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

Организация полигонных испытаний комплексов радиотехнической разведки и радиоэлектронного противодействия

Доклад
Михайлова Алексея Алексеевича
научного сотрудника
ФКУ "НИЦ "Охрана" Росгвардии

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Организация полигонных испытаний имеет огромное значение для получение объективных характеристик систем РТР и РЭП.
Обычно поставщик считает, что он на 100% выполнил требования ТЗ, а заказчик – что комплекс и близко не приблизился к заявленным характеристикам.
В основе полигонных испытаний лежат несколько ключевых моментов: выбор полигонной базы для испытаний, методика проведения испытаний и материальная база (оборудование, приборы, БПЛА и другие материальные элементы необходимые для проведения испытаний).
Выбор полигонной базы для проведений испытаний должен обеспечивать доступность и удобство для проведения испытаний, т.е. он должен находиться как можно ближе как к производителю оборудования, так и к тем, кто будет производить такие испытания (это необходимо для проведение повторных испытаний при неоднозначности полученных результатов).

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Программа и методика испытаний (ПМИ) должна создаваться на основе технической документации производителя (ТУ, РЭ, паспорт и т.д.).
При использовании документации производителя лучше не ориентироваться на характеристики, полученные из рекламных проспектов производителя.
Вас должны насторожить такие фразы «до… значение». Показатель «до 12 км» может подразумевать 12 м. Значение должны быть в формулировки «Не менее» или «значение ± %».
Естественно, ПМИ согласуется с производителем, но он не должен определять ключевые моменты. У заказчика и производителя/поставщика разные цели.

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Если наш комплекс состоит только из РЭП и РТР, то он не сможет нас защитить от:

1) БПЛА, осуществляющие полет с использованием оптоволокна для управления;

2) БПЛА, использующие для своей навигации машинное зрение и ИИ.

3) БПЛА, использующие для своей навигации внешние маяки (работающие вышки сотовой связи, оптические, инфракрасные, радио и другие метки);

4) Если радиодиапазон управления БПЛА выходит за границы подавления РЭП. Например, частоты подавления РЭП лежит в диапазоне от 400 МГц до 6 ГГц, а современные каналы управления могут лежать в диапазоне 200 МГц или даже 27 МГц, или в диапазоне выше 10 ГГц.

5) БПЛА использующие микрогироскопы и микродатчики ускорения для осуществления автономного полета.

6) Крайне сложно обнаруживаются и подавляются БПЛА, имеющие современные каналы связи на основе: ППРЧ, шумоподобных сигналов, спутниковой связи.

7) При расположении рядом с испытываемом комплексом аналогичных средств РЭП и их работе. Работающий комплекс РЭП будет маскировать радиоканал БПЛА своими помехами.

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

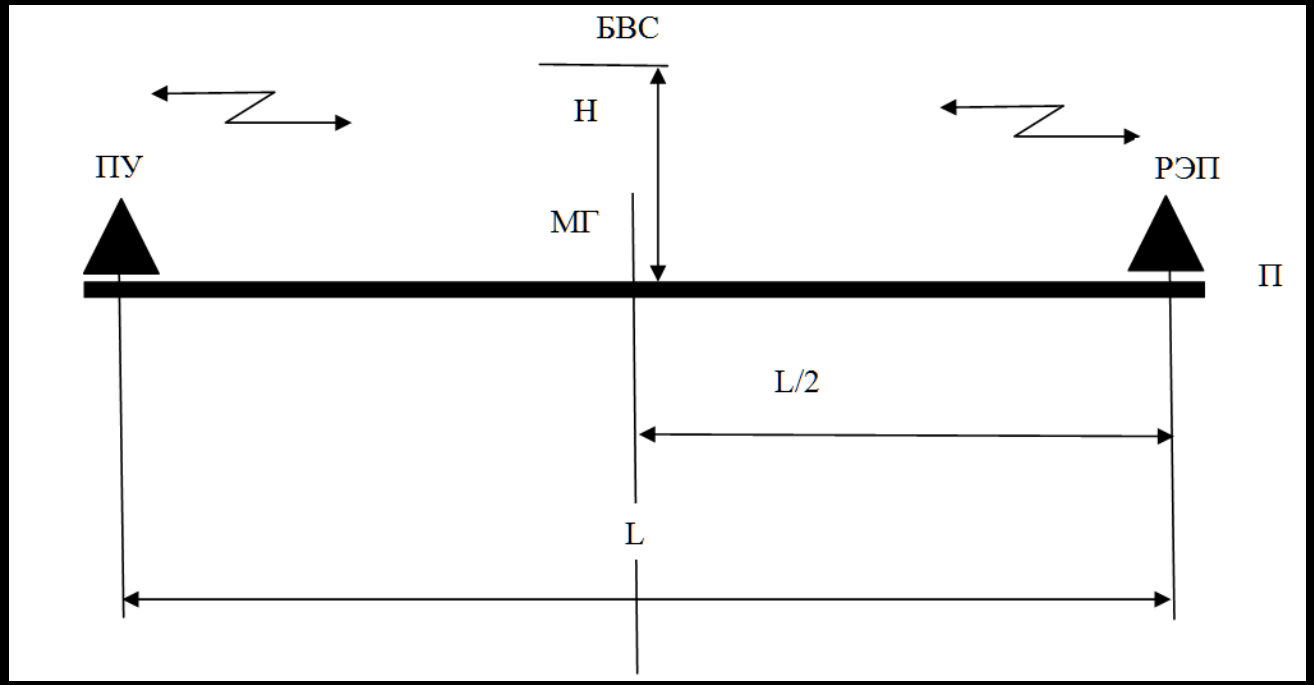
Типовые ошибки при составлении ПМИ:
1) Дальность обнаружения БПЛА в полете.
Допустим, в ТУ заявлена дальность в 12 км, и при этом не указан уровень шума на местности, который может находиться в диапазоне с 1 мкВ до 100 мкВ, а это значит, что дистанция идентификации БПЛА может уменьшиться с 12 км до 1,2 км.
Примечание. В первом приближении можно считать, что Uсигнала≈ 1/r2.
Следующая типовая характеристика комплекса РТР с РЭП — дальность подавления БПЛА.
2) Допустим, в ТУ заявлена дальность в 6 км. Сразу возникает вопрос, при какой мощности передатчика сигналов управления БПЛА получена эта дальность?
Примечание. Чаще всего мощность передатчика пульта БПЛА бывает 0,1 Вт и 1 Вт, а мощность гражданских комплексов РЭП лежит в диапазоне 50 -100 Вт.
Но если мощность передатчика БПЛА вырастит с 0,1 Вт до 1 Вт, то естественно, что дистанция подавления уменьшится.

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Типовые ошибки при составлении ПМИ:

3) Иногда в ТУ есть оговорка, дальность подавления 6 км при условии, что расстояние между пультом управления БПЛА и приемником БПЛА составляет 1/2 от дистанции подавления, см. рис.

При условии, что ширина канала управления совпадает с шириной канала подавления РЭП (т.е. вся мощность РЭП в 100 Вт излучается в диапазоне канала управления БПЛА) любой РЭП обеспечит подавления БПЛА.



Где:

П – подстилающая поверхность, полигона;

РЭП – комплекс радиоэлектронного подавления;

МГ – метка границы блокирования сигналов;

ПУ – пульт управления БПЛА;

Н – высота БПЛА над П;

L – расстояние от ПУ до РЭП.

Рисунок 1 – Условия подавления БПЛА по ТУ производителя

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Рисунок 2 – Зависимость мощности генератора помех и пульта управления от расстояния

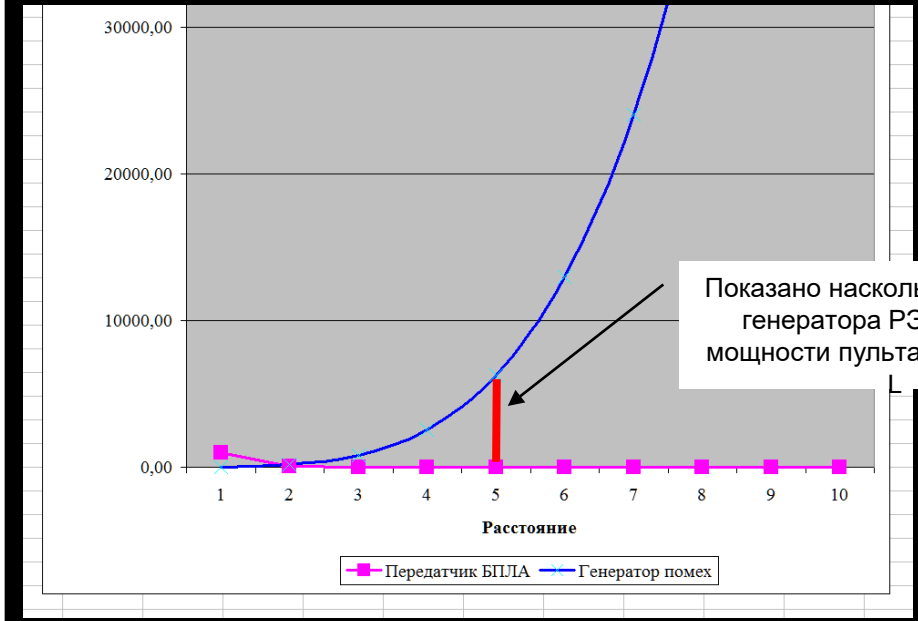


Рисунок 3 – Зависимость мощности генератора помех и пульта управления от расстояния (увеличено), мощность пульта БПЛА 1000 – мВт (1 Вт),
мощность генератора помех – 100 000 мВт (100 Вт), ширина канала подавления и управления совпадают между собой

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

У серьезных производителей расстояние между пультом управления БПЛА и БПЛА в документации указывается как 1/3 от дистанции подавления.

Все эти соображения верны, когда полосы излучения пульта БПЛА и генератора совпадают или близки друг к другу. Чтобы это обеспечить, нужен генератор с перестройкой частоты, а для перекрытия всего диапазона частот нужно 4 - 6 таких генераторов. Только РЭП с генераторами частоты, обеспечивающую её перестройку, могут считаться современными средствами борьбы с БПЛА.

В абсолютном большинстве случаев генераторы РЭП имеют фиксированный диапазон подавления. При этом 100 Вт мощности генератора равномерно распределяется по диапазону частот подавления. В этом случае надо говорить о спектральной плотности мощности подавления (Вт/Гц). Типовая ширина диапазона подавления РЭП − 500 МГц, мощность − 100 Вт. Таким образом, будем иметь спектральную плотность мощности РЭП в 0,2 мкВт/Гц.

Ширина диапазона канала управления БПЛА − 50 кГц. Мощность пульта БПЛА − 1 Вт, тогда спектральная плотность мощности пульта будет в 20 мкВт/Гц., т.е. в 100 раз больше чем у генератора РЭП, см. рис.4.

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

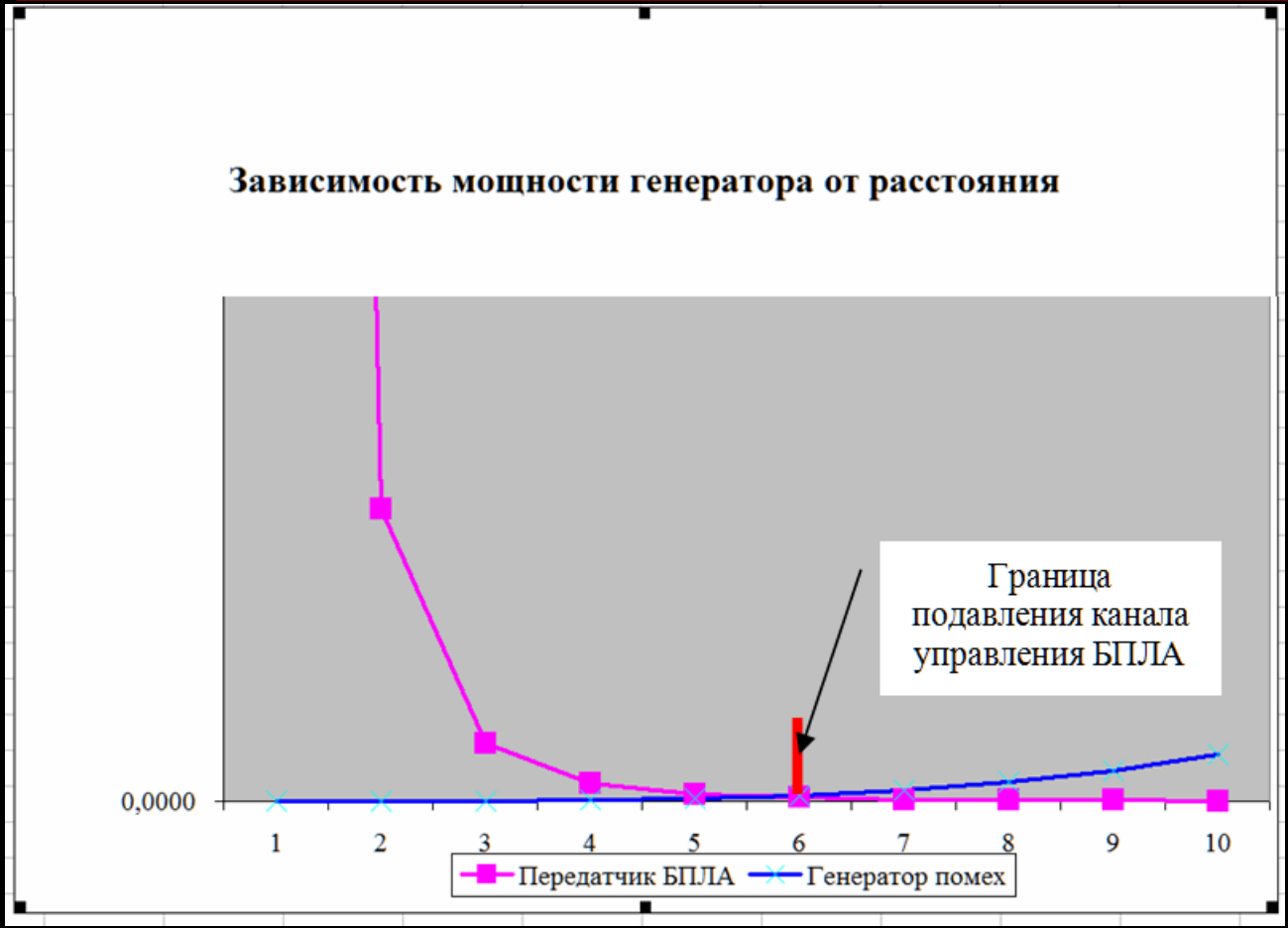


Рисунок 4 – Зависимость мощности генератора помех и пульта управления от расстояния (увеличено), мощность пульта БПЛА 1000 – мВт (1 Вт), мощность генератора помех – 100 000 мВт (100 Вт), ширина канала подавления 500 МГц, ширина канала управления БПЛА 50 кГц.

Обратите внимание, что граница подавления стала даже не 1/2 L= 0,5 L, а 0,6 L

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Рисунок 5 – Зависимость мощности генератора помех РЭП от расстояния (старт БПЛА в 250 м от забора). Точка подавления БПЛА находится на 350 м в глубине территории охраняемого объекта Естественно, если старт БПЛА будет в 10 м от забора предприятия, БПЛА ещё дальше сможет пролететь в глубь охраняемого объекта.

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Пока все наши рассуждения касались мощности передатчика и расстояния, но эти мощности излучаются через антенны, которые тоже имеют свои диаграммы направленности, см. рис.6.

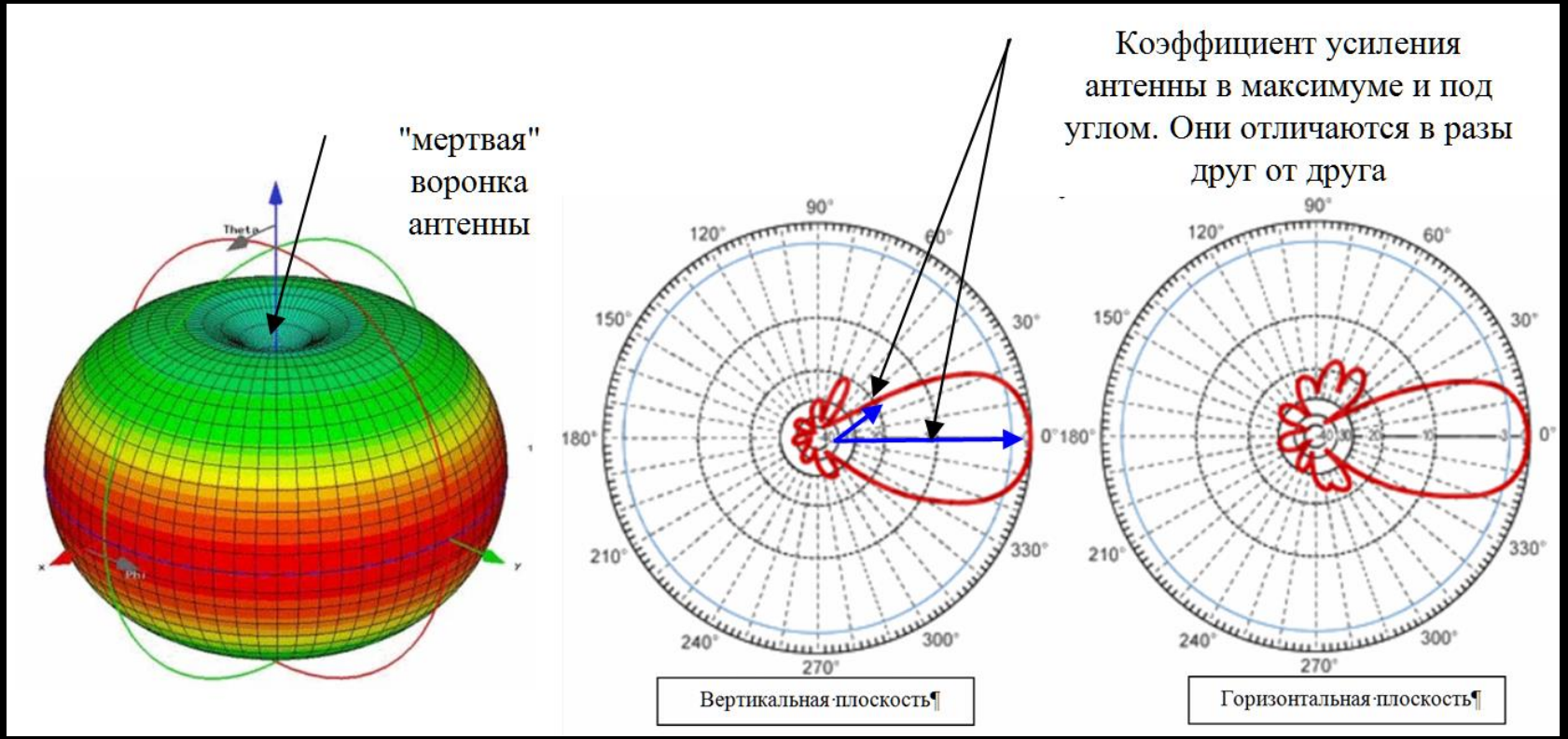


Рисунок 6 – Диаграммы направленности: штыревого вибратора (слева) , антенны типа «волновой канал» , в вертикальной плоскости (в центре), в горизонтальной плоскости (справа)

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Таким образом, наиболее тщательно надо проверять возможность пролета БПЛА на предельно малых и предельно больших высотах.

Если перед комплексом ставится задача обнаружить БПЛА, то полет должен осуществляться на минимальной высоте (порядка 30 м) и на максимально возможной высоте (вплоть до 5 тыс. м).

При проверке комплекса на способность подавлять БПЛА, минимальную высоту полета можно поднять до 100 м.

Ключевое значение для определения возможностей комплекса противодействия БПЛА имеет и набор тестовых БПЛА. В этом наборе, кроме БПЛА квадрокоптерной схемы, должен быть хоть один БВС, выполненный по самолетной аэродинамической схеме.

Тестовые БПЛА должны обязательно входить в комплект комплекса противодействия. БПЛА квадрокоптерного типа должны иметь повышенную мощность передатчика пульта управления (который должен находиться в районе 1 Вт) или необходимо использовать ретрансляторы.

Необходимо также иметь квадрокоптеры с каналами связи с повышенной стойкостью к РЭП.

Примечание. На настоящее время из общедоступных БПЛА с повышенной стойкостью к РЭП являются БПЛА типа: «Autel EVO Max 4T», «Патриот К40-ТЛ», БПЛА «DJI Mavic 3» с прошивками семейства 1001, FPV- дроны с дублированием частоты передачи видеосигнала и управления типа «Пиранья-13».

Разумеется, в дальнейшем при появлении более совершенных БПЛА следует проводить тестирование в первую очередь на них.

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

Выводы.

1) К проведению полигонных испытаний надо подходить с полной ответственностью, тщательно изучив по документации технические характеристики комплекса противодействия.

2) Необходимо определиться с моделью угроз, от которых Вас будет защищать данный комплекс.

3) ПМИ должна составляться Вами, а не производителем (хотя тесные консультации по особенностям работы комплекса с производителем приветствуются).

4) Трактовки параметров «до…» должны заменяться на «не менее…».

5) Расстояние между пультом управления БПЛА и приемником БПЛА должно составлять не более 1/3 от дистанции подавления.

6) Обращайте внимание на частоты подавления РЭП с учетом того, что нижний диапазон может сместиться до частоты 27 МГц, а верхний − до частоты в 30 ГГц. Даже, если на настоящий момент таких комплексов нет, необходимо поинтересоваться насколько сложно расширить диапазоны подавления (при этом модульный принцип построения приветствуется).

Проведении полигонных испытаний комплексов РТР и РЭП

7) Только РЭП с генераторами частоты, обеспечивающие её перестройку могут считаться современными средствами борьбы с БПЛА.
8) Необходимо понимать, что комплексы противодействия на основе РТР и РЭП в настоящее время стремительно теряют свою эффективность.
9) Включите в комплект поставки тестовые БПЛА для возможности тестирования реальных, а не заявленных возможностей комплекса противодействия.
10) Особое внимание при тестировании следует обратить на наиболее вероятные направления пролета БПЛА.
11) Необходимо понимать, что развертывания комплекса противодействия на основе РТР и РЭП это только первый шаг на пути построения защиты от БПЛА, поскольку, если его не развернуть, на объект произведут атаку простейшими БПЛА.
12) Необходимо иметь возможность интеграции в комплекс противодействия РЛС, оптико-электронные комплексы наблюдения и сопровождения БПЛА. Иметь в виду возможность использования далее дронопортов с БПЛА - перехватчиками, СВЧ- пушки, стрелковые комплексы ближнего радиуса действия, лазерное оружие и т.д.
13) Полигонные испытания по своей сути являются предварительными испытаниями, раскрывающие потенциальные возможности оборудования.
14) Полигонные испытания не могут собой заменить приемо-сдаточных испытаний, которые обязательно необходимо проводить непосредственно на охраняемом объекте. Только приемо-сдаточные испытания могут дать объективную оценку эффективности развернутой защиты объекта.