



УДК 621.369.67

*А. С. Антонов, Ю. Г. Антонов,
С. В. Балландович, М. И. Сугак*

НИЗКОПРОФИЛЬНАЯ АНТЕННА ДЛЯ БПЛА

Представлены результаты исследования характеристик малогабаритной низкопрофильной антенны L -диапазона для беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с изотропной в азимутальной плоскости диаграммой направленности и вертикальной поляризации. Антенна разработана на кафедре ТОР СПбГЭТУ и выпускается серийно.

Низкопрофильная антенна, вертикальная поляризация, БПЛА

Рассмотрим результаты разработки конструкции и исследования характеристик компактной низкопрофильной антенны L -диапазона вертикальной поляризации с квазиизотропной ДН в азимутальной плоскости для установки на диэлектрический или проводящий корпус БПЛА.

Попытка реализовать противоречивые требования, предъявляемые к электрическим характеристикам антенн (БПЛА) [1] одновременно с малыми габаритами и низким аэродинамическим сопротивлением, приводят к решению в виде штыревой антенны (для обеспечения вертикальной поляризации и изотропной ДН в азимутальной плоскости) с емкостной торцевой нагрузкой (рис. 1, *a*). Стремление уменьшить аэродинамическое сопротивление антенны (уменьшить высоту антенны h) заставляет существенно увеличивать размер (диаметр d) верхней емкостной нагрузки. Наиболее слабым местом в таком решении является низкое значение вещественной части входного сопротивления и малый запас механической прочности, обусловленный конструкцией узла возбуждения.

Проблему выбора конструкции осложняет еще и тот факт, что корпус современных БПЛА может быть выполнен как из проводящего материала, который может играть роль развитой «земли», так и из хорошего диэлектрика. При этом антенна должна быть законченной целостной конструкцией, характеристики которой должны слабо зависеть от локальных условий. Таким образом, четвертьволновая штыревая антенна и ее модификации с верхней емкостной нагрузкой плохо подходят для этой роли, так как в условиях проводящего корпуса будут обладать хорошими характеристиками, а в условиях диэлектрического – потребуют развитого

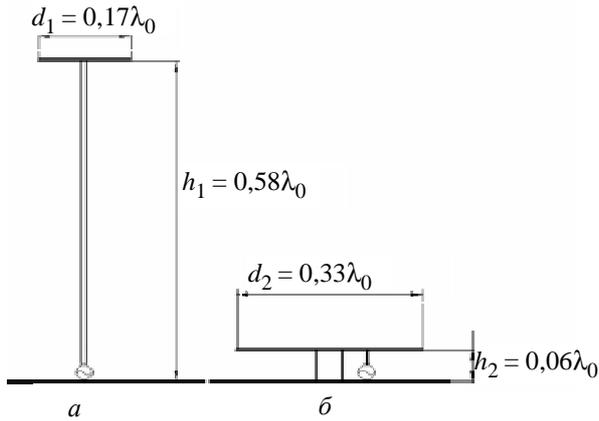


Рис. 1

проводящего основания или искусственной «земли». Ограниченная по площади «земля» штыревой антенны приводит к необходимости увеличить длину штыревой части антенны для обеспечения высокого уровня согласования (рис. 1, а) либо мириться с вещественной частью входного сопротивления порядка единиц ом. По этим причинам более привлекательным является конструкция электрически короткой штыревой антенны с ограниченной по площади «землей» и шунтовым питанием (рис. 1, б). Действительно, такая конструкция позволяет существенно увеличить входное сопротивление,

а механическая прочность обеспечивается прочным центральным проводящим цилиндром. Частотные зависимости входного сопротивления двух вариантов антенн приведены на рис. 2 (расчетные данные получены методом конечного интегрирования [2]).

Из рис. 2 видно, что на рабочей частоте вариант, соответствующий рис. 1, б, обеспечивает увеличение вещественной части входного сопротивления с 22 до 46 Ом. При этом высота конструкции снижается до 7 мм (без учета корпуса обтекателя).

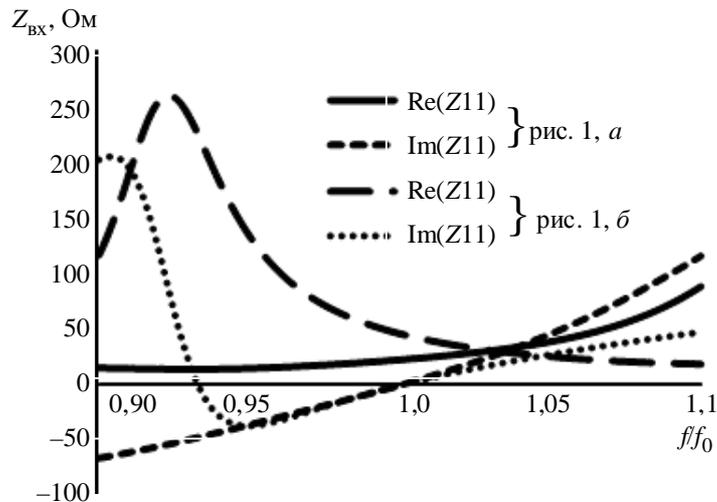


Рис. 2

На рис. 3 приведена конструкция антенны с указанием системы координат. На реальных БПЛА класса «микро» антенна устанавливается в нижней части корпуса, таким образом ось Z направлена от корпуса вниз, к земле.

Семейство кривых на рис. 4 показывает, что с увеличением высоты h антенны ее рабочая частота смещается в область низких частот, координата точки подключения питающего порта X_0 существенно влияет на уровень согласования (рис. 5).

Из расчетов следует, что на рабочей частоте f_0 реактивное сопротивление антенны близко к нулю, а активное (с учетом обтекателя) равно приблизительно 55 Ом, что обеспечивает хороший уровень согласования с фидером. На рис. 6 приведены расчетная и экспериментальная частотные зависимости коэффициента стоячей волны (КСВ) антенны, рабочая полоса частот по критерию $КСВ < 2$ составляет 4 %.

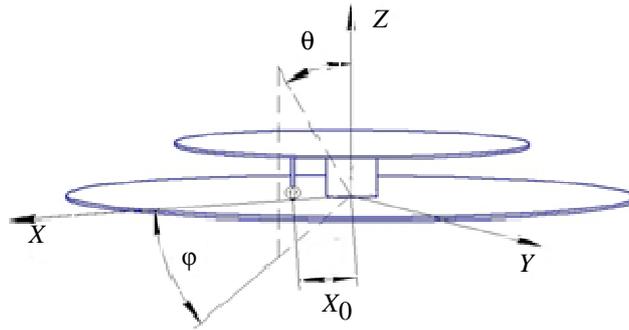


Рис. 3

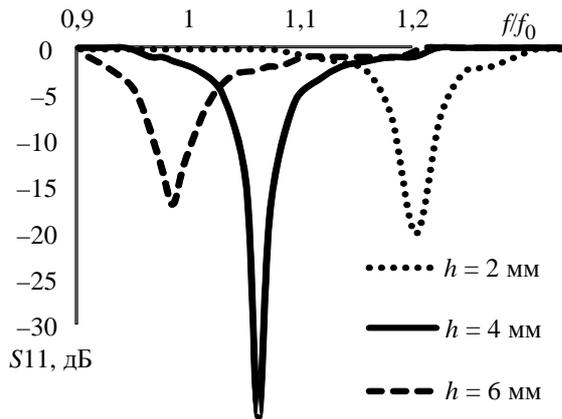


Рис. 4

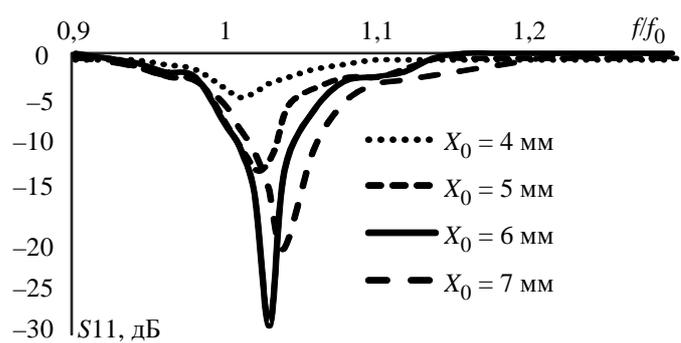


Рис. 5

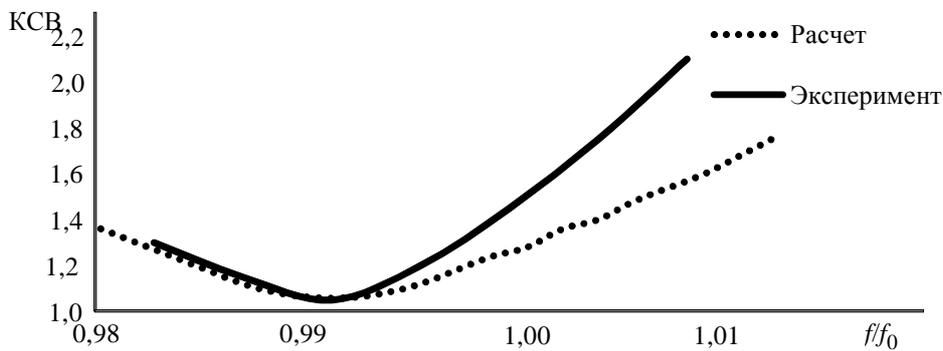


Рис. 6

Расчетная ДН антенны в азимутальной плоскости на рабочей частоте ($\theta = 90^\circ$, $\varphi = \text{var}$) показана на рис. 7. Неравномерность ДН в азимутальной плоскости, вызванная конструктивным выполнением узла питания, не превышает 1 дБ, что можно считать приемлемым результатом. Вместе с тем наличие бортового радиооборудования в диэлектрическом корпусе реального БПЛА приводит к более существенной неравномерности формы ДН (рис. 7, эксперимент), вплоть до уровня 5,5 дБ.

Расчетные зависимости E_{θ} - и E_{φ} -компонент поля в угломестной плоскости (при $\varphi = 0$, $\varphi = 90^\circ$, $\theta = \text{var}$) приведены на рис. 8 и 9. Экспериментальное исследование ДН в этой плоскости показало хорошее соответствие с расчетом в случае установки антенны на диэлектрическом крыле. Вместе с тем, использование материалов корпуса БПЛА с проводящими компонентами приводит к некоторому «отжиманию» ДН от плоскости основания антенны с максимумом, приходящимся на углы $\theta = \pm 50^\circ$.

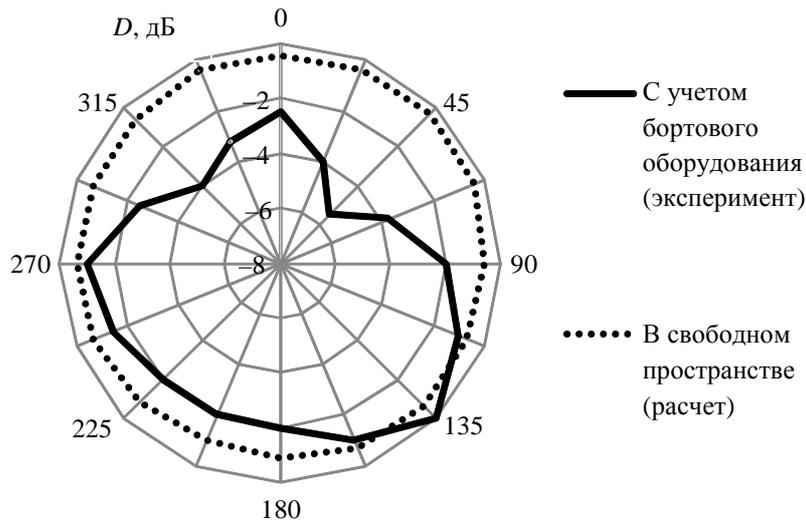


Рис. 7

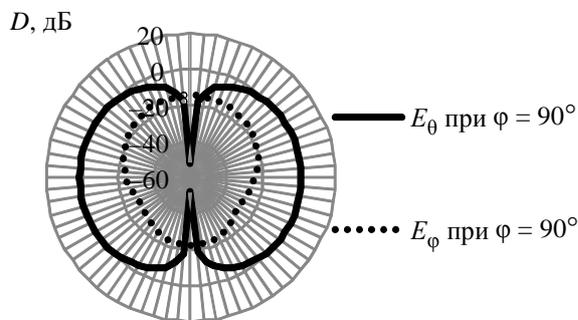


Рис. 8

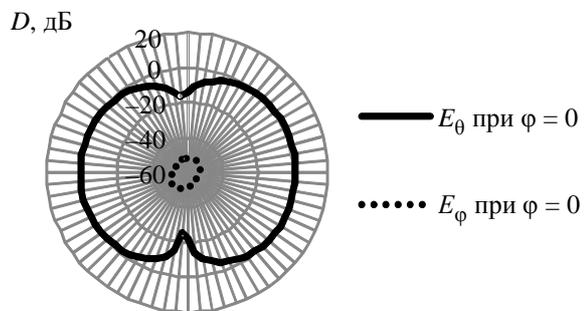


Рис. 9



Рис. 10

В этом случае в направлениях азимутальной плоскости уровень сигнала уменьшается на 4...5 дБ. Кроме того, становится существенным рассогласование антенны с фидером, а значение КСВ на рабочей частоте антенны увеличилось до 3,3. Для минимизации этого неприятного эффекта в комплект поставки разработанной антенны был включен специальный пластиковый вынос.

Разработанная антенна (рис. 10) имеет диаметр 54 мм, высоту 12 мм, массу 25 г. Максимальное значение коэффициента усиления составляет 2 дВ_i, антенна имеет защитный обтекатель, выполненный из ПВХ. В настоящее время антенна выпускается серийно, ведутся работы по созданию низкопрофильной антенны вертикальной поляризации с управляемой ДН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование и экспериментальное исследование антенн для БПЛА / А. С. Антонов, Ю. Г. Антонов, С. В. Балландович, М. И. Сугак // Сб. докл. науч.-техн. школы-семинара «Инфокоммуникационные технологии в цифровом мире», СПб., 2012. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. С. 49–50.

2. Weiland T. A discretization method for the solution of Maxwell's equations for six-component fields // Electronics and Communication. 1997. Vol. 31. P. 116–120.

A. S. Antonov, Y. G. Antonov, S. V. Ballandovich, M. I. Sugak

LOW-PROFILE ANTENNA INTENDED FOR THE INSTALLATION ON UAV

Abstract. In this work the results of the investigation of the compact, low-profile, L-band antenna intended for the installation on UAV (unmanned air vehicle) are presented. This antenna has anisotropic azimuthal radiation pattern and vertical polarization. Antenna was designed at the Theoretical Bases of Radio Engineering Department of the Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI".

Low-profile antenna, vertical polarization, UAV

УДК 629.7.05

Я. А. Мелехов, В. К. Орлов

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫХОДНОЙ ОЦЕНКИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ В ЗАДАЧАХ МЕЖСАМОЛЕТНОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ПРОПАДАНИЙ В КАНАЛЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Представлен сравнительный анализ алгоритмов формирования выходной оценки относительной дальности при наличии пропаданий в канале измерения. Приведены результаты фильтрации для различных типов пропаданий.

Линейная система, несколько источников информации, оценивание при наличии пропаданий, кроссквариация, дискретный фильтр Калмана

Рассмотрим результаты исследования, описанного в работе [1], и распространим их на случай пропадания измерения относительной дальности (абсолютных координат) группы летательных аппаратов (ЛА). В качестве класса системы межсамолетной навигации (МСН) была выбрана автономная система, позволяющая работать независимо от других источников навигационной информации. Вследствие того, что в данном классе МСН измерение абсолютных координат производится на каждом ЛА с помощью пилотажно-навигационного комплекса (ПНК), к существенным недостаткам которого относится невысокая точность оценивания и накопление ошибок в процессе полета, было предложено для повышения точности определения абсолютных координат использовать данные от спутниковой радионавигационной системы (СРНС). Более подробную информацию о классах МСН, их достоинствах и недостатках можно найти в [2]. Однако использование СРНС влечет за собой ряд проблем, связанных с недостаточной информационной надежностью сигналов навигационных спутников, а также возможностью пропадания измерений координат, связанных с маневрированием ЛА. Таким образом, решение задачи формирования выходной оценки относительной дальности от нескольких источников (дальномер и СРНС) информации при наличии пропаданий в канале измерений является актуальной проблемой. В качестве алгоритмов формирования оценки выступают методы, представленные в работе [3].

Формальная постановка задачи. Целью исследования является сравнительный анализ алгоритмов формирования выходной оценки относительной дальности группы ЛА, предложенных в [3], при наличии пропаданий в канале измерения. Анализ проводился для различных типов пропаданий (одиночных и пакетных) и одной модели движения группы (равномерное движение с относительной скоростью, отличной от нуля).