

УДК 621.396

А.С. Стешковой, А.В. Туровский

МАЛОГАБАРИТНАЯ ПАТЧ-АНТЕННА СВЧ ДИАПАЗОНА

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

В статье предлагается для расширения радиуса действия беспроводной сети использовать малогабаритную патч-антенну с использованием направленных свойств. Дано описание конструкции антенны, описан принцип ее действия, указан ее диапазон частот и коэффициент усиления. Проведен расчет дальности действия беспроводной сети с разработанной антенной. Даны графические зависимости сечения диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, пространственной диаграммы направленности, зависимости значения коэффициента стоячей волны от частоты. Разработанная антенна позволяет обеспечить дальность радиосвязи стандарта Wi-Fi при прямой видимости на расстоянии более 1500 м, имеет достаточно широкую диаграмму направленности и высокий коэффициент усиления.

Ключевые слова: патч-антенна, распространение радиоволн, передача данных, беспроводная связь.

Со стремительным развитием беспроводных сетей широкополосного доступа высокую популярность приобрел разработанный в совместимости со стандартами 802.3 Ethernet, стандарт 802.11 - Wi-Fi.

Данный стандарт обеспечивает высокую скорость передачи данных, позволяет быстро создать мобильную беспроводную локальную сеть в любых условиях [1, 2]. Исходя из этих достоинств, стандарт Wi-Fi внедряют в коммерческую сферу с целью создания общественных сетей, объединения периферийных устройств и организации домашней беспроводной сети.

Однако, стандарт Wi-Fi имеет ряд недостатков: используемые электромагнитные волны быстро затухают в свободном пространстве [3], регламентируемая мощность излучения передающих устройств ограничена 20 дБм.

В связи с этим, появляется необходимость расширения радиуса действия беспроводной сети.

В статье предлагается использовать малогабаритную патч-антенну с использованием направленных свойств.

Диапазон частот, разработанной антенны, лежит в пределах 2.4 – 2.5 ГГц, что позволяет использовать её в стандартах 802.11b, g, n. Требования по коэффициенту усиления составляют не менее 8 дБ, по ширине диаграммы направленности $70^{\circ} \pm 2^{\circ}$.

Дальность действия беспроводного канала связи стандарта Wi-Fi рассчитывается по формуле:

$$D = 10^{(FSL/20 - 1,65 - \lg(f))}, \quad (1)$$

где f – частота передачи (МГц),

FSL – суммарная мощность системы, определяется суммой следующих величин:

P_t – мощность передатчика (20 дБм),

G_T является коэффициентом усиления в передающей антенне (3 дБ),

G_r является коэффициентом усиления в приёмной антенне (8 дБ),

P_{min} – чувствительность приёмника (85 дБм),

L_t – потери сигнала для передающего тракта (-2 дБ),

L_r – потери сигнала для приёмного тракта (-2 дБ).

Исходя из имеющихся данных и учитывая запас по энергетике (10 дБ), рассчитаем дальность действия беспроводной сети с разработанной антенной:

$$D = 10^{(5,275 - 1,65 - \lg(2437))} = 1757 \text{ (м)} \quad (2)$$

Патч-антенна – тип направленной антенны диапазона СВЧ. В нее входит тонкая плоская металлическая пластина, которая расположена на небольшом (0.05λ) расстоянии параллельным образом для плоского металлического экрана.

Зазор между излучающим элементом и экраном заполнен слоем диэлектрика и равен 7 мм, а сама антенна изготавливается на основе технологии, относящихся к печатным платам (микростриповые печатные антенны) [4].

Излучающая пластина имеет прямоугольную форму. Расстояние между неизлучающими направлениями прямоугольника (то есть, говорим о длинах излучающих сторон) будет близкой к половине рабочей длины волны.

Принцип действия разработанной антенны основан на резонансе моды TM_{10} в объеме под излучающей пластиной, возбуждается электрическое поле для зазоров, которые идут по противоположным сторонам такой пластины.

При этом мы считаем, что существует процесс сонаправленного протекания эквивалентных магнитных токов вдоль каждой из таких сторон, и возбуждается электромагнитная волна этой парой участков магнитных токов.

Патч-антенна действует аналогичным образом паре параллельных щелевых антенн, которые синфазны друг другу [5]. Устройство разработанной антенны изображено на Рисунке 1.

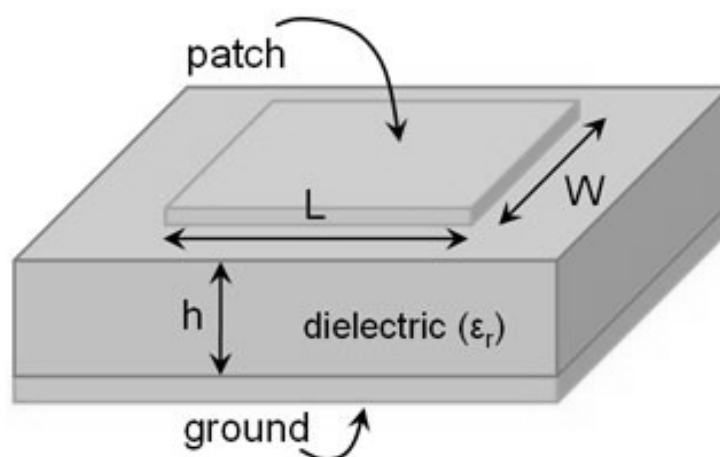


Рисунок 1 – Устройство патч-антенны

Разработанная патч-антенна имеет следующую конструкцию и габаритные размеры: квадратный заземленный экран, выполненный на стеклотекстолите, имеющий размеро 90×90 мм, с высотой 7 мм от экрана располагается излучающий элемент, который имеет вид металлического прямоугольника, имеющий размеры 44×54 мм [6]. Излучающий элемент соединяют с коаксиальным кабелем на обратной стороне экрана, чтобы обеспечить согласование фидера и антенны применяют металлизированную полосу, имеющую определенную конфигурацию, которая соответствует волновому сопротивлению 50 Ом.

Для разработанной антенны достигнуты следующие требования: коэффициент усиления в частотном диапазоне стандарта 802.11b, g, n – 8.4 дБ, ширина диаграммы направленности $70^\circ \pm 0,5^\circ$.

Конструкция антенны смоделирована в системе автоматизированного проектирования «CST STUDIO». Внешний вид антенны представлен на Рисунке 2.

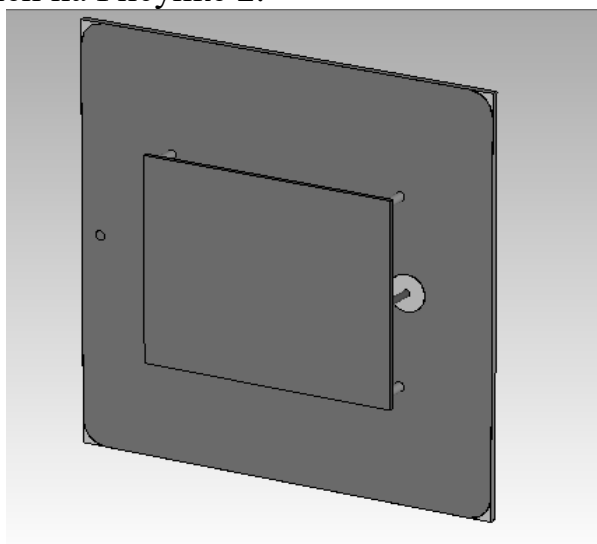


Рисунок 2 – Внешний вид патч-антенны

Диаграмма направленности разработанной линейно-поляризованной патч-антенны приведена на Рисунке 3.

На нем приведено сечение относящееся к горизонтальной плоскости. Вид диаграммы направленности в вертикальной плоскости является идентичным. Масштаб графика логарифмический. Ширина основного лепестка 70.1° .

Коэффициент усиления в направлении луча 8.4 дБ. Бесконечно большой пластиной земли полностью идет экранирование задней полусферы, но пластина земли в реальной антенне характеризуется конечными размерами.

В этой связи мощность излучения по обратному направлению (для заднего лепестка диаграммы направленности) будет иметь меньшую величину, чем мощность излучения по основному лепестку приблизительно на 20 дБ.

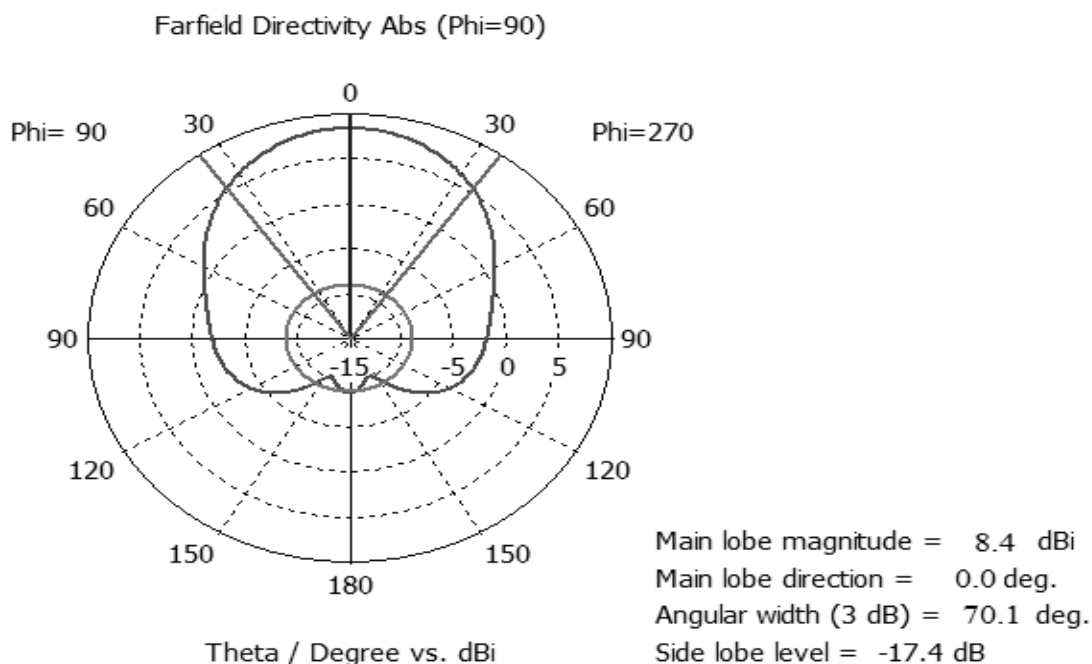


Рисунок 3 – Сечение диаграммы направленности в горизонтальной плоскости

На Рисунке 4 представлена напряженность поля в трехмерной системе координат, что наглядно показывает меру концентрации излучаемой энергии в пространстве.

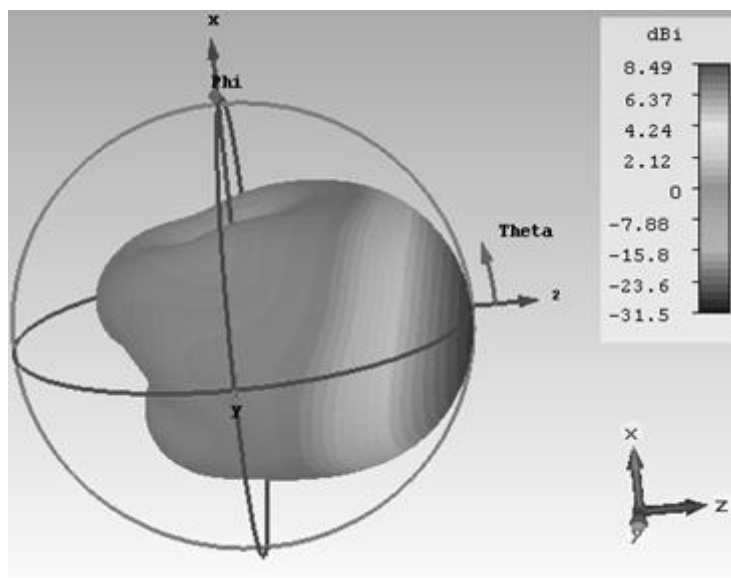


Рисунок 4 – Пространственная диаграмма направленности

Питание антенны осуществляется по коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом. Зависимость значения коэффициента стоячей волны (КСВ) от частоты, характеризующая качество согласования антенны и фидера, представлена на Рисунке 5.

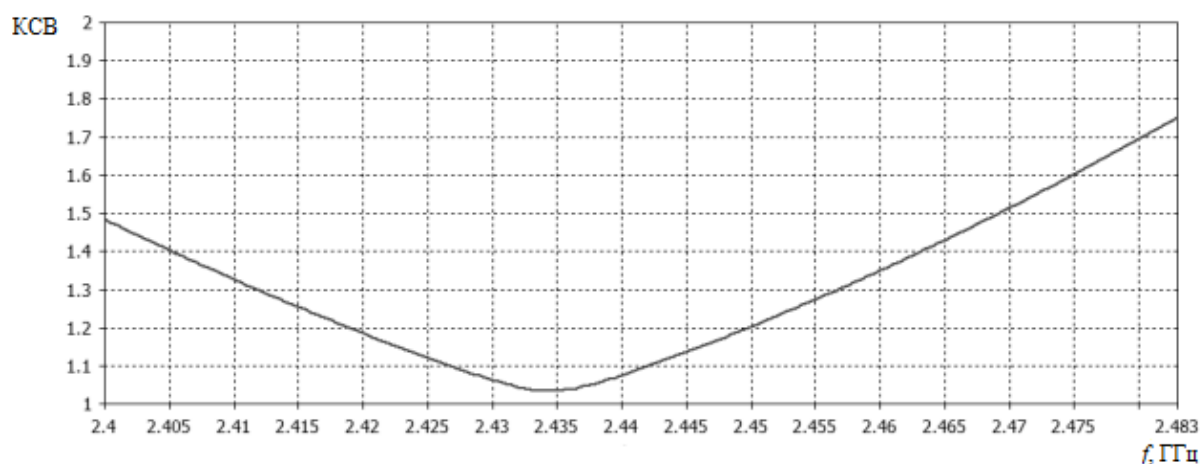


Рисунок 5 – Зависимость значения коэффициента стоячей волны от частоты

Полученная зависимость КСВ от f позволяет сделать вывод о том, что потери сигнала, связанные с отражением сигнала в антенно-фидерном тракте, сведены к минимуму.

Вывод. Разработанная антенна обладает низкой себестоимостью и высокой производительностью. Она позволяет обеспечить дальность радиосвязи стандарта Wi-Fi при прямой видимости на расстоянии более 1500 м, имеет достаточно широкую диаграмму направленности и высокий коэффициент усиления, что даёт возможность использовать её для

создания беспроводного канала связи между устройствами, передачи мультимедийных данных на большие расстояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головинов С.О. Проблемы управления системами мобильной связи / С.О.Головинов, А.А.Хромых // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.
2. Чопоров О.Н. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / О.Н.Чопоров, А.П.Преображенский, А.А.Хромых // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 584-587.
3. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. / Д.М.Сазонов // М.: Высш. шк., 1988. - 432 с.
4. Sharma A.K. / A.K.Sharma, R.M.Wilson, A.Rosen// IEEE Antennas & Propagation Society APS. 1985. Vol. 6. P. 97 - 100.
5. Панченко Б.А. Микрополосковые антенны. / Б.А.Панченко, Е.И.Нефёдов // М.: Радио и связь. 1986. - 144 с.
6. Дмитриев В.И. Численные методы решения задач синтеза излучающих систем. / В.И.Дмитриев, Н.И.Березина // М.: Изд-во МГУ, 1986. - 186 с.

A.S.Steshkovoy, A.V.Turovskiy

COMPACT PATCH ANTENNA FOR MICROWAVE RANGE

*Military educational scientific center air force air force Academy named after
Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin*

The paper proposes to expand the range of your wireless network to use a small patch antenna using directional properties. The description of the antenna design are described and the principle of its operation, set its frequency and gain. The calculation range of the wireless network with the designed antenna. This graphic of the cross section of the radiation pattern in the horizontal plane, the spatial radiation pattern, based on the values of standing wave ratio against frequency. Designed antenna allows you to ensure the radio range of standard Wi-Fi line-of-sight at a distance of more than 1500 m, has a fairly wide beamwidth and high gain.

Keywords: patch antenna, wave propagation, data transmission, wireless communication.

REFERENCES

1. Golovinov S.O. Problemy upravleniya sistemami mobil'noy svyazi / S.O.Golovinov, A.A.Khromykh // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2012. № 9. S. 13-14.

2. Choporov O.N. Analiz zatukhaniya radiovoln besprovodnoy svyazi vnutri zdaniy na osnove sravneniya teoreticheskikh i eksperimental'nykh dannykh / O.N.Choporov, A.P.Preobrazhenskiy, A.A.Khromykh // Informatsiya i bezopasnost'. 2013. T. 16. № 4. S. 584-587.
3. Sazonov D.M. Antenny i ustroystva SVCh: Ucheb. dlya radiotekhnich. spets. vuzov. / D.M.Sazonov // M.: Vyssh. shk., 1988. - 432 s.
4. Sharma A.K. / A.K.Sharma, R.M.Wilson, A.Rosen// IEEE Antennas & Propagation Society APS. 1985. Vol. 6. P. 97 - 100.
5. Panchenko B.A. Mikropoloskovye antenny. / B.A.Panchenko, E.I.Nefedov // M.: Radio i svyaz'. 1986. - 144 s.
6. Dmitriev V.I. Chislennyye metody resheniya zadach sinteza izluchayushchikh sistem. / V.I.Dmitriev, N.I.Berezina // M.: Izd-vo MGU, 1986. - 186 s.