

# Рупорная антенна с круговой поляризацией, изготовленная по технологии лазерной резки

С. В. Балландович<sup>1</sup>, Г. А. Костиков, Ю. Г. Антонов  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
<sup>1</sup>svballandovich@etu.ru

**Аннотация.** Представлены результаты проектирования, теоретических и экспериментальных исследований рупорной антенны с круговой поляризацией. Все детали изготовлены методом лазерной резки из нержавеющей стали толщиной 0.5-1 мм. В результате достигается высокая технологичность, низкая цена и легкий вес.

**Ключевые слова:** рупорная антенна; круговая поляризация; лазерная резка

## I. ВВЕДЕНИЕ

В ряде областей востребованы эффективные антенны с круговой поляризацией. Среди них беспроводные и спутниковые системы связи, радиолокация и пр. В связи с этим рупорные антенны привлекают внимание, так как у них простая конструкция и высокая эффективность. Как правило рупора с круговой поляризацией содержат поляризатор. Простейший поляризатор состоит из диэлектрической пластины, вставленной в волновод [1]. Среди других конструкций известны поляризаторы с перегородкой [2–5], поляризаторы с пазами [6–7]. Поляризаторы с перегородкой позволяют объединить ортомод и фазовращатель в одном устройстве. Поляризаторы с пазами лучше подходят для высоких частот.

Однако, с уменьшением частоты растут абсолютные размеры и на первый план выходят такие характеристики

как стоимость, простота и компактность. Если возможен некий компромисс между электрическими и механическими характеристиками, то целесообразно рассмотреть другие конструкции. Например, в [8] описывается усеченный пирамидальный рупор, в котором требуемая разность фаз достигается в нерегулярной части. Тем не менее, требуется дополнительный переходник между прямоугольным волноводом и усеченным волноводом. В [9] круговая поляризация формируется с помощью мембраны, вставленной между рупором и волноводом. В мембране прорезаны ортогональные щели, обеспечивающие требуемый фазовый сдвиг.

В данной работе описывается рупор, спроектированный для узкополосных приложений. Поляризатор и регулярная часть волновода объединены. Узел питания состоит из двух монополей, запитанных с разностью фаз в  $90^\circ$ . В сравнении с другими конструкциями, предложенная имеет наименьшее количество деталей. Тем не менее, стоит отметить, что такое решение подходит только для работы в узкой полосе частот.

## II. КОНСТРУКЦИЯ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ

Ключевой идеей предложенной конструкции является объединение фидера и фазовращателя в одном устройстве. Эскиз конструкции показан на рис. 1. Фазовращатель

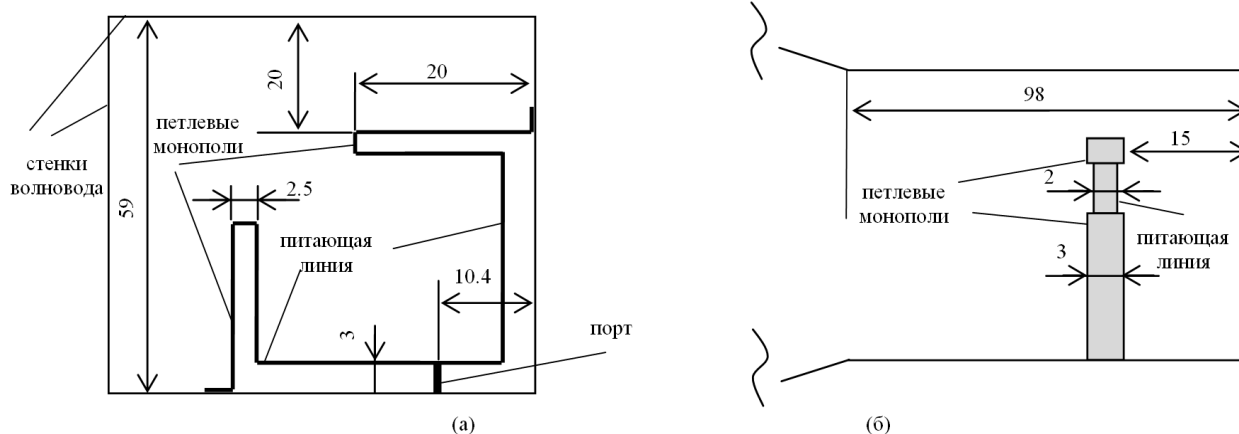
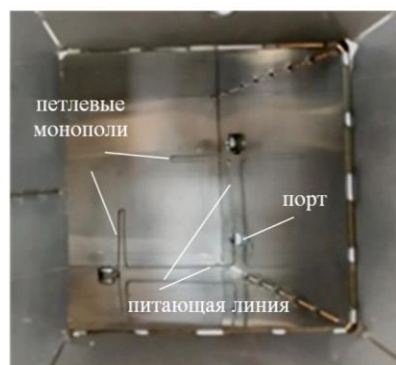


Рис. 1. Конструкция волновода с фидером (а) – вид спереди; (б) – вид сбоку

состоит из делителя мощности на два с плечами разной длины. Разная длина плеч реализуется путем выбора точки питания. В данной работе используется разъем SMA 3.5. Согласно техническому заданию, центральная частота рабочего диапазона – 3.15 ГГц, а коэффициент усиления должен быть не менее 16 дБ. Геометрические параметры были получены в ходе двухэтапной оптимизации. На первом этапе был оптимизирован только фидер, второй этап включал оптимизацию всей антенны. Все размеры на рис. 1. даны в миллиметрах. Ширина стенки прямоугольного рупора равна 59 мм. Длина монополей 20 мм, глубина монополей 2.5 мм. Монополи выполнены из полоски нержавеющей стали шириной 3 мм. Расстояние между боковой стенкой волновода и ближайшей кромкой монополя равно 20 мм. Параметры питающих линий следующие: высота 3 мм, ширина 2 мм. Расстояние между монополями и задней стенкой волновода равно 15 мм, длина регулярного волновода 98 мм. Все детали выполнены из нержавеющей стали толщиной 0.5 мм, так что размеры на рис. 1 относительно внешних граней.



(а)



(б)

Рис. 2. Прототип рупорной антенны; (а) общий вид; (б) вид волновода спереди

Электродинамическое моделирование проводилось в программе Ansys Electronics Desktop. Экспериментальные измерения выполнены на сканере ближнего поля в СПбГЭТУ «ЛЭТИ». На рис. 3. показана теоретическая и экспериментальная зависимость коэффициента отражения. Частотная зависимость коэффициента направленного действия (КНД) демонстрируется на рис. 4. На рис. 5 показаны теоретическая и экспериментальная диаграмма направленности (ДН). Коэффициент эллиптичности приводится на рис. 6. Можно увидеть некоторую разницу между теоретическими и экспериментальными данными. Она объясняется недостаточной точностью сборки фидерной системы, а именно монополей и питающих линий. Тем не менее, разница не критическая и может быть устранена корректировкой длины монополей в последующих версиях антенны.

Размеры апертуры рупора 240 мм x 240 мм, длина рупора без регулярной части – 250 мм. Для аккуратной гибки деталей в них прорезаны щели длиной меньше, чем  $\lambda/10$ . Таким образом, эти щели не влияют на электрические характеристики антенны, что было подтверждено электродинамическим моделированием. Отдельные детали рупорной антенны крепятся друг к другу винтами или заклепками. Такой способ производства позволяет реализовать простой процесс сборки при низкой стоимости и малом весе.

### III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прототип рупорной антенны был собран и показан на рис. 2 (а). Пирамидальный рупор и регулярный волновод стыкуются с помощью винтов. Для остальных креплений используются заклепки. На рис. 2 (б) показана система питания.

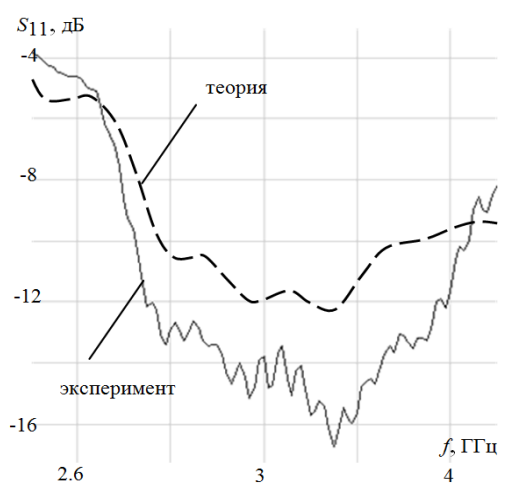


Рис. 3. теоретическая и экспериментальная зависимость коэффициента отражения от частоты

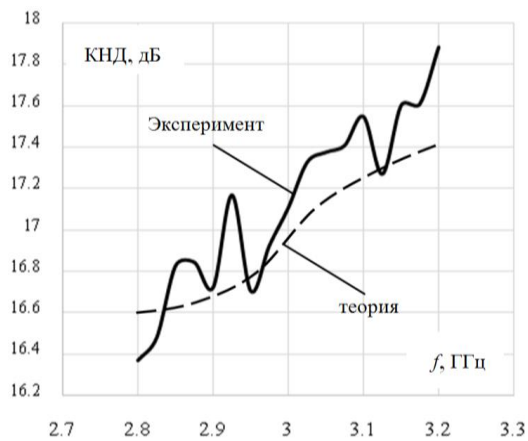


Рис. 4. Теоретическая и экспериментальная зависимость КНД от частоты

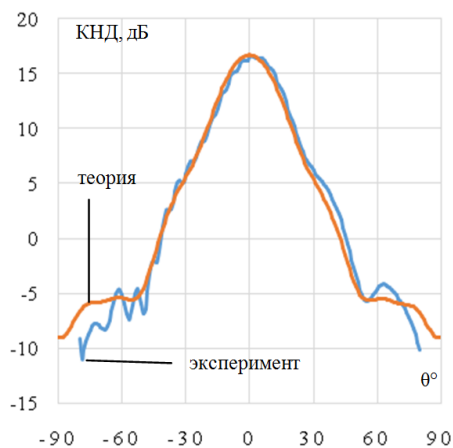


Рис. 5. Теоретическая и экспериментальная ДН

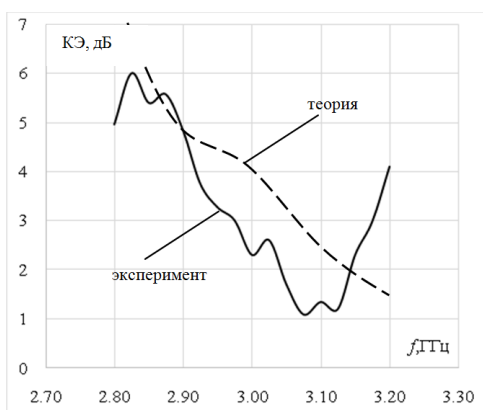


Рис. 6. Теоретическая и экспериментальная зависимость коэффициента эллиптичности от частоты

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагается конструкция легкой рупорной антенны круговой поляризации с низкой стоимостью изготовления. Узел питания объединен с фазовращателем в одно устройство, в результате чего снижается общее количество деталей, также снижаются общие габаритные размеры. Основной частью узла питания являются монополи, которые запитаны с разностью фаз в 90 градусов. Все части антенны выполнены по технологии лазерной резки.

Обнаружена некоторая разница между теоретическими и экспериментальными данными, которая объясняется относительно невысокой итоговой точностью сборки. Однако, это является «платой» за удешевление конструкции и малый вес. Обнаруженный уход характеристик не является критическим и может быть устранен корректировкой геометрических параметров монополей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Jaeseung Yun, Sonick Jeon and Jongsuk Chae, "Feed horn antenna including circular-polarizer and straight type mode converter to illuminate shaped reflector at Ka-band", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2004*, pp. 1559-1562.
  - [2] M. Chen and G. Tsandoulas, "A wide-band square-waveguide array polarizer," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-21, no. 3, pp. 389–391, May 1973
  - [3] T. Ege and P. Mcandrew, "Analysis of stepped septum polarisers," *Electron. Lett.*, vol. 21, no. 24, pp. 1166–1168, 1985.
  - [4] R. Behe and P. Brachat, "Compact duplexer-polarizer with semicircular waveguide (antenna feed)," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 39, no. 8, pp. 1222–1224, Aug. 1991.
  - [5] J. Bornemann and S. Amari, "Septum polarizer design for antenna feeds produced by casting", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 1997*, pp. 1422-1425.
  - [6] X. Yu, G. Mishra, S. K. Sharma A Dual-Circularly Polarized, "Compact Feed Horn at 5G Millimeter-Frequency For Reflector Application," *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, pp. 605-606, July 2018.
  - [7] N. Yoneda, M. Miyazaki, H. Matsumura, M. Yamat, "A Design of Novel Grooved Circular Waveguide Polarizers," *IEEE Trans. on Ant and Propagat.*, Vol. 48, №. 12, pp. 2446-2452, Dec. 2000.
  - [8] Theng Huat Gan, Eng Leong Tan, "Design of Waveguide Fed Broadband Circular Polarization Truncated Horn Antenna for High Power Applications," *Proceedings of the Asia-Pacific Microwave Conference 2011*, pp. 1194-1197, Dec. 2011.
- M. Barbuto, F. Trotta, F. Bilotti, A. Toscano, "A Combined Bandpass Filter and Polarization Transformer for Horn Antennas," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 12, pp. 1065-1068, 2013.