

ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ПО ПРОВОДНОЙ И РАДИОСВЯЗИ,
ТЕЛЕВИДЕНИЮ, РАДИОВЕЩАНИЮ

3.2011



ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ
ПРОИЗВОДИТЕЛИ. КТО ОНИ?

КУРСОМ ИННОВАЦИЙ.
ИТОГИ ФОРУМА МАС

АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

НОВЫЕ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ
NGN

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ
ОПЕРАТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТА



УЧРЕДИТЕЛИ:
РЕГИОНАЛЬНОЕ СОДРУЖЕСТВО В ОБЛАСТИ СВЯЗИ,
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ,
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ
ИМ. А.С. ПОПОВА

ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

ОСНОВАН В 1933 ГОДУ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ПО ПРОВОДНОЙ И РАДИОСВЯЗИ,
ТЕЛЕВИДЕНИЮ, РАДИОВЕЩАНИЮ

№ 3/2011

В НОМЕРЕ:

CONTENTS

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.В. Шахильдян, чл.-корр. РАН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ал.-р.С. Аджемов, к.т.н.

Арт.С. Аджемов, д.т.н.

Е.Б. Алексеев, д.т.н.

В.А. Андреев, д.т.н.

В.И. Борисов, чл.-корр. РАН

А.Л. Бузов, д.т.н.

В.В. Бутенко, д.т.н.

М.А. Быховский, д.т.н.

В.В. Витязев, д.т.н.

П.П. Воробийченко, д.т.н.

А.А. Гоголь, д.т.н.

Ю.А. Громаков, д.т.н.

В.Ф. Гуркин, к.т.н.

Ю.Б. Зубарев, чл.-корр. РАН

А.А. Иванов, д.т.н.

Л.Я. Кантор, д.т.н.

С.В. Кизима, д.т.н.

О.Э. Кильдишева, к.т.н.

И.В. Ковалева (зам. главного редактора)

К.И. Кукк, д.т.н.

А.Е. Кучерявый, д.т.н.

С.Л. Мищенко, д.т.н.

Н.Н. Мухитдинов, ген. директор
Исполкома РСС

А.П. Оситис, президент МАС

Т.Г. Рахимов, к.т.н.

С.Г. Ситников, к.т.н.

В.В. Тимофеев, к.т.н.

Г.Ш. Хасьянова, к.э.н.

В.О. Шарцман, д.т.н.

ВЕДУЩИЙ РЕДАКТОР

Н.В. Ефимова

НОМЕР ГОТОВИЛИ

ТАКЖЕ:

И.А. Богородицкая

Е.В. Жарикова

Ю.М. Севрюкова

Е.М. Бельнская

Т.И. Марунич

КОМПЬЮТЕРНЫЕ

ДИЗАЙН, НАБОР, ВЕРСТКА

И.В. Волченкова

Подписные индексы

по каталогам:

«Роспечать» — 71107

«Пресса России» — 41411

«Почта России» — 61854

ISSN 0013-5771.

ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ. 2011, № 03. 1-56.

Сдано в набор 11.03.2011.

Подписано в печать 21.03.2011.

Печать офсетная. Формат 60×90%

Изд. № 64. Усл. кр.-отт. 14,12.

Уч.-изд. л. 19,6. Усл. печ. л. 7.

Тираж 3000 экз.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

© ООО "Инфо-Электросвязь"

Богородицкая И.А. ■ Отечественные производители. Кто они? 2

Голышко А.В. ■ Старые проблемы в новом году 3

Ковалева И.В. ■ Курсом инноваций: итоги 12-го Международного форума МАС 5

Тихвинский В.О. ■ LTE открывает эру мобильных инноваций. Итоги MWC-2011 8

АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Тематическая подборка

К читателям! 10

Бузов А.Л., Юдин В.В. ■ Использование эффекта сверхнаправленности в широкополосных приемных кольцевых антенных решетках 10

Сомов А.М., Титовец П.А., Отнякин С.П. ■ Зоны земной поверхности, влияющие на шумовую температуру антенн 15

Комяков А.В., Зайцев В.А. ■ Авиационная антенная техника ФНПЦ ФГУП "НПП "Полеет": от антенн до антенных решеток и интегрированных систем авиации пятого поколения 21

Валов В.А., Телешов О.А., Телешов И.А., Фарафонов В.П. ■ Мобильный АИК для определения характеристик излучения антенн в КВ-, СВ-, ДВ- и СДВ-диапазонах 26

Метелев С.А., Волкова Е.Н. ■ Принципы построения активных адаптивных антенных решеток для авиационных комплексов связи 29

Митрофанова Т.В., Петров В.В. ■ Моделирование входных параметров мобильной передающей антенны МРМВ-диапазона 34

Маслов О.Н., Силкин А.А. ■ Частотные характеристики малогабаритной резонансной антенны с корректирующей реактивностью 37

Будагян И.Ф., Максимов М.А., Чебышев В.В. ■ Моделирование характеристик излучения микрополосковых спиральных антенн при работе со сверхкороткими импульсами 41

СЕТИ СВЯЗИ

Назаров А.Н., Сычев К.И. ■ Модели и методы исследования процессов функционирования и оптимизации построения сетей связи следующего поколения 43

Исмибейли Э.Г., Газиев Ю.Г. ■ Компьютерное моделирование СВЧ-устройств на основе программы HFSS 50

Ситников С.Г., Репина Н.Г. ■ Методологические основы построения модели комплекса технических средств систем оперативного менеджмента 54

ИНФОРМАЦИЯ

Решение Alcatel-Lucent 100G для оптических сетей 14

Вниманию специалистов 20, 56

Парад телеком-услуг 28, 33

АРОС выступает за честную конкуренцию 36

ГКРЧ: итоги работы по конверсии РСЧ в 2010 г. и планы на 2011 г. 49

BOGORODITSKAYA I.A. ■ Domestic producer – who is it? 2

GOLYSHKO A.V. ■ Old problems in the new year 3

KOVALEVA I.V. ■ The results of ITA's XII Forum 5

TIKHVINSKY O.V. ■ The results of MWC-2011 8

BUZOV A.L., YUDIN V.V. ■ Using the superdirectivity effect in broadband receiving circular antenna arrays ... 10

SOMOV A.M., TITOVETZ P.A., OTNYAKIN S.P. ■ Earth surface areas having significant impact on the noise temperature of aerials 15

KOMYAKOV A.V., ZAYTSEV V.A. ■ The FRPC FSUE "NPP "Polyot" avionic antenna equipment – from antennas to antennas arrays and fifth generation integrated antenna systems 21

VALOV V.A., TELESHOV O.A., TELESHOV I.A., FARAFONOV V.P. ■ A mobile automated measuring complex for definition of antenna radiation characteristics 26

METELEV S.A., VOLKOVA E.N. ■ Basics of design of active adaptive antenna arrays for aeronautical telecommunication systems 29

MITROFANOVA T.V., PETROV V.V. ■ Simulation of VLF mobile transmitting antenna input parameters 34

MASLOV O.N., SILKIN A.A. ■ Frequency characteristics of a compact resonant correction reactivity antenna 37

BUDAGYAN I. F., MAKSIMOV M.A., CHEBYSHV V.V. ■ Modelling emission characteristic of ultrashort pulse microstrip spiral antennas ... 41

NAZAROV A.N., SYCHEV K.I. ■ Models and methods of studying operation and next generation networks' design optimization ... 43

ISMIBEYLI E.G., GAZIYEV Y.G. ■ Computer modeling of microwave telecommunication devices based on the HFSS program 50

SITNIKOV S.G., REPINA N.G. ■ Methodological basics for a hardware model design of enterprise management systems 54

INFORMATION 14, 20, 28, 33, 36, 49, 56

В соответствии с решением Президиума ВАК Минобрнауки России журнал «Электросвязь» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание степени доктора и кандидата наук (<http://vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/vak/>)

Адрес редакции журнала: 107031, Москва, К-31, К
Тел.: 625-84-36, 625-84-13, 624-15-92 Факс: 624-15-92
E-mail: elsv@garnet.ru www.elsv.ru



УДК 621.396.677

АВИАЦИОННАЯ АНТЕННАЯ ТЕХНИКА ФНПЦ ФГУП «НПП «ПОЛЕТ»: ОТ АНТЕНН ДО АНТЕННЫХ РЕШЕТОК И ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ АВИАЦИИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.В. Комяков, генеральный директор ФНПЦ ФГУП «НПП «Полет», к.т.н.

В.А. Зайцев, главный конструктор антенно-фидерных систем ФНПЦ ФГУП «НПП «Полет»

Ключевые слова: антенно-фидерное устройство, связь, навигация, опознавание, наведение, самолеты, вертолеты, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), авиационная радиосвязная фазированная антенная решетка, интегрированная антенно-фидерная система (ИАФС), интегрированные стелс-технологии.

ФНПЦ ФГУП «НПП «Полет» (г. Нижний Новгород) — головное предприятие в области техники авиационной радиосвязи. К направлениям его деятельности относятся прикладные научные исследования, опытно-конструкторские разработки, модернизация ранее созданных изделий, производство и испытания оборудования связи и антенн.

Разработкой антенно-фидерных устройств (АФУ) летательных аппаратов (ЛА) традиционно занималось каждое авиастроительное ОКБ. В начале 80-х годов на ФНПЦ ФГУП «НПП «Полет» было принято кардинальное решение — разрабатывать самолетные антенны собственными силами. Успешное решение этой задачи должно было снять острую проблему выпуска модификаций АФУ практически для каждого типа ЛА.

Первым результатом работы специалистов предприятия в новой области стала антенна дециметровых волн (ДКМВ) для самолета Ту-22, разработанная в 1978 г. совместно с ЛИИ им. М.М. Громова. Несколько позже были разработаны щелевые ДКМВ антенны для самолетов Су-27, Су-30, Су-35. Список самолетов и вертолетов, для которых были разработаны антенны,

говорит сам за себя: Ту-22, Ту-204, Ту-304, Ту-334, Ту-160, Ил-22, Ил-96, Ил-82, Ил-80, Бе-40, Ан-124, Ан-224, Ан-70, Як-130УБМ, Ка-37, Т-50 [1].

С 1992 г. на предприятии активно развиваются антенные стелс-технологии [2]. Результатом совершенствования антенн в части уменьшения заметности стали антенны ДКМВ и радионавигационной системы дальней навигации (РСДН), в которых излучателями являются электрически изолированные кили самолета (например, для истребителя пятого поколения Т-50), а для диапазонов метровых и дециметровых волн (МВ-ДМВ) и ДМВ — вибраторные рамочные антенны, размещаемые под диэлектрическими обтекателями самолета.

При проектировании и разработке АФУ ЛА используется комплексный подход, включающий обработку излучающих характеристик и оптимизацию размещения антенн на объекте. Метод математического моделирования и методы полунатурного моделирования на масштабных моделях и фрагментах частей ЛА позволяют обрабатывать диаграммы направленности (ДН) и коэффициенты усиления (КУ) антенн.

ФНПЦ ФГУП «НПП «Полет» разработаны и изготавливаются более 60 образцов авиационной бортовой и наземной антенной техники [3], которые удовлетворяют требованиям «Единых норм летной годности...», Авиационным правилам, общим тактическим требованиям ВВС, требованиям государственных и отраслевых стандартов и подразделяются на:

- бортовые вибраторные и многовитковые антенны (табл. 1);

- бортовые антенно-фидерные системы (табл. 2);

- бортовые фазированные антенные решетки (ФАР) с электронным наведением луча (табл. 3);

- наземные вибраторные антенны, вертикальные решетки, антенно-мачтовые устройства (АМУ) и антенные системы (табл. 4);

- мультиплексоры, диплексоры, коммутационно-разделительные устройства (табл. 5).

При оценке излучающих характеристик широкодиапазонных авиаци-



Рис. 1

онных антенн МВ-ДМВ диапазона (рис. 1) используется показатель качества по излучающим характеристикам. Его числитель — минимальная величина КУ в горизонтальной плоскости ($\min KU_{\text{гор}}$), выраженная в дБ, измеряемая, как правило, по методикам ГОСТ Р 50860-2009 [6], а знаменатель — относительная высота антенны, выраженная в долях максимальной длины волны рабочего диапазона λ_{max} (то есть

ФНПЦ ФГУП «НПП «Полет»
603950, Нижний Новгород, ГСП-462
телефон: (831) 245-21-04,
факс: (831) 249-39-41, 245-31-57
E-mail: polyot@atnn.ru; Web: www.polyot.atnn.ru
Представительство в Москве:
телефон: (495) 621-62-63, факс: (495) 917-00-78



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ **ПОЛЕТ**



Таблица 1

№ п/п	Наименование	Диапазон частот, МГц	$\min K_{\text{top}}$ (дБ)/ высота антенны (в долях $\lambda_{\text{свч}}$)	Место размещения	Назначение
Широкодиапазонные несимметричные вибраторные антенны					
1	АМЗ-Бн	30–80	-0,5/0,0998	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне МВ1
2	АМЗ-Ар10	80–120	+0,9/0,191	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиорелейная связь (РРС)
3	АМЗ-Ар10В	80–120	0/0,12	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
4	АМЗ-ЛТ	140–240	0/0,177	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
5	АМЗ-АТ	140–240	0/0,154	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
6	АМЗ-А	160–480	0/0,1537	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
7	АМЗ-2М	235–469	+0,5/0,201	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
8	АМЗ-К	236–429	+2,8/0,177	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиосвязь
9	АМЗ-К2	390–645	0/0,195	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
10	АМЗ-ДМВ	625–645	0/0,210	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	РРС
11	АМЗ-МВ	118–138	+1,0/0,098	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиосвязь в диапазоне МВ2
12	АШВ-ДМВ-К	220–400	-3,0/0,095	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь
13	АШВ-ДМВ-Х	220–400	-3,0/0,095	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь
14	Бн-286	30–174 220–400	-25,0/0,032	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиосвязь в диапазоне УКВ
15	Бн-8ТМ	30–150, 220–400	-17,0/0,061	Диэлектрическая законцовка кия	Радиосвязь в диапазоне УКВ
16	Бн-10В	30–150, 220–400	-17,0/0,067	Диэлектрическая законцовка кия	Радиосвязь в диапазоне УКВ
17	АКВ-МДМ1**	30–174, 220–400	-12,0/0,0555	Диэлектрическая законцовка кия	Радиосвязь в диапазоне УКВ
18	АМЗ-Л	100–150, 220–400	0/0,128	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
19	АФВ-М2ДМ1**	100–174, 220–400	-1,0/0,083	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
20	АФВ МВ2-ДМВ1**	100–174, 220–400	-1,0/0,083	Фюзеляж, киль ЛА, балка вертолета	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
21	АКВ-1Э*	100–150, 220–400	-1,4/0,111	Диэлектрическая законцовка кия	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
22	АКВ-МВ2-ДМВ1*	100–174, 220–400	-1,0/0,107	Диэлектрическая законцовка кия	Радиосвязь, спутниковая связь (СКС)
Широкодиапазонные симметричные вибраторные антенны ДМВ диапазона					
23	АСВ-1Э	960–1215	+1,7/0,435	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне авиационного терминала (АТ)
24	АСВ-1	960–1215	+1,7/0,435	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне АТ
25	АДВ-1*	726–1450	+1,0/0,339	Диэлектрическая законцовка кия	Радиосвязь в диапазоне АТ, госопознавание
27	АСВ-1И	0,15–1,799, 960–1215 (АТ)	+1,7/0,435	Фюзеляж ЛА	Авиационный радиокompас АРК, радиосвязь в диапазоне АТ
Широкополосные кольцевые щелевые антенны					
28	АДВ-27	960–1215	-3,0/0,00	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне АТ
29	АА	960–1215	-3,0/0,00	Плоская поверхность фюзеляжа, кузова	Радиосвязь в диапазоне АТ
Перестраиваемые (узкополосные) вибраторные антенны					
30	АВП-МВ1	30–108	-12,0/0,043	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне МВ1
31	АВП-ДКМВ	2–30	-/0,008	Электрически изолированный киль	Радиосвязь в диапазоне ДКМВ
Приемные многовитковые антенны					
32	Б5-КцП	2–30	–	Под обтекателем	ДКМВ прием
33	Б18-Зж2Д	0,003–0,064	–	Под обтекателем	СДВ прием
34	Б18-АПКР-ДВ	0,03–0,15	–	Под обтекателем	СДВ прием

Примечания: * – вибраторные рамочные антенны, размещаемые под диэлектрическими обтекателями самолета, ** – вибраторные антенны с изменяющейся в диапазоне рабочих частот электрической длиной [4].

Таблица 2

№	Наименование	Диапазон частот, МГц	Место размещения	Назначение
1	Интегрированная АФС «АИСТ-50» для аппаратуры связи, навигации, опознавания и наведения объекта Т-50*	2–30,75, 100–174, 108–118, 220–400, 280–290, 345–385, 328–336, 722–1215, 726–1450, 726–1370, 0,01–0,13	Электрически изолированный киль, диэлектрические законцовки кия, носовой и хвостовой обтекатели, фюзеляж	ДКМВ, УКВ, СКС, СВВ радиосвязь, РСДН, РСБН, опознавание
2	АФС «АИСТ-5Ка»	2–30, 30–400, 960–1450	Диэлектрические законцовки руля поворота и стабилизаторов	ДКМВ, МВ, ДМВ радиосвязь, госопознавание
3	АФС-КАБ-500	220–400	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне ДМВ1
4	АФС-Х-25МП	220–400	Фюзеляж ЛА	Радиосвязь в диапазоне ДМВ1

Примечания: * в ИАФС «АИСТ-50» в части АФС для аппаратуры РСБН, опознавания и наведения – соисполнитель ОАО ВНИИРА.

на минимальной частоте рабочего диапазона частот), измеряемая от нижней кромки фланца.

Указанные в табл. 1 высоты антенн в долях λ_{\max} показывают, что значительная часть разработок ФГУП «НПП «Полет» соответствует мировому уровню [5].

Заметим, что для фюзеляжных вибраторных антенн (типов АМЗ и АФВ) измерения $\min K_{У\text{гор}}$ проводятся на диске согласно ГОСТ Р 50860-2009. Характеристики таких антенн на диске или фрагменте фюзеляжа измеряются на границе света и тени, то есть измеряемая величина напряженности поля изменяется в несколько раз при изменении угла местности относительно горизонта на 1–3°.

В зарубежных методиках, например, в программах MMANA (Япония, США) определяется максимальное значение КУ, когда его величина мало изменяется при изменении угла. И максимальная и минимальная величины КУ необходимы для оценки дальности и надежности радиосвязи, причем для реальных объектов необходимо измерять $K_{У\text{max}}$ и $K_{У\text{min}}$ в области допустимых углов по крену и тангажу.



Рис. 2

Отметим также, что измеряемая величина КУ зависит от диаметра диска (или от размера фрагмента фюзеляжа) и при угле 0° относительно горизонта может изменяться на 3 дБ (в 2 раза по мощности). Таким образом, при оцен-

ке КУ фюзеляжных антенн возможна погрешность около ± 1,5 дБ.

Кроме того, указанная в табл. 1 высота антенны позволяет оценить другую важную в антенной технике величину – высоту антенны на верхней

Таблица 3

№	Наименование	Диапазон частот, МГц	КУ _{гор} , дБ	Место размещения	Назначение
1	АРФА-РРС	160–480	3,6 (ПРД), 6,0 (ПРМ)	Сверху или снизу фюзеляжа	Увеличение энергopotенциала, обеспечение разнесенного приема
2	АРФА-ЗВ	160–480	3,5 (ПРД), 5,0 (ПРМ)	Снизу фюзеляжа	Увеличение энергopotенциала, обеспечение разнесенного приема
3	АРФА-МВ	200–222	4,7 (ПРД), 7,0 (ПРМ)	Снизу и сверху фюзеляжа	Увеличение энергopotенциала, обеспечение разнесенного по вертикали приема

Таблица 4

№	Наименование	Диапазон частот, МГц	$\min K_{У\text{гор}}$ (дБ)/ высота в λ_{\max}	Место размещения	Назначение
1	АСВ-МВ2	100–150	+2,4/0,38	Мачта	Радиосвязь в диапазоне МВ2
2	АСВ-МВ2-ДМВ1	100–174, 220–400	+2,0/0,296	Мачта	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
3	АСВ-2	960–1215	+2,1/0,704	Мачта или КУНГ	Радиосвязь в диапазоне АТ
4	АДК-50М	30–108, 100–400	+50,0/-	Мачта	Радиосвязь в диапазоне УКВ
5	АСВ-ДКМВ	2–30	–	Мачта	Радиосвязь в диапазоне ДКМВ
6	АШ-4И	2–30	–	КУНГ	Радиосвязь в диапазоне ДКМВ
7	АА	960–1215	-3,0/-	КУНГ	Радиосвязь в диапазоне АТ
Вертикальные решетки с повышенным усилением					
8	АРВ-1	960–1215	+6,0/-	Мачта или стойка	Радиосвязь с повышенным КУ
9	АУ-1	960–1215	+6,0/-	Мачта или стойка	Радиосвязь с повышенным КУ
Антенно-мачтовые устройства					
10	АМУ-МВ2-ДМВ1	100–174, 220–400	–	Поверхность земли	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
11	АМУ-ДКМВ	2–30	–	Поверхность земли	Радиосвязь в диапазоне ДКМВ
Наземные антенные системы (АС)					
12	АС-НКВСУ	2–30, 100–174, 220–400	–	Поверхность земли	Радиосвязь в диапазонах ДКМВ и МВ2-ДМВ1
13	АФС-НМС	220–400	–	Поверхность земли	Радиосвязь в диапазоне ДМВ1
14	АРС-Н-1	100–150, 220–400	–	КУНГ	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1
15	АРС-Н-Цн	100–150, 220–400	–	КУНГ	Радиосвязь в диапазоне МВ2-ДМВ1

частоте диапазона. Указанная величина показывает вероятность появления на верхней частоте диапазона эффекта увеличения угла отклонения максимума главного лепестка ДН от горизонтальной плоскости из-за появления противофазных участков тока на вибраторе, что недопустимо в радиосвязных антеннах. Как показывает опыт, из-за противофазных участков тока на антенне этот угол может увеличиваться до 30° относительно горизонта.

Для оценки характеристик рамочных вибраторных антенн можно предложить обобщенный показатель качества [7], состоящий из двух частей:

обобщенного показателя качества излучающих характеристик, описанного выше;

показателя качества по эффективной площади рассеяния (ЭПР) — величины, обратной максимальной эффективной площади рассеяния для секторов в передней и задней полусферах, а также в боковых секторах.

Этот обобщенный показатель позволяет оценить современные антенны не только с учетом размещения на объекте [8], но и с учетом вклада антенн в суммарную ЭПР объекта, создаваемого с использованием стелс-технологий.

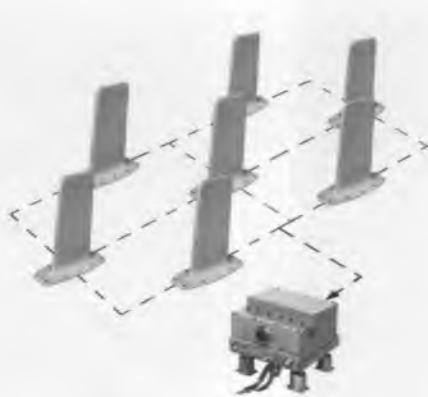


Рис. 3

Одна из наиболее перспективных разработок предприятия — интегрированная антенно-фидерная система (АФС) нового поколения для объекта Т-50 (рис. 2). В АФС «АИСТ-50» осуществлено два вида интеграции.

1. Использование каждой из антенн для аппаратуры нескольких подсистем. Например, рамочная несимметричная вибраторная антенна АКВ-МВ2-ДМВ1И применяется для аппаратуры УКВ радиосвязи, спутниковой радиосвязи и высокоскоростной радиолинии, а рамочная симметричная вибраторная антенна АДВ-1 может применяться для аппаратуры авиационного терминала АТ-21 и госопознавания (ГО).

2. Интеграция в конструкцию самолета, когда антеннами являются его элементы. Например, электрически изолированные кили являются антеннами ДКМВ и диапазона РСДН.

Это позволило сократить общее количество антенн на борту на 25 % и уменьшить ЭПР антенной системы в 7–9 раз.

В разрабатываемой АФС «АИСТ-5Ка» для вертолета Ка-52 решается проблема обеспечения высокого коэффициента усиления в расширенном диапазоне УКВ 30–400 МГц. Указанный диапазон разбивается на два поддиапазона: 30–174 и 220–400 МГц, в каждом из которых применяются рамочные несимметричные вибраторные антенны, обеспечивающие высокий КУ. Объединение поддиапазонов выполняется с малыми потерями на диплексоре, приведенном в табл. 5.

В представленных в табл. 3 изделиях реализованы технические решения, предложенные в [9–11]. Они могут быть распространены и на антенные решетки, содержащие меньшее (два — четыре) количество элементов.

На рис. 3. приведена бортовая фазированная антенная решетка с электронным наведением луча АРФА-РРС. Это — семиэлементная антенная решетка,

Таблица 5

№	Наименование	Диапазон частот, МГц	Место размещения	Назначение
Мультиплексоры				
1	«Стриж-А»	100–150, 220–400	Внутри фюзеляжа	Одновременная работа 4-х радиостанций в режиме приема-передачи на одну антенну
2	«Стриж-Б»	100–150, 220–400	Внутри фюзеляжа	Одновременная работа 8-ми радиостанций в режиме приема на одну антенну
3	«Стриж-В»	100–150, 220–400	Внутри фюзеляжа	Одновременная работа 2-х радиостанций в режиме приема-передачи на одну антенну
4	Б56-Дв	100–400	Внутри фюзеляжа	Работа 2-х радиостанций в режиме приема
5	«Марс»	30–80	Внутри фюзеляжа	Совместная независимая работа 8-ми радиостанций
Коммутационно-разделительные устройства				
6	Коммутационно-разделительное устройство КРУ МВ-ДМВ*	100–174, 220–400	Внутри фюзеляжа	Переключатель 4-канальный для УКВ и СКС каналов
7	Коммутационно-разделительное устройство КРУ А МВ-ДМВ*	100–174, 220–400	Внутри фюзеляжа	Переключатель 3-канальный для УКВ и СКС каналов
8	Коммутационно-разделительное устройство КРУ-ДМВ*	726–1370	Внутри фюзеляжа	Переключение антенн АТ и ГО
Диплексоры				
9	Диплексор спутниковой связи*	280–290, 345–385	Внутри фюзеляжа	Разделение приема и передачи
10	Диплексор МВ2-ДМВ1 диапазона*	100–174, 220–400	Внутри фюзеляжа	УКВ радиосвязь

Примечание: * - выделены изделия, использованные при создании интегрированных АФС.



Рис. 4



Рис. 5

где не предусмотрено отключение излучателей, которые не вносят вклад в главный лепесток ДН. Решетка применяется для связи в радиорелейных каналах на широкофюзеляжных самолетах, летающих, как правило, с малыми кренами.

АРФА-3В – десятиэлементная радиосвязная ФАР, в которой предусмотрено разделение элементов на две группы. Первая группа из пяти излучателей устанавливается в носовой части самолета, вторая группа из пяти излучателей – в хвостовой. В зависимости от тангажа самолета происходит подключение одной из групп излучателей.

АРФА-МВ – девятиэлементная антенная решетка, в которой пять излучателей размещаются сверху фюзеляжа, а четыре – снизу. Такое размещение излучателей в решетке обеспечивает наиболее эффективный разнесенный прием и передачу с синфазным сложением сигналов, за счет чего существенно увеличивается энергетика канала связи в заданных направлениях и уменьшается влияние многолучевого распространения радиоволн на надежность радиосвязи.

Наземные антенны и антенные системы приведены на рис. 4.

Симметричные вибраторные антенны АСВ-МВ2 и АСВ-МВ2-ДМВ1 не уступают по характеристикам лучшим зарубежным аналогам. На антенны получены сертификаты Межгосударственного авиационного комитета (МАК) и сертификаты производства МАК. Более 10 лет антенны успешно эксплуатируются в центрах управления воздушным движением гражданской авиации Дальневосточной зоны УВД, а также в составе наземных комплексов воздушной связи (НКВС).

Для сокращения количества антенн, размещаемых на борту ЛА, разработаны мультиплексоры, диплексоры, коммутационно-разделительные устройства (табл.5).

На рис. 5 приведены типовые образцы антенно-фидерных блоков («Стриж», диплексор СС, КРУ МВ-ДМВ, КРУ-ДМВ).

Приоритетными направлениями развития предприятия в области авиационной бортовой антенной техники в ближайшие годы являются:

- разработка рамочных несимметричных вибраторных антенн с реактивными и активными элементами в концевой части излучателя;
- разработка радиосвязных ФАР с излучателями, разнесенными по го-

ризонтالي и по вертикали, в том числе Smart-антенн;

- разработка и производство интегрированных антенно-фидерных систем на основе антенных стелс-технологий для самолетов, вертолетов и БПЛА.

Таким образом, комплексный подход к решению задачи обеспечения устойчивой и надежной связи, а также самое плотное взаимодействие с самолетыми и вертолетными ОКБ в процессе определения типов антенн и их размещения на ЛА способствуют достижению требуемого результата при создании самых сложных бортовых связных комплексов.

Литература

1. Белоусов Е.Л., Ремешков Ю.И. Развитие отечественной техники авиационной радиосвязи /Динамика радиоэлектроники-2. – М.: Техносфера, 2008.
2. Лагарьков А.Н., Погосян М.А. Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий //Вестник РАН, 2003, т. 73, № 9.
3. Комяков А.В. Техника авиационной радиосвязи ФГУП «НПП «Полет»: состояние и перспективы развития //Деловая слава России – 2010. – Вып. № 6.
4. Зайцев В.А. Радиосвязные антенны нового поколения /Инженерные шедевры России. – Нижний Новгород, Кварц, 2008.
5. Слюсар В. 60 лет теории электрически малых антенн // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2006. – № 7.
6. ГОСТ Р 50860-2009 Самолеты и вертолеты. Устройства антенно-фидерные связи, навигации, посадки и УВД. Общие технические требования, параметры, методы измерений. – М.: Госстандарт России, 2009.
7. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоустройств по совокупности показателей качества, М.: Радиосвязь, 1975.
8. Оптимальное размещение бортовых антенн //Радиоэлектроника за рубежом. – 1982. – Вып. 23.
9. Зайцев В.А. Радиосвязная антенная решетка /Инженерные шедевры России. – Нижний Новгород, Кварц, 2008.
10. Зайцев В.А. Исследование фазированных антенных решеток с устройством управления лучом при учете конкретного размещения, взаимных связей и фазовых ошибок излучателей //Техника средств связи – 1990. – № 2.
11. Зайцев В.А. Повышение точности наведения и равномерности перемещения луча антенной решетки с дискретными фазовращателями //Изв. вузов СССР. – Радиоэлектроника, 1985, т. 26, № 7.