

# Спиральная структура в качестве питающего элемента круглого волновода

Н.И. Глухов, К.А. Лепихин, Э.Ю. Седышев

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

**Аннотация:** Работа посвящена теме широкополосного возбуждения круглого волновода. Основной задачей является исследование возможности возбуждения основных электродинамических мод круглого волновода в широком диапазоне частот. В качестве элемента питания волновода рассматривается спиральная структура, форма излучателя которого представлена в виде круговой индуктивности. Приведены результаты электродинамического моделирования, а также экспериментов.

**Ключевые слова:** круглый волновод, спиральная структура, СВЧ

## 1. Введение

В настоящее время, в связи с активным развитием телекоммуникационных систем и электронных устройств возрастает потребность приема и передачи сигналов в широкой полосе частот. Волноводные тракты являются связующими элементами радиоэлектронной аппаратуры. Они выступают в качестве эйконолов распространения электромагнитной энергии от генератора или принимающих волну элементов к нагрузке.

Равномерное возбуждение волновода в широком частотном диапазоне является неординарной задачей. Переход от длинной линии к волноводу полностью определяет широкополосность.

Использование традиционных питающих элементов волноводов таких, как штырь и рамка, по определению накладывают ограничения на рабочую полосу системы в целом. Одним из решений данной задачи является использование в качестве питающего элемента волновода спиральной структуры.

В работе исследуется возможность равномерного возбуждения электродинамических мод в круглом волноводе в широком диапазоне частот, питающим элементом которого выступает спиральная структура.

## 2. Компьютерное моделирование и экспериментальные результаты

Рабочую полосу частот волноводного тракта определяет его питающий узел. В работе предлагается использование в качестве элементов возбуждения волноводов спиралей, так как эти структуры могут работать в полосе частот с перекрытием от 2 до 10 [1, 2, 3]. Штыри и рамки проигрывают спиральям по ширине полосы пропускания, а также имеют довольно большой разброс по импедансу [4, 5].

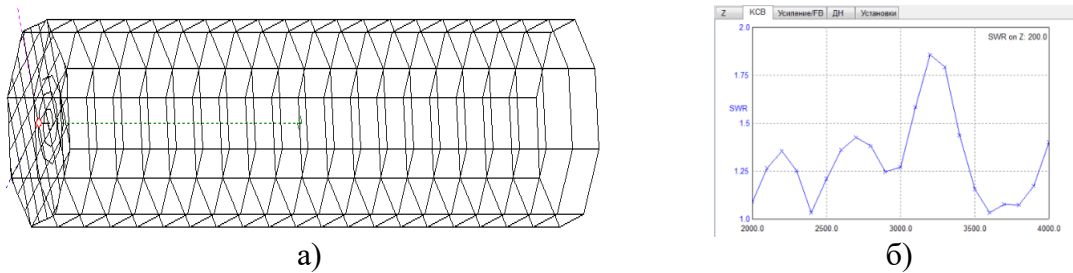
В работе рассматривается круглый волновод диаметром 125 мм и толщиной металлических стенок порядка 500мкм. Питающим узлом выступает планарная круговая однозаходная спираль Архимеда (1) с количеством витков  $N=3$ , форма излучателя, которой описывается выражением:

$$\rho = a + b * \varphi \quad (1)$$

где:

$a, b$  – коэффициенты, задающие геометрию спирали .  
 $\varphi$  – полярный угол.

В программе MANNA-GAL (использует ядро NEC) был построен и промоделирован в диапазоне 2-4 ГГц рамочный эквивалент рассматриваемой спирально-волноводной композиции (рисунок 1а,б):



**Рисунок 1.** Результат электродинамического моделирования (а - ЭД модель, б - расчетная ЧХ КСВН ЭД модели)

Как видно из графика на рисунке 1б, средний расчетный уровень КСВН в диапазоне 2-4 ГГц составляет порядка 1.4, что теоретически позволяет утверждать о возможности широкополосного возбуждения круглого волновода спиральной структурой.

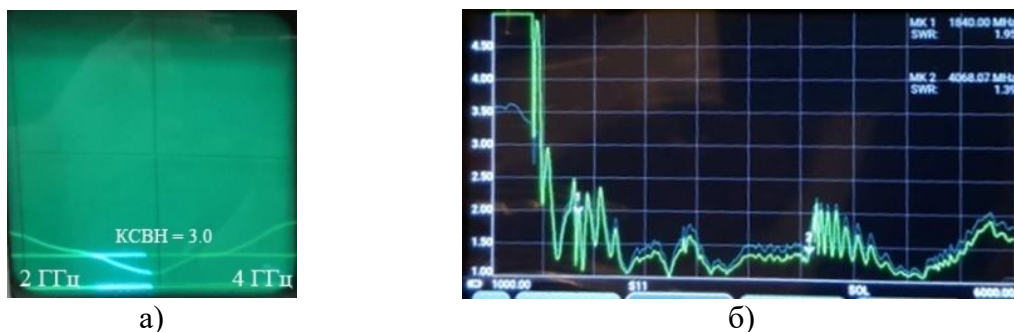
На следующем этапе было создано несколько макетов (рисунок 2а,б).



**Рисунок 2.** Сборочные макеты №1 и №2, с различными способами питания возбуждающего элемента волновода. (а - коаксиальное питание, б - питание через МПЛ)

Макеты волнопроводов (на рисунке 2а,б) выполнены из цельного алюминиевого листа, каркасом для придания формы которого выступает тонкая полипропиленовая труба. В обоих макетах при сборке волновод имеет гальваническую связь с экраном СА. Спиральный излучатель выполнен из проволоки диаметром 1.6 мм. Стоит отметить, что для Макета №1 согласование коаксиальной линии с питающим узлом не выполнялось, волновое сопротивление выходного СВЧ тракта 50 Ом.

Результаты экспериментов приведены на рисунке 3



**Рисунок 3.** Результаты экспериментов для макетов №1 и №2 соответственно.

Измерение ЧХ КСВН Макета №1 (рисунок 2а и 3а) было произведено на

измерительном комплексе «АСТРА» [6] (диапазон измерения 2- 4 ГГц), для макета №2 (рисунок 2б и 3б) с помощью векторного анализатора «ARINST» (диапазон измерения 1-6 ГГц).

Из результатов эксперимента (рисунок 3 а, б) видно, что зависимость КСВН от частоты в областях между критическими частотами E01 и E02 (их приближенные значения отмечены маркерами на рисунке 3б, соответственно) практически равномерна, что говорит о широкополосном возбуждении рассматриваемого круглого волновода.

Для более эффективного возбуждения электродинамических мод предлагается использование конической спирали. Каждый виток спирали удален от экрана на расстояние четверти длины волны, на которой он излучает (рисунок 4а, б).

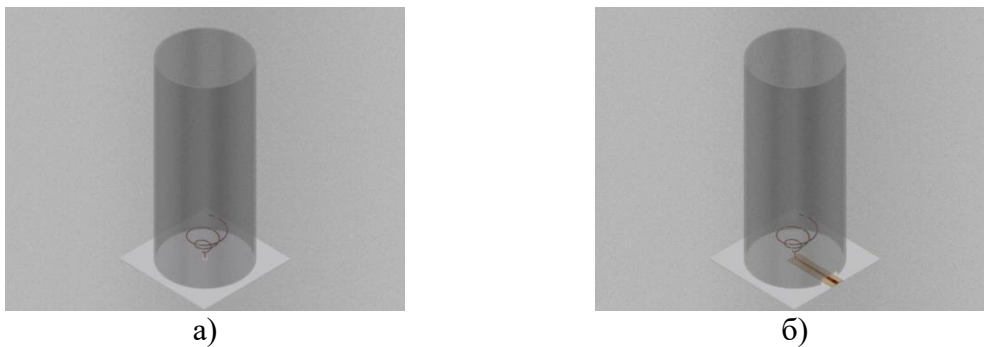


Рисунок 4. Эскизы спирально-волноводных структур с конической спиралью.

### 3. Заключение

Приведенные результаты электродинамического моделирования и экспериментов рассматриваемой спирально - волноводной структуры доказывают возможность возбуждения основных электродинамических мод в круглом волноводе в широкой полосе частот. Питающим элементом данной системы является спиральный излучатель.

#### Список литературы

1. Юрцев О. А., Рунов А. В., Казарин А. Н. Спиральные антенны. М.: Советское радио, 1974. 224 с.
2. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ. Учебник для радиотехнических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1988. 432 с.
3. Рамзай В. Частотно-независимые антенны. М: МИР, 1968. 172 с
4. S.R. Seshadri, Resistance of a circular loop with dipolar current distribution in a cylindrical waveguide. // Proceedings of the IEEE, vol. 68, pp. 1012 – 1014, 1980.
5. S.R. Seshadri, Resistance of a circular current loop in a cylindrical waveguide. // Proceedings of the IEEE, vol. 68, pp. 1014 - 1015, 1980.
6. Вяльшин Э.С., Криворука О.О., Лепихин К.А., Седышев Э.Ю. Спиральные антенны СВЧ диапазона // Проектирование и технология электронных средств. 2020. №3. С. 18-26