

Назарова Мария Сергеевна, к.п.н., доцент,
ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. гл. маршала авиации А. А. Новикова,
Санкт-Петербург
Nazarova Maria Sergeevna,
Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov St. Petersburg State University

Захаров Алексей Евгеньевич, к.т.н., доцент,
ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. гл. маршала авиации А. А. Новикова,
Санкт-Петербург
Zakharov Alexey Evgenievich.
Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov St. Petersburg State University

Недеров Владимир Михайлович,
ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. гл. маршала авиации А. А. Новикова,
Санкт-Петербург
Nederov Vladimir Mikhailovich,
Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov St. Petersburg State University

**ОСОБЕННОСТИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РАДИОУПРАВЛЯЕМЫМ
МИНАМ И ВЗРЫВНЫМ УСТРОЙСТВАМ
FEATURES OF COUNTERING RADIO CONTROLLED
MINES AND EXPLOSIVE DEVICES**

Аннотация: Представлены традиционные способы взрывозащиты и новые конструктивные решения по снижению воздействия поражающих факторов взрыва, а также основные сведения о средствах экстремальной робототехники, блокирования радиоуправляемых взрывных устройств и их обезвреживания

Abstract: The traditional methods of explosion protection and new design solutions to reduce the impact of the damaging factors of the explosion, as well as basic information about the means of extreme robotics, blocking radio-controlled explosive devices and their neutralization are examined.

Ключевые слова: взрывопоглощение, взрывоподавление, эластичный контейнер, фугасные последствия взрыва, физические характеристики взрывной волны.

Keywords: explosion absorption, explosion suppression, elastic container, high-explosive effects of explosion, physical characteristics of the blast wave.

Отдельно стоит вопрос о вредном воздействии на биологические объекты, и прежде всего на человека, электромагнитного излучения широкополосных генераторов помех, имеющих высокий уровень мощности сигнала, подводимого к антенне. В России в целом и в Москве, в частности, Госсанэпиднадзором РФ установлены очень жесткие предельные нормы напряженности электромагнитного поля, создаваемого электрическими приборами независимо от их назначения. И это должно в обязательном порядке учитываться как при создании генераторов помех, так и при их эксплуатации.

Основываясь на анализе возможных схем построения и применения РВ, рабочих частот их функционирования, с учетом ограничений, связанных с безопасностью эксплуатации, в России разработано и серийно производится семейство блокираторов РВ серии «Персей». В основу работы этих приборов заложены следующие принципы (в порядке их значимости):

- должны быть исключены случаи провоцирования подрыва электронных взрывателей, в том числе и РВ, при размещении блокиратора РВ в непосредственной близости от ВУ;



- уровень электромагнитного воздействия на биологические объекты не должен превышать соответствующие нормы, установленные Госсанэпиднадзором РФ для электрооборудования;
- необходимо обеспечить максимально возможный радиус блокирования РВ, в том числе и с высоким уровнем помехозащищенности;
- следует убедиться в отсутствии повреждений близкорасположенного электрооборудования различного назначения.

Для реализации этих принципов в блокираторах РВ, в первую очередь серии «Персей», диапазоны излучения помехи значительно сужены и привязаны к вероятным диапазонам функционирования РВ. В каждом из блокираторов РВ серии «Персей» излучение создается двумя или более независимыми генераторами помех – каналами, размещенными в одном корпусе, с собственными антенно-фидерными устройствами.

Каждый канал обеспечивает формирование в пределах собственного диапазона частот излучение сканирующей (свипирующей) помехи с изменяющимися по определенным законам значениями амплитуды сигнала, его формы, длительности импульсов и скорости свипирования. Теоретические и экспериментальные исследования комплекса этих параметров с учетом особенностей функционирования приемно-исполнительных приборов РВ позволили найти оптимальное решение, обеспечившее минимизацию уровня мощности сигнала, подводимого к антенне, при одновременном значительном увеличении дальности блокирования приемно-исполнительных приборов РВ.

Кроме того, положительный эффект дало размещение антенн по определенной схеме друг относительно друга в зонах сильного взаимного электромагнитного влияния. Одновременная работа фактически нескольких генераторов помех с близкорасположенными антеннами за счет различных нелинейных эффектов, обусловленных электромагнитными связями между нелинейными элементами выходных каскадов генераторов, обеспечивает формирование интермодуляционного излучения и воздействие интермодуляционной помехи на приемно-исполнительный прибор РВ. При этом образуются составляющие различных гармоник излучения взаимодействующих генераторов, расширяются основные диапазоны частот излучения без снижения мощности сигнала в них. Кроме того, интермодуляционная помеха вследствие нелинейности усилительных приборов первого каскада усиления приемно-исполнительного прибора РВ делает возможным образование составляющих различных гармоник и в полосе приема, что позволяет расширить радиус зоны блокирования РВ, в том числе и помехозащищенных, на 15–20 % при прочих равных условиях (экспериментальные данные).

Как известно, для обеспечения максимальной эффективности функционирования антенного комплекса значения верхней и нижней границ диапазона излучения для каждого канала должны отличаться не более чем в 2–2,5 раза. Попытка обеспечить излучение нескольких генераторов помех с помощью одного антенно-фидерного устройства или уменьшить количество генераторов при одновременном расширении диапазона излучения оставшихся генераторов приводит к резкому снижению эффективности функционирования комплекса. Не способствуют повышению эффективности работы комплекса генераторов помех и дополнительные разъемы для возможности демонтажа антенн, поскольку в этом случае значительно ухудшается КСВ (коэффициент стоячей волны) антенно-фидерного устройства, являющийся своеобразным коэффициентом полезного действия этой части комплекса.

Как показал опыт создания блокираторов РВ серии «Персей», оптимальным является использование унифицированных каналов – модулей генераторов помех со следующими диапазонами излучения, гарантированно перекрывающими рабочие диапазоны функционирования РВ:

- 20–40 МГц;
- 40–80 МГц;
- 110–260 МГц;



- 260–700 МГц.

Оптимальное значение интегральной мощности сигнала, подводимого к антенне, с учетом рассмотренных требований в каждом канале не должно превышать 2,9–3,0 Вт. Из этих модулей komponуются конкретные варианты блокираторов РВ:

- с двумя модулями

«Персей-2М» (20–40 МГц и 110–260 МГц); «Персей-2М+» (40–80 МГц и 260–700 МГц); «Персей-2С» (аналогично изделию «Персей-2М»); «Персей-2С+» (аналогично изделию «Персей-2М+»);

- с тремя модулями

«Персей -3С» (20–40 МГц, 110–260 МГц и 260–700 МГц);

- с четырьмя модулями

«Персей-4Т» (20–40 МГц, 40–80 МГц, 110–260 МГц, 260–700 МГц).

За счет формирования интермодуляционной помехи ее диапазон значительно шире названных и простирается от 10 МГц до 2 ГГц. В частности, блокиратор РВ «Персей-2М» за счет указанного эффекта имеет значительный уровень помехи и в диапазоне 300–330 МГц. В диапазоне выше 800 МГц уровень помехи минимально возможный, что обеспечивает минимальную вероятность провоцирования подрыва близкорасположенных электронных взрывателей и вывода из строя электрооборудования. Кроме того, обеспечивается возможность создания коммуникативного окна для пользования сотовой связью стандартов 850, 900 и 1800 МГц.

Изделие «Персей-2М+» является дополнительным к изделию «Персей-2М» и должно использоваться *только* совместно с базовым, если неизвестна рабочая частота РВ. Характерная особенность изделий «Персей-2М» и «Персей-2М+» – наличие двух телескопических штыревых антенн, обеспечивающих, с одной стороны, автоматически формирование круговой диаграммы направленности излучения, с другой – демаскирование изделия как блокиратора РВ (рис. 1).

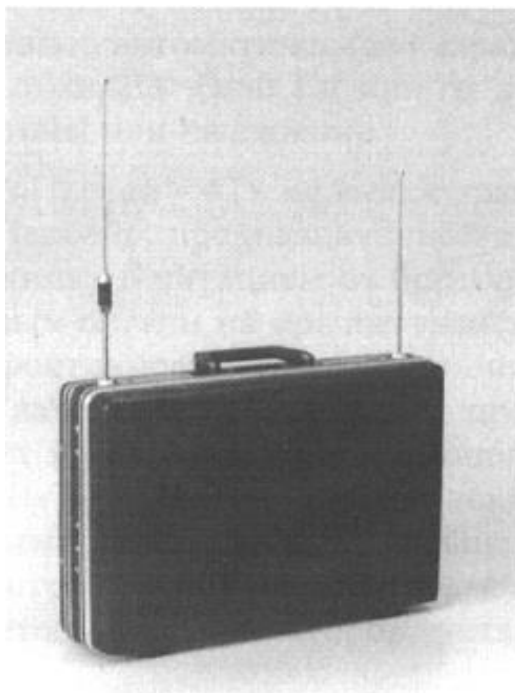


Рис. 1. Внешний вид изделий «Персей-2М» и «Персей-2М+»





Рис. 2. Внешний вид изделий «Персей-2С» и «Персей-3С»

Характерной особенностью изделий «Персей-2С», «Персей-2С+» и «Персей-3С» является скрытное размещение антенн ленточного типа в утолщенном атташе-кейсе типа «Пилот» фирмы «Самсонайт» (рис. 2).

Изделия «Персей-2С» и «Персей-2С+» являются аналогами соответственно изделий «Персей-2М» и «Персей-2М+» (по диапазонам излучения) при примерном равенстве зон блокирования РВ практически в круговой зоне. «Персей-3С» – своеобразная комбинация изделий «Персей-2С» и «Персей-2С+» (без канала 40–80 МГц). Естественно, что эти изделия являются более сложными по сравнению с блокираторами РВ со штыревыми антеннами, что нашло отражение в их стоимости.

Все рассмотренные варианты блокираторов РВ имеют встроенный источник питания в виде аккумулятора 12 В емкостью 7 А·ч, зарядка которого осуществляется с помощью автоматического зарядного устройства от однофазной сети переменного тока 220 В/50 Гц или от автомобильного аккумулятора при движении автомашины или на стоянке [1, 5].

Блокиратор РВ «Персей-4Т» является транспортной версией семейства блокираторов серии «Персей», предназначенной для установки на автомашины или бронетанковую технику с питанием от бортовой сети (рис. 3). За счет установки на крыше транспортного средства четырех штыревых антенн значительно увеличивается эффективность их функционирования, поскольку корпус средства выступает в качестве естественного противовеса для антенн. Это позволяет при том же уровне мощности сигнала, подводимого к антенне (не более 2,95 Вт), увеличить радиус блокирования РВ на 30–50 % по сравнению с переносными вариантами. Небольшая мощность сигнала обуславливает и небольшую потребляемую мощность, чем объясняется отсутствие в цепи питания дополнительных генераторов, устанавливаемых на двигатель в зарубежных аналогах.

Все модели блокираторов РВ серии «Персей» могут выступать как стационарные при использовании специального сетевого источника питания.

Конструктивное исполнение блокираторов РВ серии «Персей» определяет и преимущественные области их использования:

- изделия «Персей-2С», «Персей-2С+» и «Персей-3С» – для пешего сопровождения VIP в условиях возможного осуществления против нее террористического акта с использованием ВУ с РВ (причем изделие «Персей-2С+» должно использоваться *только* как дополнительное к изделию «Персей – 2С»);



- изделия «Персей-2М» и «Персей-2М+» – для обеспечения безопасности специалистов саперных (взрывотехнических) подразделений при поиске и обезвреживании ВУ при возможном наличии РВ в его составе;
- изделие «Персей-4Т» – для обеспечения безопасности транспортного средства (автомобиля) в условиях возможного применения против него ВУ с РВ.



Рис. 3. Внешний вид изделия «Персей-4Т»

Если речь идет о постоянном сопровождении VIP, то для оптимального решения задачи ее защиты необходимо последовательное использование изделий «Персей-3С» (моменты входа-выхода из дома или резиденции, участия в мероприятиях типа конференции, съезда) и «Персей-4Т» (передвижение на транспортном средстве).

Экспериментальные исследования и натурные испытания показали, что блокираторы РВ серии «Персей» не провоцируют подрыв электронных взрывателей при размещении в непосредственной близости друг от друга, за исключением простейших непохозащищенных РВ, срабатывание которых от создаваемой помехи возможно на расстоянии до 150–200 м. В связи с этим при эксплуатации блокираторов РВ их включение рекомендуется осуществлять в зоне, защищенной от воздействия поражающих факторов взрыва ВУ с непохозащищенными РВ с учетом мест их возможной установки [2,3].

Уровень воздействия создаваемого блокираторами РВ серии «Персей» электромагнитного поля на биологические объекты не превосходит соответствующих норм, установленных Госсанэпиднадзором РФ для электрооборудования и действующих на всей территории РФ, что подтверждено гигиеническим сертификатом Госсанэпиднадзора РФ.

Воздействие излучения блокираторов РВ серии «Персей» не вызывает повреждения близкорасположенного электрооборудования различного назначения.

Эффективность блокирования РВ подтверждена результатами натурных испытаний с использованием различных типов РВ, в том числе и наиболее помехозащищенных из числа известных на сегодняшний день. В соответствии с протоколами испытания дальность блокирования РВ составляет не менее 27 м для изделия «Персей-3С» и не менее 37 м – для изделия «Персей-4Т» при работе с наиболее помехозащищенными РВ, подача радиосигналов управления на приемно-исполнительные приборы которых осуществлялась с расстояния 100 м (табл. 1). При увеличении дальности передачи радиосигналов управления дальность блокирования РВ также возрастает, причем по нелинейной зависимости [2, 4].



Таблица 1

Сводная таблица результатов испытаний блокираторов РВ серии «Персей»

Тип РВ	Рабочая частота, МГц	Мощность передатчика, Вт	Вид модуляции	Минимальная дальность подавления РВ, м («модель блокиратора РВ»)
1. На основе автомобильной охранной сигнализации «Сова» (Россия)	26,94	2	ЧТ (FI)	27 – («3С») 56 – («2М») 56 – («4Т»)
2. Мелкосерийного промышленного производства на основе радиоуправляемых моделей (Япония). Широко применялся оппозицией в Афганистане в 1983–1988 гг.	26,99	5	АТ (A1)	42 – («3С») 42 – («2М») 45 – («4Т»)
3. Промышленного производства модель RS-284 разработки Кембриджского университета (Великобритания)	156,0	3	ЧМ (F3)	27 – («3С») 37 – («2М») 37 – («4Т»)
4. Автомобильные охранные сигнализации SILICON, SUN-1 (возможные аналоги РВ)	300– 306	0.1	ЧТ (FI)	70 – («3С») 13 – («2М2») 75 – («2М+») 80 – («4Т»)

Примечания:

1. РВ считался подавленным, если при подаче не менее 22 радиосигналов управления он не сработал.

2. Расстояние между приемно-исполнительным и командно-передающим приборами РВ составляло 100 м.

3. Антенны приемно-исполнительного и командно-передающего приборов РВ располагались таким образом, чтобы обеспечить наиболее благоприятные для передачи и приема радиосигналов управления.

4. Вид модуляции (тип передачи) сигнала: ЧТ (FI) – частотная телеграфия; АТ (A1) – амплитудная телеграфия; ЧМ (F3) – частотная модуляция.

Значительное увеличение приведенных радиусов блокирования РВ (например, за счет увеличения мощности сигнала, подводимого к антенне) проблематично по целому ряду причин. При таком увеличении мощности сигнала в пространстве происходит повышение напряженности поля в ближней зоне за счет нелинейного характера изменения напряженности электромагнитного поля. Это, с одной стороны, повышает опасность провоцирования подрыва электронных взрывателей и вывода из строя электрооборудования, с другой – приводит к возрастанию отрицательного влияния излучения на биологические объекты, и в первую очередь на оператора и сопровождаемую VIP. При этом на дальней границе зоны блокирования РВ, расширение которой и являлось целью увеличения мощности излучения, напряженность создаваемого электромагнитного поля увеличивается в значительно меньшей степени с соответствующим незначительным увеличением радиуса блокирования.



В частности, при увеличении мощности сигнала, подводимого к антенне, в 2 раза (до 6 Вт) радиус блокирования РВ возрастает не более чем на 5–7 %; в 4 раза (до 12 Вт) – не более чем на 8–10 %. При этом в десятки и даже сотни раз возрастают опасность провоцирования подрыва РВ, появления последствий облучения биологических объектов и вывода из строя электрооборудования. Таким образом, путь увеличения дальности блокирования РВ за счет увеличения мощности излучаемого сигнала является тупиковым.

Для значительного расширения зоны блокирования РВ оптимальным является одновременное использование нескольких блокираторов РВ, разнесенных в пространстве на расстояние 50–70 м друг от друга. При этом, кроме соответствующего числа блокираторов кратного увеличения площади зоны блокирования РВ, образуются дополнительные зоны блокирования на стыках круговых зон за счет суперпозиции в пространстве электромагнитных полей, создаваемых единичными блокираторами, с низким уровнем напряженности.

Таким образом, наиболее эффективным способом борьбы с РВ является блокирование работы их приемно-исполнительных приборов путем воздействия на них специальных радиосигналов. Одними из наиболее совершенных приборов, реализующих этот способ, являются блокираторы РВ серии «Персей».

В последнее время неоднократно предпринимались попытки создания системы противодействия радиоуправляемым взрывным устройствам (СПРВУ), применяемым террористами. Наиболее эффективным и перспективным, превосходящим по основным техническим параметрам известные аналоги, является вариант СПРВУ, разработанный учеными Военно-инженерного университета Министерства обороны РФ и предназначенный для индивидуальной защиты транспортного средства.

Практика показывает, что радиоуправляемые взрывные устройства (РВУ) часто закладываются в дорожное полотно, в конструкции мостов, путепроводов, тоннелей. И когда в зоне поражения появляется интересующий террористов объект, в эфир выдается команда на взрыв. В качестве примера можно привести покушение на генерала А. Романова. Радиовзрыватель сработал, когда машина с командующим проезжала под мостом, на котором был установлен заряд взрывчатых веществ.

Используя существующие штатные узкополосные передатчики помех, не всегда удастся противостоять подобным преступным акциям. Эти системы рассчитаны на подавление широко распространенных радиопомех промышленного производства, характеристики которых уже известны. Между тем террористы предпочитают применять самодельные РВУ, командно-передающие приборы (КПП) которых могут быть настроены на любую частоту в диапазоне от 10 до 1000 МГц и выше. Известны, например, факты создания подобных устройств, предназначенных для совершения террористических актов и работали на частотах 16, 27, 150 и 300 МГц. Причем их исполнительные приборы (ИП) были даже снабжены реле безопасности.

Ясно, что при таком разнообразии характеристик приборов, используемых преступниками, узкополосные генераторы помех практически бесполезны. Поэтому для предотвращения террористического акта необходима система, надежно перекрывающая весь диапазон частот, доступный для нестандартных радиопомех управления. Эту задачу способен выполнить широкополосный передатчик, излучающий шумовые помехи.

При создании широкополосного передатчика радиопомех, предназначенного для прикрытия транспортного средства, следует учесть некоторые особенности его эксплуатации. В общем случае мощность генерируемых шумовых помех неравномерно распределяется между спектральными составляющими. Необходимо, чтобы напряженность поля помехи была сильнее заглушаемого сигнала на 15–20 дБ в полосе пропускания приемника РВУ и на 30–40 дБ – вне ее, но в том же диапазоне частот.



Задача облегчается тем, что в момент прохождения команды на взрыв потенциальная жертва обычно находится значительно ближе к зоне поражения, чем выбравший для себя более безопасное место террорист. Соответственно, и находящийся в руках террориста КПП оказывается дальше от ИП РВУ, чем антенна заградительного передатчика, установленного на проезжающем по опасному участку автомобиле. Это обстоятельство позволяет сократить энергозатраты на создание широкополосной помехи до значений, при которых вся система радиозащиты способна нормально функционировать, подключившись к бортовой сети машины.

Для того чтобы определить уровень, до которого без ущерба для эффективности системы можно снизить напряженность поля помехи, надо знать, какое расстояние преодолевает подавляемый сигнал на пути от КПП до ИП РВУ. При расчетах принимается во внимание тот факт, что террорист, оператор радиолинии управления, не хочет погибать от собственной бомбы. Он обязательно окажется в зоне, недостижимой для поражающих факторов взрыва – ударной волны, осколков взрывного устройства и обломков транспортного средства.

Террористы редко используют против транспортных средств заряды массой более килограмма. Значит, на открытой местности человек может чувствовать себя в безопасности на расстоянии в несколько сотен метров от центра взрыва. А если он спрячется за углом каменного здания, толстым деревом или другим укрытием, обеспечивающим надежную защиту от осколков, то может остаться невредимым, находясь в 50–100 м от сработавшего РВУ. И можно утверждать, что террорист со своим КПП не рискнет сократить это расстояние.

Таким образом, минимально возможная протяженность радиолинии команды управления – 50–100 м. Далее все зависит от того, сумеет ли антенна генератора помех надежно перекрыть в эфире дорогу пусковому сигналу. В первую очередь нужно учитывать существенное влияние металлического корпуса транспортного средства на электрические параметры антенны. Посланная ею электромагнитная волна возбуждает в обшивке машины токи, которые становятся источником вторичного излучения. Суммарное излученное поле будет являться результатом интерференции первичного и вторичного полей. В итоге возможны искажения первоначальной диаграммы направленности, зависящие от длины волны, размеров и конфигурации транспортного средства, а также от места размещения на нем антенны. Особенно часто такие искажения возникают в результате экранирующего действия корпуса машины. Иногда интерференция приводит к тому, что диаграмма направленности антенны приобретает изрезанную, лепестковую форму. Для передатчика радиопомех это неприемлемо, так как команда на взрыв может пройти между «лепестками». Отсюда следует, что антенна должна иметь круговую направленность.

Конструкция антенны передатчика радиопомех должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать сильные удары, не резонировать и не изменять электрические параметры при вибрации. В целях увеличения напряженности поля помех целесообразно превратить в антенну само транспортное средство. В этом случае его корпус вместе с элементами возбуждения образуют единую излучающую систему.

В наибольшей степени предъявляемым требованиям соответствует многожильная широкополосная шлейфовая антенна. Некоторые из восьми ее изолированных жил используются для передачи сигналов с генераторов шума. Остальные нагружены на нелинейные элементы – полупроводниковые диоды. Эксперименты показали, что спектр излучаемых частот существенно расширяется, если выбирать диоды с как можно более нелинейной вольт-амперной характеристикой. В результате возможные команды управления РВУ блокируются на частотах 5–40 и 100–1000 МГц в радиусе 15–20 м от СПРВУ. Система



также способна оперативно реагировать на появление новых РВУ путем подключения к свободным жилам антенны прицельных передатчиков помех на наиболее опасных участках диапазона.

По ряду параметров новая СПРВУ превосходит существующие аналоги. В частности, при размещении шлейфовой антенны под днищем транспортного средства надежно срываюся попытки уничтожить его с помощью радиоуправляемых магнитных прилипающих мин. А если антенну расположить в верхней части машины, то над ней создается зона зашумления радиусом 15–20 м, нарушающая работу приборов РВУ, установленных над дорогой в тоннелях и на транспортных развязках. Думается, что столь универсальная и надежная СПРВУ займет достойное место в ряду технических средств, предназначенных для предотвращения террористических актов.

Имеются и другие разработки аналогичного назначения. Так, в ГУ «НПО Спецтехника и связь» МВД России создан, применяется в зоне боевых действий и положительно зарекомендовал себя носимый постановщик радиопомех типа «ИС-АРБАЛЕТ».

Список литературы:

1. Гельфанд Б. Е., Сильников М. В. Фугасные эффекты взрывов. СПб.: Полигон, 2002. 272 с.
2. Гельфанд Б. Е., Сильников М. В. Химические и физические взрывы. Параметры и контроль. СПб.: Полигон, 2003. 416 с.
3. Обнаружение, обезвреживание и уничтожение взрывоопасных предметов / Под ред. А. А. Иркиенко. М.: Управление боевой подготовки ГО СССР, 1989. 361 с.
4. Рекомендации по гуманитарному разминированию в международных программах, проектах и операциях / Бражников Ю. В., Кудинов С. И., Васильев В. А. и др.. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. 450 с.
5. Северов Н. В. Применение робототехники в чрезвычайных ситуациях: теория и практика. Новогорск, 2003. 241 с.

