

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: [mathmod.esrae.ru/47-191](http://mathmod.esrae.ru/47-191)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Дорошенко В.М., Киркица В.А., Гвоздев Е.Ю., Гришин М.Н., Губарь И.О., Зайцев И.В.  
Результаты численного моделирования диаграммы направленности телескопической антенны для FPV-дрона // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2024. №3

УДК 629.735, 621.396.676

DOI:10.24412/2541-9269-2024-3-2-7

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ FPV- ДРОНА

Дорошенко В.М.<sup>1</sup>, Киркица В.А.<sup>2</sup>, Гвоздев Е.Ю.<sup>3</sup>, Гришин М.Н.<sup>4</sup>, Губарь И.О.<sup>5</sup>,  
Зайцев И.В.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, dorvalentina9@gmail.com

<sup>2</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, skrks@mail.ru

<sup>3</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, yevgeniy\_gvozdev@mail.ru

<sup>4</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, mikhail.grisch2016@yandex.ru

<sup>5</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, igorygubar2002@bk.ru

<sup>6</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, krivetkajp@mail.ru

## RESULTS OF NUMERICAL SIMULATION OF THE RADIATIVE PATTERN OF A TELESCOPIC ANTENNA FOR A FPV DRONE

Doroshenko V.M.<sup>1</sup>, Kirkica V.A.<sup>2</sup>, Gvozdev E.Yu.<sup>3</sup>, Grishin M.N.<sup>4</sup>, Gubar I.O.<sup>5</sup>,  
Zaitsev I.V.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,  
Saratov, dorvalentina9@gmail.com

<sup>2</sup> Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,  
Saratov, skrks@mail.ru

<sup>3</sup> Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,  
Saratov, yevgeniy\_gvozdev@mail.ru

<sup>4</sup> Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,  
Saratov, mikhail.grisch2016@yandex.ru

<sup>5</sup> Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,  
Saratov, igorygubar2002@bk.ru

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,  
Saratov, krivetkajp@mail.ru

**Аннотация.** Представлен вариант модификации телескопической антенны для FPV-дрона, конструкция которой основана на дипольной антенне. Данная антенна позволяет передавать и получать сигнал в частотном диапазоне от 136 МГц до 1050 МГц. Постановка задачи по созданию такой антенн является актуальной инженерной задачей, поставленной предприятиями РФ, так как в современных реалиях необходимо создание антенн переменной частоты, которые можно использовать для пилотирования FPV-дронов различной массы. Решение этой задачи позволит усовершенствовать конструкцию FPV-дрона, позволив настраивать его на необходимую нестандартную частоту перед каждым запуском.

Ключевые слова: дипольная антенна, всенаправленная антенна, беспилотные летательные аппараты, FPV-дроны, частотный диапазон.

**Abstract.** The modification of the telescopic antenna for an FPV drone, the design of which is based on a dipole antenna, is presented. This antenna allows you to transmit and receive a signal in the frequency range from 136 MHz to 1050 MHz. Setting the task of creating such antennas is an urgent engineering task set by enterprises of the Russian Federation, since in modern realities it is necessary to create variable frequency antennas that can be used to pilot FPV drones of various masses. Solving this problem will improve the design of the FPV drone, allowing it to be tuned to the required non-standard frequency before each launch.

Keywords: dipole antenna, omnidirectional antenna, unmanned aerial vehicles, FPV drones, frequency range.

## Введение

История развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) берет свое начало еще в начале XX века [1,2]. В последнее десятилетие БПЛА нашли свое применение не только при решении военных задач, спектр их использования расширился на различные коммерческие направления и производственные цели в наукоёмких отраслях промышленности [3]. На данный момент в сфере беспилотных летательных аппаратов широкое распространение приобрела технология FPV [4], что практически означает, что беспилотный летательный аппарат, оснащенный камерой, передает в реальном времени видео на монитор или иные устройства оператора.

Для передачи команд на летательный аппарат с пульта управления и приема видеосигнала с видеопередатчика на подобных БПЛА используются дипольные антенны. Они являются неотъемлемой частью наземной станции. Использование дипольной антенны позволяет увеличить дальность полета и улучшить качество связи между беспилотным летательным аппаратом и оператором. В данной работе рассматривается всенаправленная антенна, которая отвечает за прием видеосигнала. Дипольные антенны, используемые для этого, работают в ультравысокочастотном диапазоне (УВЧ). Антенна, представленная в данной статье, работает в частотном диапазоне 136 МГц до 1050 МГц.

### Результаты моделирования

Была разработана телескопическая антенна для FPV- дрона, длину которой можно менять, для того чтобы настраивать её на необходимую нестандартную частоту, которая требуется для работы. Представленная антенна может размещаться как на корпусе БПЛА, так и на станции управления.

На первом этапе разработки был создан чертеж и 3D модель внешнего вида антенны, представленная на рис. 1, с применением четырех телескопических антенн различной длины. В основу конструкции легла классическая полуволновая дипольная антенна. При проектировании использовались телескопические антенны двух видов. Первая пара антенн имеет длину от 5 до 13 см, вторая пара – от 23 до 100 см. Антенны располагаются на квадратной платформе со стороной 10 см из полиметилметакрилата, что позволяет добавить в конструкцию крепеж для установки антенны на корпус БПЛА или на станцию управления.

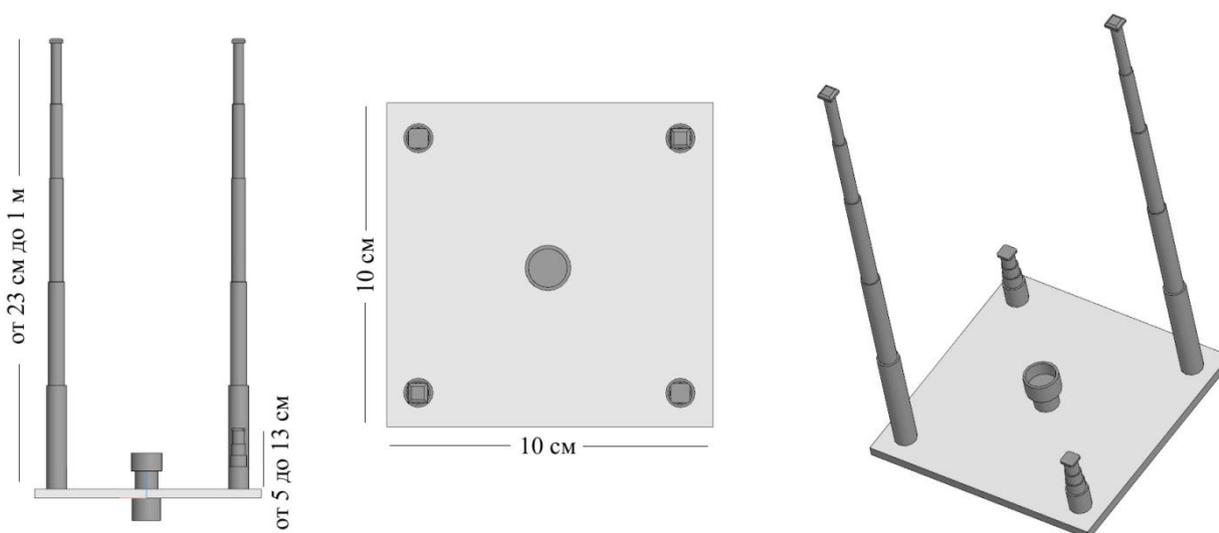


Рис. 1. Модель внешнего вида антенны.

### Изготовление прототипа

Далее был создан прототип антенны, для его разработки понадобилось: медная обмотка - 4 мотка по 0,3 м, коаксиальный кабель - 2 шт., 0,5 м и 0,1 м, медные клеммы МЗ - 11 штук (15мм на 6мм с гнездом 3мм), термоусадки - 14 шт по 0,1 м, коннектор для радиоприёмопередатчика - 1 шт, Наконечник для штока - 4 шт, набор крепежей, переходник SMA – 1 шт, антенна телескопическая 0,23-1 м – 2 шт, антенна телескопическая 0,5-0,13 м – 2 шт, установочная панель 0,2 на 0,15 м – 1 шт.

Антенна представлена на рисунке 2. Данная антенна обладает крепежным механизмом, позволяющим располагать ее на различных поверхностях, как горизонтальных, так и вертикальных. Для использования данной антенны на корпусе беспилотного летального аппарата также планируется разработать

установочную платформу с воздухопрозрачными свойствами, чтобы не



нарушать аэродинамику корпуса БПЛА.

Рис. 2. Внешний вид прототипа антенны

### Моделирование диаграммы направленности антенны

Компьютерное моделирование диаграммы направленности, как основного, характеризующего антенну параметра проводилось в высокоуровневой среде программирования MATLAB. Данная среда разработки обладает встроенным инструментарием, необходимым для проведения компьютерного моделирования приемо-передающих устройств, поэтому результаты, полученные на этапе численной разработки модели по алгоритмам MATLAB можно считать достоверными.

Диаграмма направленности антенны является графическим представлением зависимости интенсивности излучаемого или принимаемого антенной сигнала в зависимости от направления, следовательно, она иллюстрирует, как антенна излучает или принимает сигнал в разных областях пространства. Диаграмма направленности характеризуется уровнем сигнала в главном лепестке (направлении максимального излучения), уровнем побочных лепестков (направлениях с меньшей интенсивностью излучения) и шириной луча (углом в главном лепестке на полувысоте уровня максимального излучения).

Диаграмма направленности важна для выбора антенны и анализа параметров её установки и электросовместимости, определения зоны покрытия и оценки уровня помех. В контексте радиотехники и связи, шум представляет собой

нежелательные сигналы, перекрывающие полезный сигнал, что может существенно повлиять на процесс приёма-передачи.

С учётом исследования антенны типа диполь получаем следующий псевдокод компьютерной модели.

На первом этапе, создаётся дипольная антенна с длиной 0.08 м. и шириной 0.015 м.

Параметр 'Tilt' устанавливает угол наклона антенны (в данном случае 90 градусов). При помощи параметра 'TiltAxis' задает ось наклона, в данном случае это ось Y. Далее создается объект с диэлектрическими свойствами, например из тефлона. Этот материал часто используется в антеннах из-за его хороших электрических свойств. Также задается объект отражателя, который использует ранее созданную дипольную антенну в качестве возбуждающего элемента. 'Spacing' задает расстояние между антенной и отражателем (в данном случае 0.075 мм).

Для каждой антенны создается объект reflector, который будет использоваться для анализа.

Построение диаграммы направленности было проведено для описанной выше модели на частоте 720 МГц. Такая частота была выбрана исходя из наиболее распространенных частотных диапазонов, используемых при применении антенн подобного типа и функциональных возможностей на БАС и пультах управления.

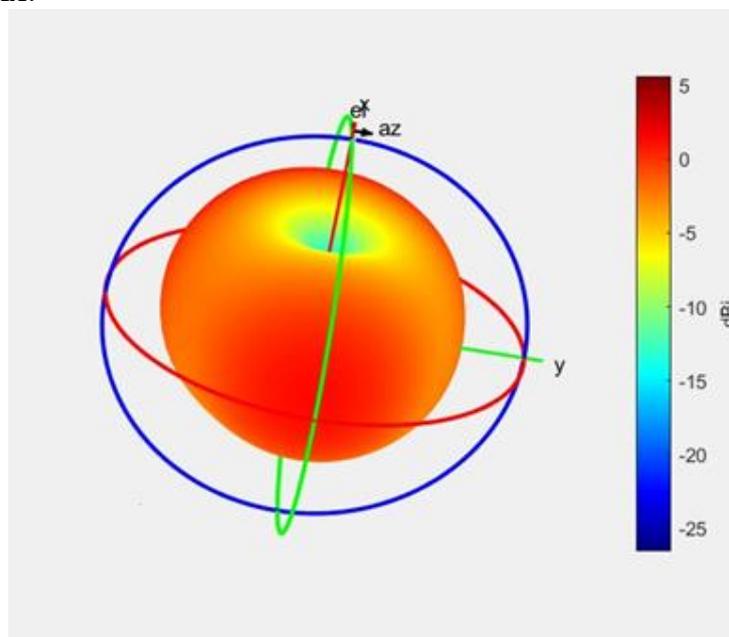


Рис. 3. Численная модель диаграммы направленности антенн на частоте 720 МГц.

Из рисунка 3 видно, что дипольная антенна имеет характерную диаграмму направленности, которая обычно представляется в виде тора.

Также видно, что данная антенна излучает наиболее интенсивно в плоскости, перпендикулярной к её оси. Это означает, что максимальная мощность излучения направлена в стороны, а не вверх или вниз.

Анализируя угол, под которым происходит излучение, можно проследить зависимость этого угла от длины диполя и частоты сигнала. Более длинные диполи могут иметь более узкую диаграмму направленности.

#### Заключение

В данной работе представлена составная дипольная антенна, разработанная для размещения и осуществления приёмо-передачи для беспилотных авиационных систем. Дано пояснение актуальности разработки таких устройств и их характеристики, необходимые для стабильного обеспечения связи.

Представлен и описан прототип, перечислены его основные компоненты, необходимые для сборки. Показаны перспективы развития данного проекта.

Проведено математическое моделирование диаграммы направленности представленного прототипа, которое позволило сделать вывод о возможности дальнейшей разработки и эффективного внедрения.

#### Литература

1. Петушкова В. Б., Потапова С. О. История создания беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-sozdaniyabespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 14.11.2024).
2. Вавилонский А. В. и др. Типы и характеристики беспилотных летательных аппаратов: обзор. 2023.
3. Шиболденков В. А., Куликова М. Е., Савченко П. П. Обзор применения технологии летательных дронов в производственных целях (на примере наукоёмкой промышленности) // Московский экономический журнал. 2023. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-primeneniya-tehnologii-letatelnyh-dronov-v-proizvodstvennyh-tselyah-na-primere-naukoyomkoj-promyshlennosti> (дата обращения: 14.11.2024).
4. Дрон России. Что такое FPV дроны [Электронный ресурс]: сайт <https://drones-russia.ru/>. – URL: <https://drones-russia.ru/blog/stati/chto-takoe-fpv-drony/> (дата обращения: 14.11.2024).