

Разработка антенн малогабаритной буксируемой ложной цели аппаратуры радиотехнической защиты высокосортных летательных аппаратов с повышенными требованиями обеспечения электродинамической развязки

В.А. Ходунов

АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

Аннотация. Актуальность. Количество существующих радиотехнических средств непрерывно растет и многие из них работают в непосредственной близости друг от друга. Это особенно относится к средствам бортовых систем, которые установлены на кораблях, самолетах и спутниках. При этом обостряются проблемы электродинамической развязки (ЭР) антенн, связанные с их взаимовлиянием друг на друга. В таком случае, для уменьшения взаимовлияния антенн с малыми исходными размерами объекта-носителя их размещения – малогабаритных буксируемых ложных целей (БЛЦ) с радиотехническим оборудованием, которое работает на приём и передачу одновременно на одной частоте в одном направлении в пространстве, необходимо применение замедляющих структур (ЗС), которые размещаются между антеннами, а также определенные конструкции и размещение антенн.

Проблематика. В радиотехническом оборудовании, которое работает в режиме ретрансляции на совпадающих на приём и передачу одновременно частотах при малых расстояниях расположения приёмных и передающих антенн, происходит появление осцилляций.

Научная новизна. Разработаны антенны и ЗС (резонансная структура) – гребенчатая конструкция поверхности корпуса малогабаритной БЛЦ с применением диэлектрических материалов в её составе, уменьшающая продольные геометрические размеры корпуса малогабаритной БЛЦ, тем самым обеспечивающая требования по ЭР приёмных и передающих антенн.

Ключевые слова: электродинамическая развязка; буксируемая ложная цель; замедляющая структура; ослабление связи.

1. Введение

Опыт применения ЛА показывает, что живучесть ЛА непременно зависит от имеющихся на их борту средств радиотехнической защиты.

Применение буксируемых ложных целей (БЛЦ) как средств радиотехнической защиты ЛА, является одним из эффективных и важных способов повышения живучести ЛА при прохождении средств защиты объектов противника.

Следуя к назначенной цели ЛА, выбрасывает на шлейфе за собой БЛЦ – устройство, которое имитирует при своей работе ЛА, таким образом, перенацеливает на себя средства поражения противника и благополучно проходит рубежи прикрытия поражаемого объекта. Обеспечение требуемой ЭР антенн радиотехнического оборудования делает возможным эффективно применять БЛЦ для радиотехнической защиты ЛА [3].

В результате разработаны антенны и структура поверхности корпуса малогабаритной БЛЦ, которая обеспечивает требуемую ЭР антенн радиотехнического оборудования для радиотехнической защиты ЛА.

В настоящей работе представлены материалы:

- 1) Разработки ЗС для обеспечения требуемой ЭР антенн малогабаритной БЛЦ в системе автоматизированного проектирования на основе теоретического расчета параметров линий передачи поверхностных волн;
- 2) Оценки работоспособности и эффективности разработанных ЗС, определения оптимальной ЗС для обеспечения, требуемой ЭР антенн малогабаритной БЛЦ.

2. Разработка замедляющих структур малогабаритной буксируемой ложной цели в системе автоматизированного проектирования и обоснование применяемых методов [1], [2]

По результатам расчета теоретических конструктивных параметров в системе автоматизированного проектирования разработаны антенны и ЗС для малогабаритной БЛЦ для улучшения ЭР между антеннами.

Чтобы получить наилучшую ЭР методом электродинамического моделирования в среде системы автоматизированного проектирования прорабатываются различные длина и количество:

- диэлектрика относительно длины волны для линии передачи поверхностной волны в виде диэлектрической пластины на металлическом основании (рисунок 1);
- гребней относительно длины волны для линии передачи поверхностной волны в виде гребенчатой плоской металлической структуры (рисунок 2);
- диэлектрика и гребней относительно длины волны для линии передачи в виде гибридной замедляющей структуры – гребенчатой плоской металлической диэлектрической структуры (рисунок 3).

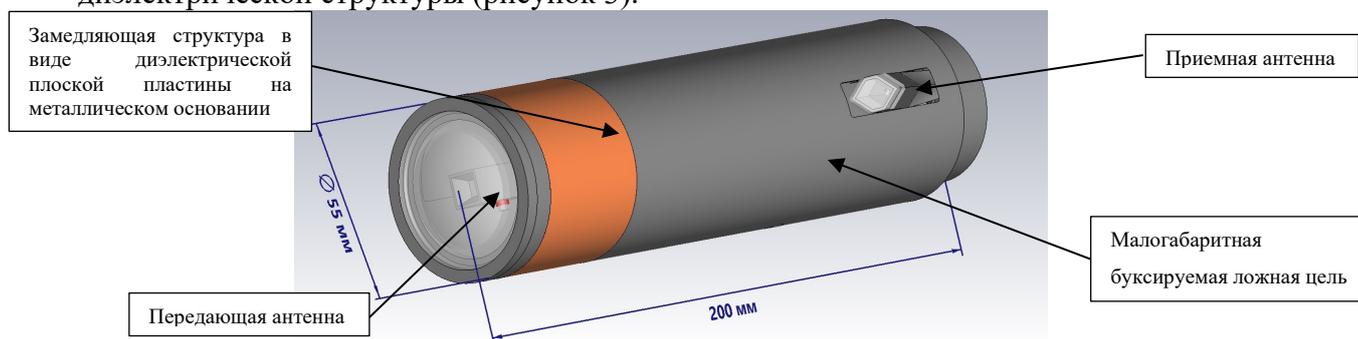


Рисунок 1. Пространственный вид малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде диэлектрической плоской пластины на металлическом основании

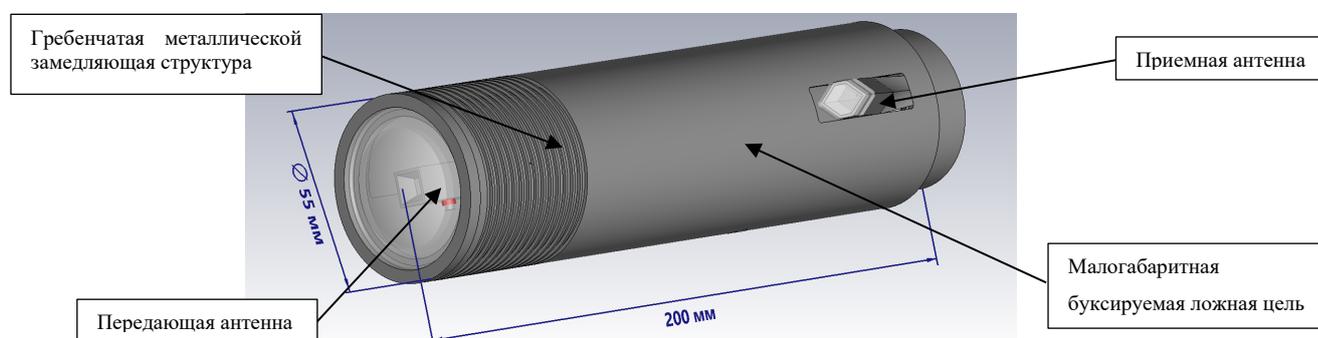


Рисунок 2. Пространственный вид малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде гребенчатой металлической

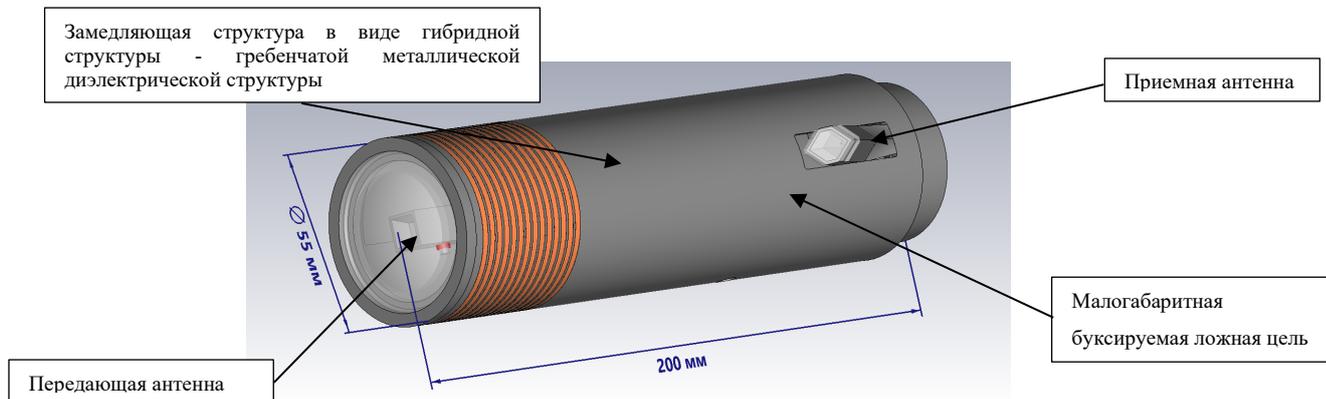


Рисунок 3. Пространственный вид малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде гибридной структуры – гребенчатой металлической диэлектрической структуры

Полученные результаты ЭР антенн малогабаритной БЛЦ с замедляющими структурами сравниваются с результатом ЭР антенн малогабаритной БЛЦ без замедляющих структур (рисунок 4).

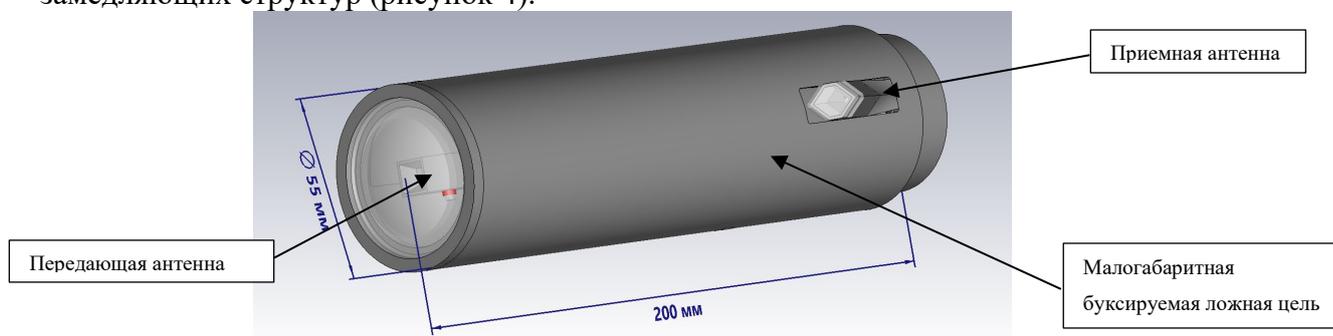


Рисунок 4. Пространственный вид малогабаритной БЛЦ без ЗС

3. Оценка результатов работоспособности и эффективности разработанных замедляющих структур малогабаритной буксируемой ложной цели [4]

После электродинамического моделирования в системе автоматизированного проектирования получаем результаты ЭР антенн для малогабаритной БЛЦ без ЗС (рисунок 5), ЗС в виде диэлектрической пластины на плоском металлическом основании (рисунок 6), ЗС в виде гребенчатой металлической структуры (рисунок 7) и ЗС в виде гибридной структуры - гребенчатой металлической диэлектрической структуры (рисунок 8). Проводим оценку ослабления связи Q :

$$Q = 10^{-(S/20)}, \quad 1)$$

Графики и текст ниже, приведены с условным обозначением применяемых радиочастот.

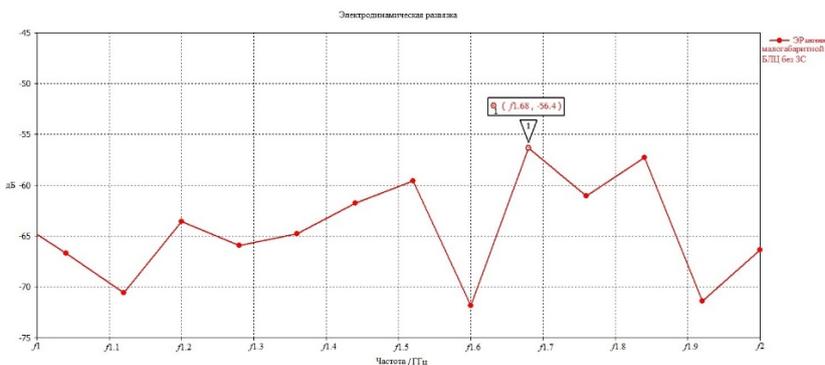


Рисунок 5. ЭР антенн малогабаритной БЛЦ без ЗС в диапазоне частот $f_1 - f_2$

Наихудшее значение ЭР антенн без ЗС составило $S = -56,4$ дБ на частоте $f1,68$, соответственно применив выражение (8) ослабление связи составляет $Q \approx 0,0015$.

Наихудшее значение ослабления связи $Q = 1$, когда сигналы антенн максимально влияют друг на друга и связь максимально ослабевает. Наилучшее значение ослабления связи, если Q близко к 0.

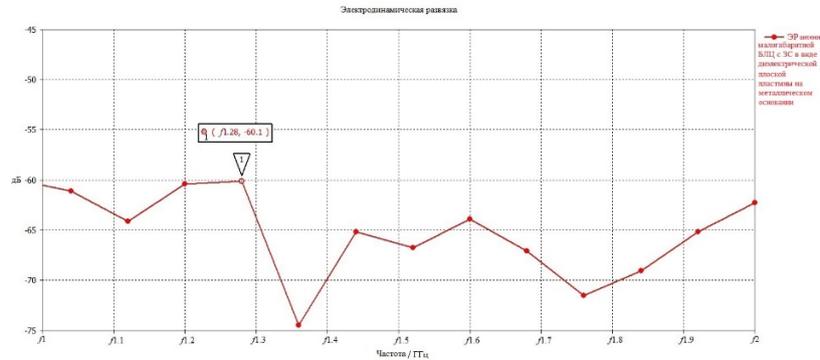


Рисунок 6. ЭР антенн малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде диэлектрической плоской пластины на металлическом основании в диапазоне частот $f1 - f2$

Наихудшее значение ЭР антенн с ЗС в виде диэлектрической плоской пластины на металлическом основании составило $S = -60,1$ дБ на частоте $f1,28$, соответственно, применив выражение (8), ослабление связи составляет $Q \approx 0,00099$, в 1,51 раз лучше, чем без ЗС. Эффективность составляет 51%.

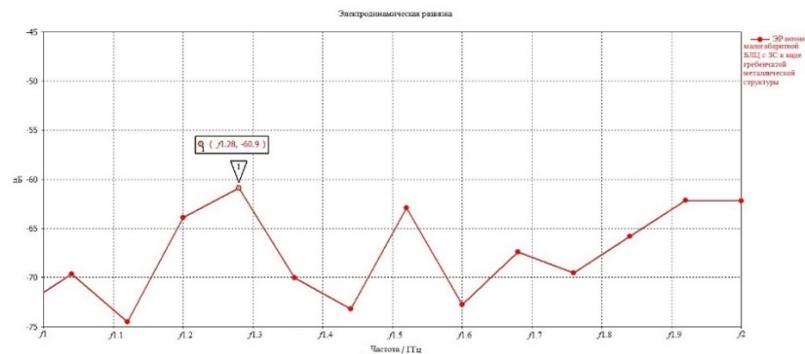


Рисунок 7. ЭР антенн малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде гребенчатой металлической структуры в диапазоне частот $f1 - f2$

Наихудшее значение ЭР антенн с ЗС в виде гребенчатой металлической структуры составило $S = -60,9$ дБ на частоте $f1,28$ ГГц, соответственно применив выражение (8) ослабление связи составляет $Q \approx 0,0009$, в 1,67 раз лучше, чем без ЗС. Эффективность составляет 67%.

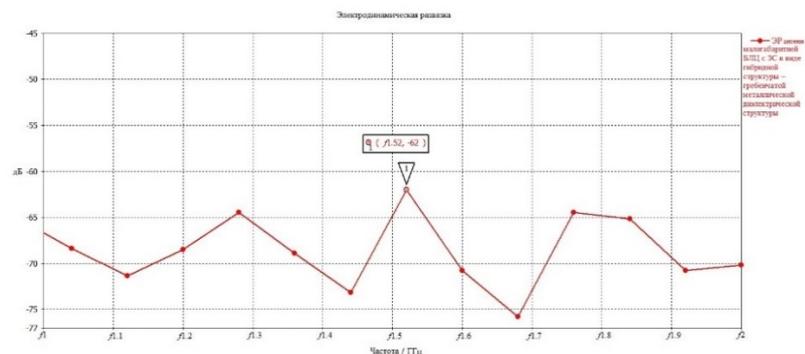


Рисунок 8. ЭР антенн малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде гибридной структуры – гребенчатой металлической диэлектрической структуры в диапазоне частот $f1 - f2$

Наихудшее значение ЭР антенн с ЗС в виде гибридной структуры – гребенчатой металлической диэлектрической структуры составило $S = -62$ дБ на частоте $f 1.52$, соответственно применив выражение (8) ослабление связи составляет $Q \approx 0,00079$, в 1,9 раз лучше, чем без ЗС. Эффективность составляет 90%.

Получив относительные значения эффективности от различного вида структур, определяется структура, соответствующая обеспечению заданного значения ЭР.

4. Определение оптимальной замедляющей структуры, для использования в малогабаритной буксируемой ложной цели

На основании теоретических расчетов и расчетов моделирования определяется, что наиболее оптимальной ЗС для использования в малогабаритной БЛЦ является ЗС в виде гибридной структуры - гребенчатой металлической диэлектрической структуры:

- наименьшее (наихудшее) значение ЭР антенн $S = -62$ дБ по сравнению с другими ЗС;

- наименьшее значение ослабления связи $Q \approx 0,00079$ по сравнению с другими ЗС.

Малогабаритная БЛЦ с ЗС в виде гибридной структуры – гребенчатой металлической диэлектрической структуры по наихудшему значению ЭР и значению ослабления связи эффективней на 90% чем малогабаритная БЛЦ без ЗС.

5. Заключение

В представленном материале решены проблема и задача – обеспечена требуемая ЭР антенн малогабаритной БЛЦ, за счет ЗС в виде гибридной структуры – гребенчатой металлической диэлектрической структуры, не решённая ранее для габаритов $\emptyset 55 \times 200$ мм и менее.

Антенны малогабаритной БЛЦ с ЗС в виде гибридной структуры – гребенчатой металлической диэлектрической структуры, по эффективности значения ЭР и значению ослабления связи лучше на 90% чем без ЗС.

Данной разработкой при применении вносится вклад в развитие научно-технического потенциала оборонной отрасли промышленности в части развития техники РЭБ.

Список литературы

1. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны. Под ред. Воскресенского Д.И. Изд. 2-е, доп. и перераб. - Москва: Радиотехника; 2006. 376 с.
2. Елизаров А.А., Кухаренко А.С. Микроволновые частотно-селективные устройства на резонансных отрезках электродинамических замедляющих систем и структурах с метаматериалами. Издательский дом Высшей школы экономики - Москва; 2019. 328 с.
3. Михаил Павлушенко, Геннадий Евстафьев, Иван Макаренко. БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. Издательство «Права человека» - Москва; 2005. 612 с.
4. Неганов В.А., Нефёдов Е.И., Яровой Г.П. Электродинамические методы проектирования устройств СВЧ и антенн. Учебное пособие для вузов. Под ред. Неганова В.А. - Москва: Радио и связь; 2002. 416 с.