

**С.Д. Барсуков<sup>1,2</sup>, А.П. Балмаков<sup>1</sup>, А.С. Побяха<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

<sup>2</sup>Университет Сидзуока, Сидзуока, Япония

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВУХЗАХОДНОЙ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С ЦИРКУЛЯРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Стремительное развитие отраслей радиоэлектроники вызывает необходимость разработки антенн, обладающих необходимыми, порой уникальными характеристиками. В настоящее время широкое распространение получили широкополосные антенны, среди которых особое место занимают спиральные антенны эллиптической и управляемой поляризации. Такие антенны относятся к классу всенаправленных или слабонаправленных, поскольку интенсивность их излучения не зависит, или слабо зависит от направления. Всенаправленные антенны полезны для организации коммуникации, где направление передающей антенны относительно приемной не известно, или непрерывно изменяется случайным образом [1, 3].

Особенностью радиоволн с эллиптической поляризацией является то, что при отражении сигнала, меняется направление вектора поляризации на противоположный. Антенны круговой поляризации не принимают сигнал противоположного вращения, поэтому на приёмной антенне отражённый сигнал Э.Д.С. не наведёт. К примеру, при приеме право поляризованной волны на антенну с левосторонней поляризацией или наоборот, происходит значительное ослабление сигнала до 38–40 дБ. При этом, при приеме сигнала с горизонтальной или вертикальной поляризацией на антенну с круговой поляризацией, входной сигнал ослабляется всего на 3 дБ (в два раза) и сила сигнала при этом не зависит от положения приемной антенны [2, 5].

В антенной технике используется множество типов и конструкций спиральных антенн, отличающихся типом поляризации, направленностью антенн, режимом излучения и другими характеристиками [6–7]. В зависимости от типа спирали, правостороннего или левостороннего, спираль излучает левую или правую эллиптически поляризованную волну. При определённых параметрах спирали поляризация излучаемой волны является круговой.

В работе исследована полувитковая бифилярная спираль без земляной платы для получения круговой поляризации излучения во всех направлениях в азимутальной плоскости. Особенностью выбора геометрии антенны является то, что габариты спиралей меньше длины волны излучения (электрически малые), более того спиральная форма ведет к получению круговой поляризации во всех направлениях при боковом излучении спирали. Важной особенностью исследуемой спирали является то, что длина каждого проводника спирального элемента соответствуют полуволновому резонансу. Особенность полуволнового резонанса состоит в том, что для него функция распределения тока и заряда не зависят от точки включения генератора. Во всех остальных случаях распределение тока и заряда существенно зависят от расположения точки питания вдоль излучателя [4, 5]. Тем самым рассматриваемый случай является более универсальным по сравнению с «длинными» спиралями, у которых длина проводника намного больше длины излучения.

На рисунке 1 изображена правосторонняя бифилярная спиральная антенна с оптимальными параметрами спирали для получения излучения волны с круговой поляризацией. Каждый из полувитков имеют разрез посередине, с зазором  $\Delta x$  для подключения фидерной линии питания (точки А и В на рисунке 1). Антенна изготовлена из медной проволоки с серебрением диаметром  $d$ .

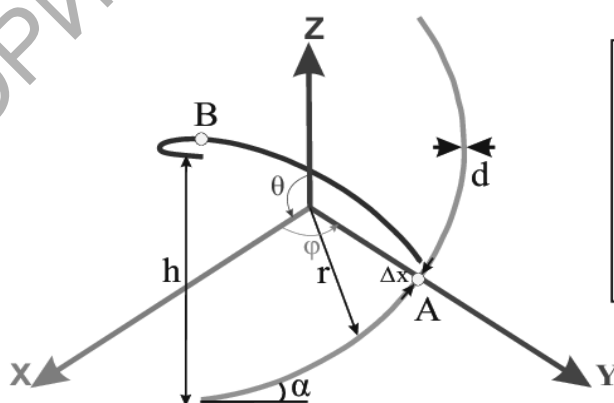


Рисунок 1 – Вид бифилярной спиральной антенны диапазона СВЧ, где  $\alpha = 29,2^\circ$ ,  $r = 49,9$  мм,  $p = 175$  мм,  $d = 1$  мм,  $\Delta x = 3$  мм

Нами была изготовлена бифилярная антенна с заранее рассчитанными параметрами (рисунок 2,а). Спиральные элементы антенны изготовлены с учетом

оптимальных параметров и закреплены на жестком каркасе из диэлектрика с высоким значением коэффициента диэлектрической проницаемости. Такая конструкция антенны позволила не учитывать влияние каркаса антенны на ее свойства в рабочем диапазоне частот. Также, можно отметить, что антенну можно изготовить в бескаркасном варианте, что будет актуально для космических применений, где может быть влияние температурной деформации каркаса антенны.



Рисунок 2 – Экспериментальный образец бифилярной антенны:

- а) бифилярная спираль с каркасом (А и В – точки запитывания фидерной линии);
- б) расположение антенны относительно рупорного приемника

Экспериментальные измерения проводились также в диапазоне частот от 0,5 ГГц до 1 ГГц. Измеренные результаты диаграммы направленности антенны и коэффициента эллиптичности приведены на рисунке 3.

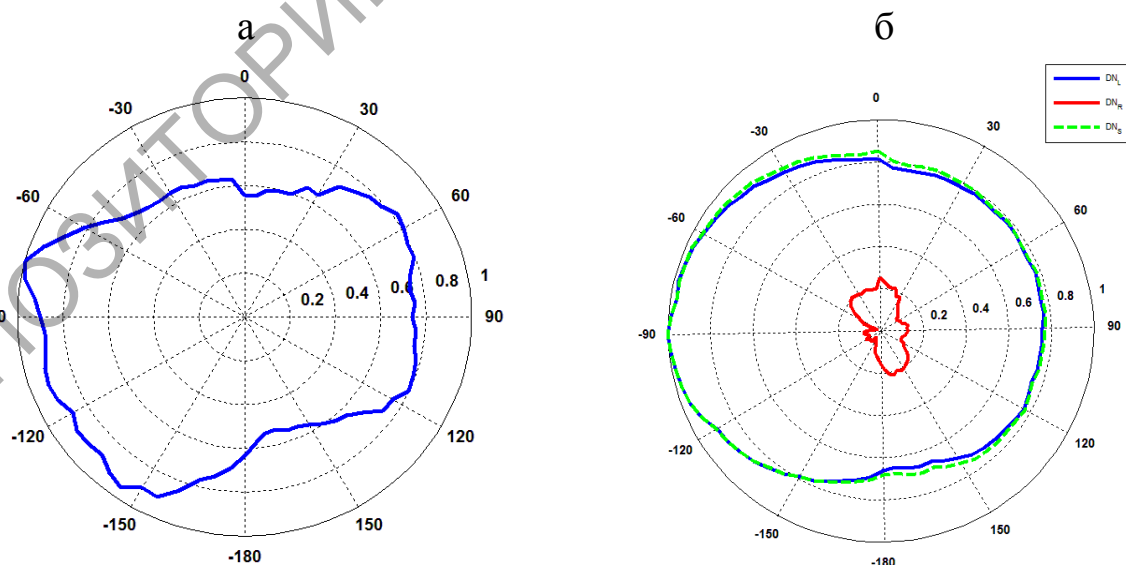
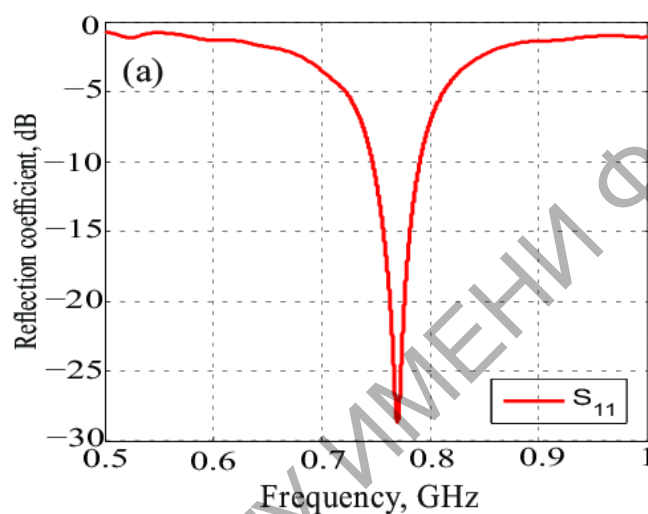


Рисунок 3 – Реальная диаграмма направленности (а) и коэффициент эллиптичности (б) полувитковой спиральной антенны

Полученная диаграмма направленности бифилярной антенны (рисунок 3,а) близка к круговой. Из рисунка 3,б видно, что для коэффициента эллиптичности излучаемые электромагнитные волны в двух направлениях близки к круговой поляризации и в направлениях 90 и -90 градусов – коэффициент эллиптичности  $\varepsilon$  принимает значения не менее 0,8. Средний коэффициент эллиптичности по всем направления не менее 0,7. Это позволяет делать выводы о том, что антенна излучает циркулярно-поляризованное излучение во всех направлениях.

**а**



**б**

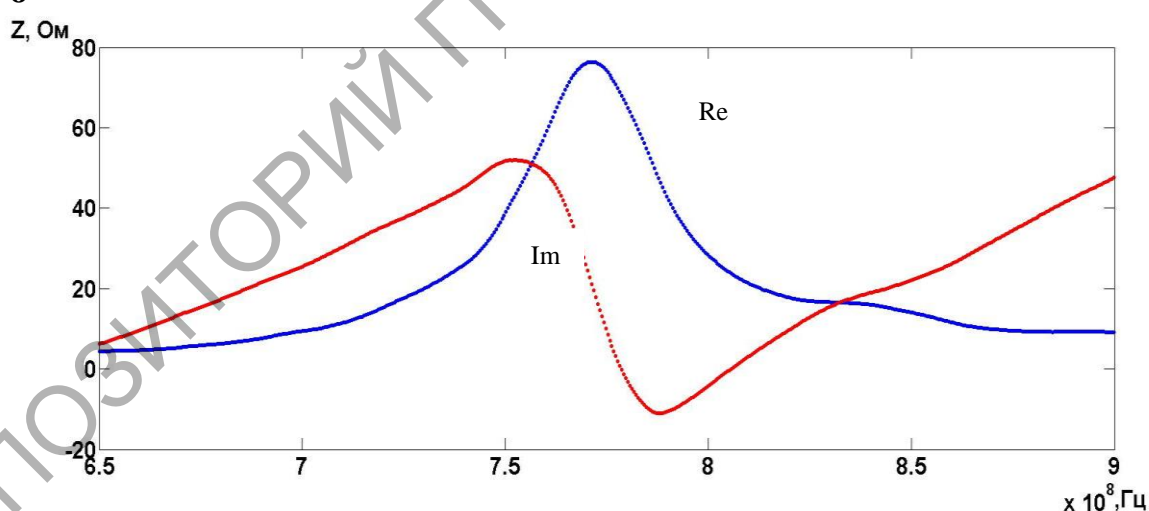


Рисунок 4 – Экспериментальные результаты измерения коэффициента отражения бифилярной антенны в рабочем диапазоне частот (а); частотная зависимость действительной (Re) и мнимой (Im) частей импеданса антенны (б)

На рисунке 4 показана зависимость коэффициента отражения антенны от частоты для входа А (входу В соответствует идентичная кривая) с нормировкой на

единицу. В диапазоне частот от 500 МГц до 1 ГГц характеристика отражения сигнала имеет плавный переход к резонансу, который наблюдается на частоте 780 МГц и соответствует -28 дБ по характеристике отражения.

В основе рассматриваемой антенны лежит полувитковой отрезок двухзаходной, или бифилярной спирали. Предлагаемая конструкция спиральной антенны с оптимальными расчетными параметрами имеет относительно симметричную диаграмму направленности как в азимутальной, так и меридиональной плоскостях. Результаты экспериментальных исследований показали, что на частоте 780 МГц, соответствующей полуволновому резонансу, при подключении фидерной линии с 50-омным сопротивлением эллиптичность электромагнитной волны, излучаемой перпендикулярно оси спирали, не ниже уровня 0,55. В широком угловом диапазоне в азимутальной плоскости поляризация излучаемой волны близка к круговой. Это может быть актуально и перспективно для применения таких антенн в сложных для распространения радиоволн условиях, где происходит их многократное отражение и поглощение. Разработанная и исследованная конструкция бифилярной спиральной антенны может найти широкое применение в антенной технике, для формирования круговой диаграммы направленности и циркулярной поляризации.

### Литература

1. Айзенберг, Г.З. Антенны ультракоротких волн / Г.З. Айзенберг. – М. : «Связьиздат» (переизданное), 2007. – 700 с.
2. Лавров, А.С. Антенно-фидерные устройства / А.С. Лавров. – М. : «Ростехн», 2003. – 368 с.
3. Белоцерковский, Г.Б. Основы радиотехники и антенны : в 2-х ч. Ч.2. Антенны / Г.Б. Белоцерковский. – М. : Радио и связь, 2005. – 293 с.
4. Григоров, И. Антенны с круговой поляризацией / И. Григоров // Радио хобби. – 2000. – № 3. – С. 28.
5. Долбик, А.И. Устройства СВЧ и антенны / А.И. Долбик – М. : «Оборонгиз», 2004. – 368 с.
6. Экспериментальные исследования направленной антенны на основе спиральных элементов / С.Д. Барсуков и др. // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – № 3(20). – С. 16–20.
7. Design of circularly polarized omnidirectional bifilar helix antennas with optimum wide axial ratio beamwidth / Jawad Yousaf, Muhammad Amin, Sana Iqbal // Progress In Electromagnetics Research C. – 2013. – Vol. 39. – P. 119–132.