основе с проведением испытаний на подтверждения заявленных производителем технических характеристик**

*Примечание. Стандарты на данные комплексы находятся в стадии разработки в профильных Технических комитетах (ТК)*