

УДК 621.396.67

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ АНТЕННЫ  
ДЛЯ ПЕРЕДАТЧИКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ****Е. С. БУРДИК***(Представлено: С. П. АЛИЕВА)*

*В работе представлены результаты моделирования модернизированной дипольной эллиптической антенны. Антенна свернута для уменьшения габаритных размеров, снижения парусности и удобства эксплуатации.*

**Дипольная эллиптическая антенна.** Антенна состоит из основного внешнего эллиптического дипольного элемента с внутренними эллиптическими щелями (вырезами), которые могут быть подключены несколькими способами. Как правило, плоский элемент изготавливается путем травления металлизированной диэлектрической подложки. Часто используются многослойные реализации, однако здесь рассматривается простой однослойный дизайн. В базовой модели эллиптический диполь питается от простого торцевого разъема, в то время как в практической реализации питание осуществляется с помощью одного SMA-разъема. В практической реализации зазор подачи может быть оптимизирован в соответствии с конкретным разъемом [1-2].

На низких частотах эта антенна работает во многом как диполь, хотя общая высота эллипса меньше, чем у традиционного полуволнового диполя. Эллиптические прорезы увеличивают коэффициент усиления антенны в верхней части диапазона. Габаритные размеры диэлектрика влияют как на коэффициент усиления, так и на потери в обратном направлении антенны. Ширина внутреннего эллипса (выреза) влияет на потери в обратном направлении, в то время как длина внутреннего эллипса, как правило, влияет на коэффициент усиления. Величина смещения по внутреннему эллипсу также играет важную роль в достижении высокого коэффициента усиления в рабочем диапазоне.

**Антенна до сворачивания.** Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Дипольная эллиптическая антенна, рассчитана на импеданс 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 760 МГц равен примерно 1,38. На частоте 1360 МГц составляет 1,45. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания.

Диаграмма направленности (ДН) дипольной эллиптической антенны на частоте 760 МГц имеет усиление 2,68 dBi, а на частоте 1360 МГц – 4,42 dBi. Диаграмма направленности соответствует требованиям.

Эффективность дипольной эллиптической антенны полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,96.

Импеданс дипольной эллиптической антенны изменяется в более широких пределах:  $\pm 30$  Ом. Антенна имеет размеры 177 мм x 142 мм.

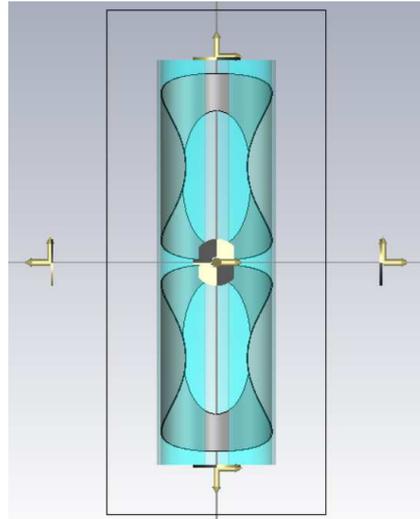
**Антенна после сворачивания.** При изготовлении антенны изменен вид диэлектрика: выбрана труба диаметром 39 мм, длиной 153 мм толщиной стенки 1,5 мм и диэлектрической проницаемостью 5,2. Антенна изготовлена из латуни, что обеспечивает необходимую прочность и долговечность конструкции. Конструкция с трубчатым диэлектриком позволяет снизить вес и парусность антенны, что улучшает эксплуатационные характеристики.

Для удобства в эксплуатации антенна находится внутри трубы, что защищает ее от механических повреждений и воздействия окружающей среды. Дополнительно, для обеспечения высокой степени защиты от внешних факторов, на 3D принтере будет изготовлена верхняя крышка и втулка для размещения разъема. Эти элементы обеспечивают надежную защиту от пыли, влаги и других воздействий, продлевая срок ее службы. Верхняя крышка и втулка также облегчают процесс монтажа и демонтажа антенны, что делает её более удобной в использовании.

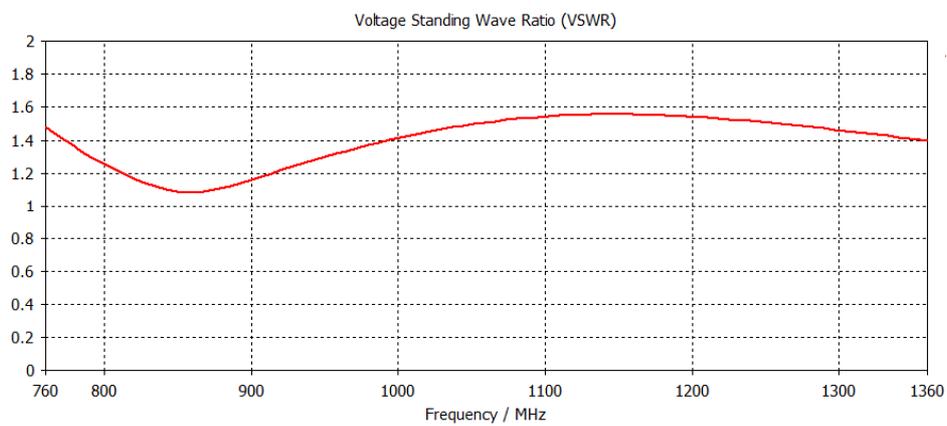
Запитка антенны осуществляется с помощью коаксиального кабеля, припаянного с обратной стороны антенны. Такой подход обеспечивает стабильное и надежное соединение, минимизируя потери сигнала и обеспечивая высокое качество передачи. Использование коаксиального кабеля также позволяет легко подключать и отключать антенну, что повышает её эксплуатационные характеристики.

Ниже представлен внешний вид антенны (рис. 1).

Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 760 МГц равен примерно 1,43. На частоте 1360 МГц КСВ составляет 1,4. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания (рис. 2).

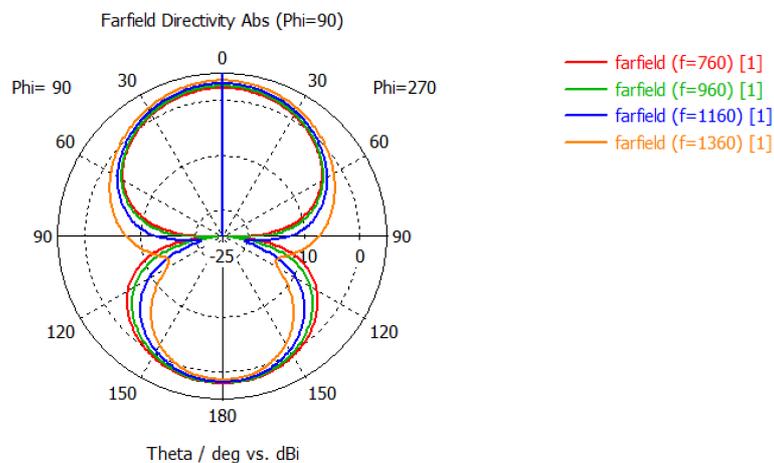


**Рисунок 1. – Вид антенны изнутри**



**Рисунок 2. – Диаграмма направленности дипольной эллиптической антенны**

Диаграмма направленности (ДН) дипольной эллиптической антенны на частоте 760 МГц имеет усиление 2,25 dBi, а на частоте 1360 МГц – 3,63 dBi (рис. 3). Диаграмма направленности соответствует требованиям.



**Рисунок 3. – Диаграмма направленности дипольной эллиптической антенны**

Эффективность дипольной эллиптической антенны полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,977.

Импеданс дипольной эллиптической антенны изменяется в более широких пределах:  $\pm 37$  Ом.

Основная задача сворачивания — уменьшить габариты антенны и снизить воздействие окружающей среды, например, ветровую нагрузку. После сворачивания антенны в трубу, изменения характеристик оказались минимальными, что подтверждает успешную реализацию антенны в соответствии с техническими требованиями.

Моделирование антенн является важным этапом в разработке и оптимизации антенн для различных приложений. В настоящий момент существует несколько методов и подходов к моделированию антенн, которые можно разделить на две основные категории: аналитические методы и методы численного моделирования.

В качестве метода моделирования будет выбран метод конечных разностей во временной области, так как данный метод полностью удовлетворяет требованиям: обеспечивает высокую точность измерений, учитывает нюансы конструкций, позволяет получить детализированные результаты.

**Заключение.** Проведённый анализ и моделирование в САПР CST Studio Suite с использованием метода конечных разностей показали, что сворачивание дипольной эллиптической антенны в трубу не ухудшило её характеристики и позволило улучшить такие параметры, как эффективность и стабильность КСВ на верхних частотах диапазона. Данный вариант антенны полностью соответствует всем предъявленным требованиям по диапазону рабочих частот, импедансу, КСВ, диаграмме направленности и передаваемой мощности. Это подтверждает правильность выбранного метода и успешную реализацию проекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долбик, А.И. УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ / А.И.Долбик. – Учеб. пособие. СПб: ФВУ ПВО. – 2002. – 100 с.
2. Марков, Л.Н. Антенные системы радиоэлектронной техники / Л.Н.Марков. – М:Воениздат. – 1993. – 368 с.