

**Саперов Никита Игоревич**, Аспирант,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

**Федорова Дарья Дмитриевна**, Магистрант,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

**Ястремская Евгения Васильевна**, Магистрант,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

**Куркова Ольга Петровна**,  
Профессор, д-р техн. наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

### **ОПТИМИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ СИГНАЛА: ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ И АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ**

**Аннотация:** Статья посвящена оптимизации направленности сигнала в С–диапазоне (4 – 8 ГГц) с использованием имитационной модели и детально разработанного адаптивного алгоритма. Результаты численного моделирования и оптимизации позволяют эффективно управлять характеристиками излучателя, включая ширину диаграмм направленности и дальность действия.

**Ключевые слова:** оптимизация направленности сигнала, имитационная модель, адаптивный алгоритм управления, диаграмма направленности, радиоэлектронные системы, излучатель, антенное полотно, возвратные потери, электромагнитное поле, метрологические характеристики, антенные массивы, с–диапазон, габаритные размеры, радиотехнические эксперименты, коэффициент усиления.

Стремительный прогресс в области радиоэлектроники требует совершенствования характеристик излучателей в С–диапазоне. Рассмотрена оптимизация излучателя, учитывающая ограниченный диапазон частот, ширину диаграмм и дальность действия. Излучатель обладает ключевыми параметрами:

Рабочий диапазон длин волн: С–диапазон;

Диапазон частот: 4 – 8 ГГц;

Ширина ДН по уровню половинной мощности:

в азимутальной плоскости:  $2\phi_{P/2}^0 = 6^\circ$ ;

в угломестной плоскости:  $2\theta_{P/2}^0 = 80^\circ$ ;

Дальность действия: не менее 200 км.

Эти характеристики формируют основу для моделирования и последующей оптимизации.

Имитационное Моделирование:

Разработанная имитационная модель учитывает геометрические и электрические параметры излучателя. Результаты моделирования, включая диаграммы направленности (Рисунок 1, Рисунок 2), подтверждают эффективность излучателя в заданных условиях.



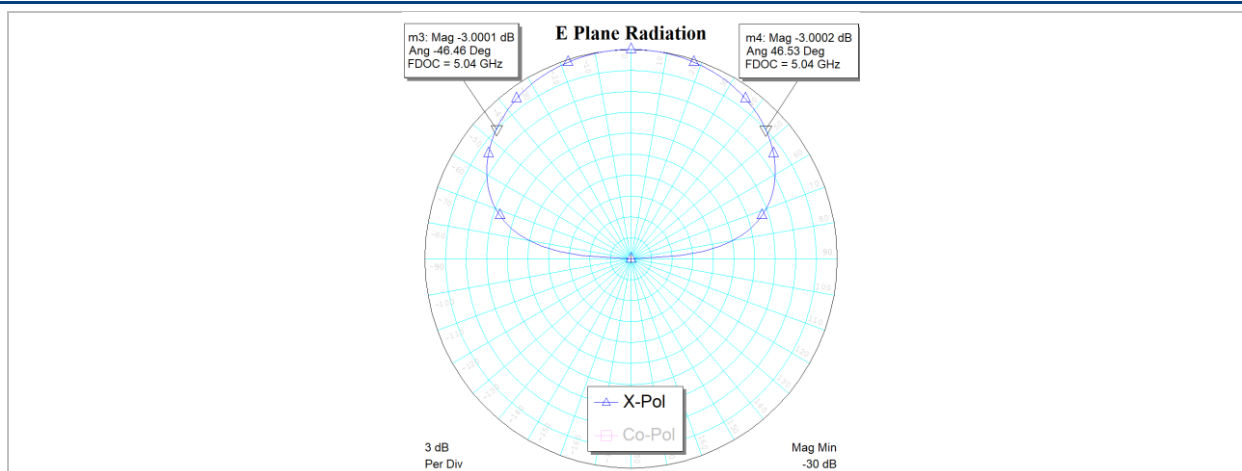


Рисунок 1: Диаграмма направленности одиночного излучателя в угловой плоскости

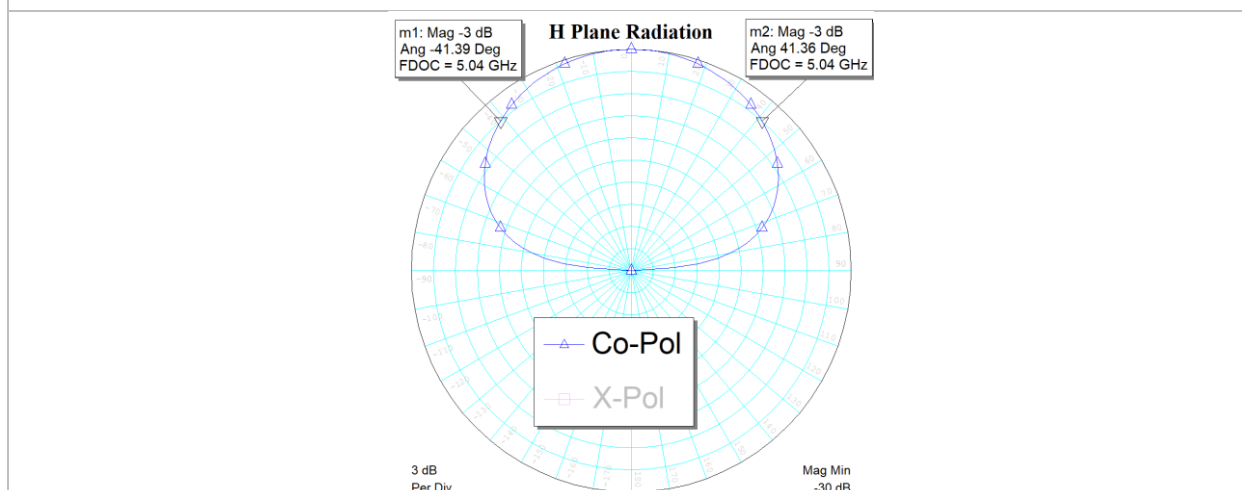


Рисунок 2: Диаграмма направленности одиночного излучателя в азимутальной плоскости

#### Адаптивный Алгоритм Управления:

Центральным элементом исследования является адаптивный алгоритм управления, обеспечивающий динамическую настройку излучателя. Алгоритм управляет параметрами излучателя в реальном времени, учитывая изменения в окружающей среде. Это позволяет оптимизировать направлен

**Мониторинг окружающей среды:** Система постоянно оценивает изменения в радиочастотной обстановке и связанных параметрах.

**Автоматическая коррекция параметров:** Алгоритм автоматически р

**Учет условий передачи данных:** Алгоритм учитывает требования к передаче данных, оптимизируя направленность сигнала для достижения максимальной эффективности передачи.

Проведенные исследования позволяют заключить, что предложенный адаптивный алгоритм в сочетании с имитационной моделью действительно повышает производительность излучателя. Оптимизированные характеристики излучателя, такие как возвратные потери и электромагнитное поле (Рисунок 3, Рисунок 4), подтверждают его высокую эффективность в реальных условиях.



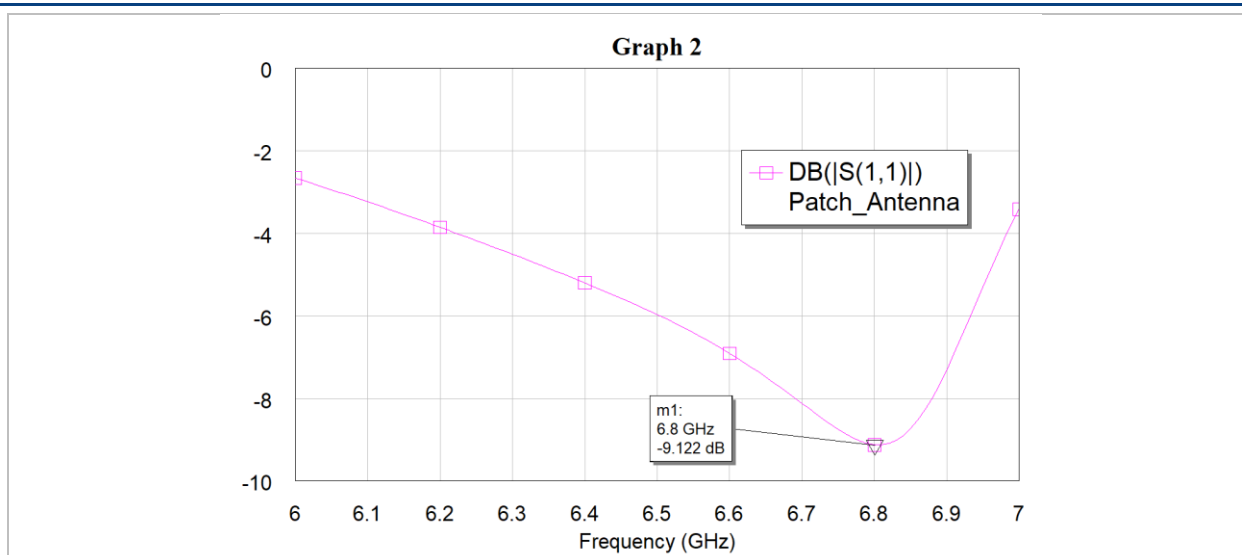


Рисунок 3: Возвратные потери по входу одиночного излучателя в С–диапазоне

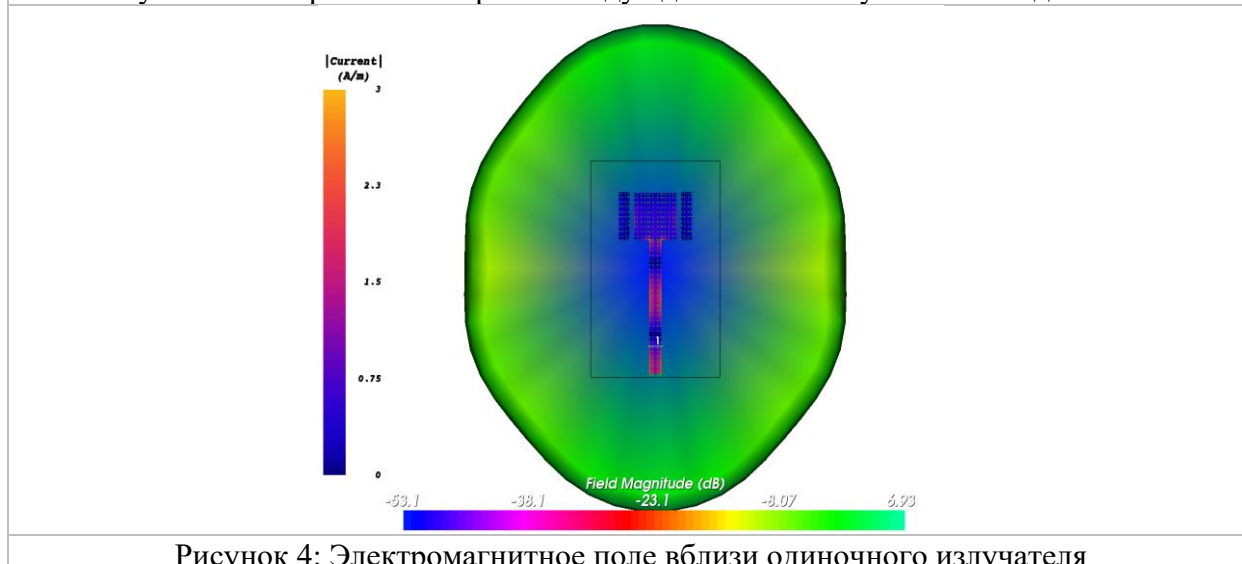


Рисунок 4: Электромагнитное поле вблизи одиночного излучателя

В заключении, представленная статья рассмотрела важный аспект оптимизации направленности сигнала в С–диапазоне. Использование имитационной модели и разработанный адаптивный алгоритм позволяют достичь выдающихся результатов в управлении характеристиками излучателя. Результаты численного моделирования, детальный анализ диаграмм направленности, а также оптимизированные параметры излучателя подтверждают высокую эффективность предложенных методов.

Эксперименты показали, что адаптивный алгоритм обеспечивает гибкость и эффективность в различных сценариях использования излучателя. Мониторинг окружающей среды, автоматическая коррекция параметров и учет условий передачи данных делают систему адаптивной и приспособленной к динамическим изменениям.

Полученные результаты могут быть применены в различных областях, где требуется высокая эффективность передачи данных, таких как беспилотные системы, радионавигация и телекоммуникации. Дальнейшие исследования могут включать расширение диапазона частот, усовершенствование алгоритма и оптимизацию других характеристик излучателя. Этот подход предоставляет перспективы для развития современных радиотехнических решений, способствуя прогрессу в области радиоэлектроники.



*Список литературы:*

1. Анализ трёхмерной излучающей структуры методом физической оптики / Якимов А.Н., Неробеев А.В. / Оптический журнал. 2017. Т. 84. № 2. С. 3-9.
2. Антенны УКВ / под ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч. 1. – М.: Связь, 1977. – 384 с.
3. Драбкин, А.Л. Антенно-фидерные устройства / А.Л. Драбкин, В.Л. Зузенко, А.Г. Кислов. М.: Сов. радио, 1974. 536 с.
4. Исследование влияния вибрационных воздействий на конструкцию антенной решетки / Якимов А.Н., Неробеев А.В. / Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2016. Т. 2. С. 46-48.
5. Исследование влияния ударных воздействий на характеристики волноводно-щелевой антенной решетки / Неробеев А.В., Якимов А.Н. / Волновая электроника и ее применения в информационных и телекоммуникационных системах. XXI международная молодежная конференция. 2018. С. 139-143.
6. Лавров А.С., Резников Г.Б. Антенно-фидерные устройства. М.: Советское радио, 1974 г., 367 с.
7. Математический синтез в проектировании микроволновых антенн с заданными характеристиками / Бестугин А.Р., Якимов А.Н., Киршина И.А., Неробеев А.В. / Волновая электроника и ее применения в информационных и телекоммуникационных системах. XXI международная молодежная конференция. 2018. С. 120-126. Conference for Young Researchers. 2016. С. 63-66.

