

# АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ БЕРЕГОВЫХ (БАЗОВЫХ) СТАНЦИЙ СЕТЕЙ УКВ РАДИОСВЯЗИ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ (ВВП) РОССИИ

*Маевский Б.Б.*, ведущий специалист фирмы "Фортэкс"

*Аршанский М.Б.*, директор по проектам фирмы "Фортэкс"

*Слодкевич Е.Я.*, генеральный директор ООО "Фирма "Радиал"

## Особенности применения антенн в сетях УКВ-радиосвязи ВВП

1. В отличие от сотовых сетей радиосвязи, где в большинстве случаев требуется обеспечить равномерное круговое радиопокрытие зоны действия каждой базовой станции, в рассматриваемых сетях радиосвязи в зависимости от места установки базовой станции и ее назначения можно выделить следующие основные варианты зон радиопокрытия:

- Базовая станция установлена на достаточно прямолинейном участке берега реки или судоходного канала - в этом случае требуются зоны покрытия, вытянутые вдоль берегов в обе стороны относительно базовой станции.
- Базовая станция установлена на берегу озера или водохранилища. В этом случае в зависимости от конфигурации береговой линии и высоты установки антенно-фидерной системы могут потребоваться зоны покрытия в виде секторов с углом 160-180 градусов или 60-110 градусов, в вершинах которых установлены базовые станции.
- Базовая станция установлена на слиянии нескольких рек либо в дельте большой реки, либо на острове озера или водохранилища - в этих случаях требуется равномерная круговая зона радиопокрытия.

2. Для береговых средств УКВ-радиосвязи ВВП установлены ограничения на глубину распространения радиоизлучения от береговой зоны вглубь суши. Такое ограничение составляет 50 км от берега.

3. Современные сети УКВ-радиосвязи ВВП построены на основе многоканальных базовых станций, что определяется необходимостью одновременной работы нескольких радиоканалов - таких, как, например, 5-й канал (безопасность плавания, передачи сигналов бедствия и вызова), канал диспетчерской связи СУДС, коммерческие каналы радиотелефонной связи, каналы системы АИС и т.п. Это требует размещения на одной мачте нескольких антенн с необходимым для их защиты от перекрестных помех разносом по вертикальной оси мачты. С другой стороны, вертикальные размеры смонтированной антенной системы (наиболее частый вариант 3-4 антенны) должны быть минимальны для уменьшения различий в зонах радиовидимости различных радиоканалов. Удовлетворение этих взаимно исключающих требований вызывает необходимость применения антенн как можно меньших вертикальных размеров при обеспечении требуемой дальности радиосвязи.

4. К зонам радиопокрытия разных радиоканалов одной базовой станции могут предъявляться различные требования. Так, например, каналы АИС и коммерческие радиотелефон-

ные каналы должны обеспечивать связь с судами, идущими по установленным трассам движения, а пятый канал, а также канал диспетчерской связи СУДС должны обеспечивать связь с судами практически на всей акватории.

## Обзор типов антенн

В таблице 1 приведены сведения об антеннах ненаправленного действия (с круговой диаграммой направленности), которые, по нашему мнению, можно использовать в составе базовых станций УКВ-радиосвязи. В таблице представлены как коллинеарные, так и дипольные антенны. Некоторые антенны могут быть использованы как для базовых, так и для судовых радиостанций. К таким антеннам можно отнести: ГРАД 3000, АСК-4 "НЕВА", А-100R и А4ALT.

В таблице приведены усредненные коэффициенты усиления антенн. Для дипольных антенн коэффициент усиления приведен для случая их установки типа OFFSET (на расстоянии 1/4 длины волны от мачты), то есть при эллиптической диаграмме направленности.

Все перечисленные в таблице антенны изготавливаются отечественной промышленностью.

В таблице 2 даны параметры антенн направленного действия, которые, по нашему мнению, можно использовать в составе базовых станций радиосвязи.

Перечень и основные параметры антенн с круговой диаграммой направленности  
“речного” радиочастотного диапазона

Наименование антенны	Усиление, dBi	КСВ, не более	Диагр. шир. в горизонт. плоскости	Доп. мощность, Вт	Размер по вертикали, см	Вес, кг	Ветровая нагрузка, км/час	Ветровая нагрузка при обледенении до 10 мм, км/час	Эквивалентная площадь ветровой нагрузки, кв. м.	Стоимость, USD	Изготовитель
Град 3000	6,5	1,5	Круговая	150	200	8	160			280	Си-Би-ГРАД
A-100R	4,3	1,5	Круговая	300	110		160			90	РАДИОСЕТИ
A-300R	9	1,5	Круговая	200	360		160			155	РАДИОСЕТИ
АСК-4 “HFBA”	5,2	1,5	Круговая	200	165	2,4	200			150	ПИККОМ
A4-ALT	8,15	1,5	Круговая	400	325	5			0,28	250	РАДИАЛ
ТС330D1-3	5,15	1,5	Эллиптическая	200	40	2	240	200	0,043	125	Антенна Дизайн
ТС330D2-6	8,15	1,5	Эллиптическая	500	110	4,5	240	200	0,093	250	Антенна Дизайн
ТС330D4-9	11,15	1,5	Эллиптическая	500	240	9	240	200	0,18	500	Антенна Дизайн
D1-ALT	5,15	1,5	Эллиптическая	100	50	2,5	250	100	0,06	98	РАДИАЛ
D2-ALT	8,15	1,5	Эллиптическая	200	190	5,6	200	100	0,14	207	РАДИАЛ
D4-ALT	11,15	1,5	Эллиптическая	400	400	11,2	180	100	0,3	415	РАДИАЛ
D8-ALT	14,15	1,5	Эллиптическая	800	800	23,60	150	100	0,62	942	РАДИАЛ
DS4-ALT	6,15	1,5	Круговая	800	190	4,1	170	100	0,04	405	РАДИАЛ
DS8-ALT	10,15	1,5	Круговая	800	400	8,6	170	100	0,08	840	РАДИАЛ

### Узконаправленная двухсекторная антенна

Узконаправленная двухсекторная антенна может быть использована с базовыми станциями, установленными, например, на берегах рек и судоходных ка-

налов. Антенна состоит из двух направленных антенн ТУ330Е9-13 с коэффициентом усиления 15,15 dBi каждая. Для сопряжения с антенным интерфейсом приемопередатчика (комбайнера или распределительной панели) используется делитель на-

грузки типа PVD330-1/2. Делитель вносит затухание 3,2 dB в тракт АФУ. Стоимость делителя 90 USD. В результате эквивалентный коэффициент усиления антенной системы получается около 12 dBi, при высоте антенны 50 см и стоимости 490 USD.

Таблица 2.

Перечень и основные параметры направленных антенн  
“речного” радиочастотного диапазона

Наименование антенны	Усиление, dBi	КСВ, не более	Угол излучения в горизонт. плоскости, градус	Доп. мощность, Вт	Размер по вертикали, см	Вес, кг	Ветровая нагрузка, км/час	Ветровая нагрузка при обледенении до 10 мм, км/час	Эквивалентная площадь ветровой нагрузки, кв. м.	Стоимость, USD	Изготовитель
Град 3080	10	1,5	85	100	60	3	160			62	Си-Би-ГРАД
Град 3088	8	1,5	110	100	60	1	160			54	Си-Би-ГРАД
ТУ330Е3-7	9,15	1,5	65	300	50	2,5	240	200	0,06	135	Антенна Дизайн
ТУ330Е5-9	11,15	1,5	45	300	50	3	240	200	0,1	165	Антенна Дизайн
ТУ330Е7-11	13,15	1,5	40	300	50	3,8	240	200	0,13	185	Антенна Дизайн
ТУ330Е9-13	15,15	1,5	36	300	50	4,2	240	200	0,15	200	Антенна Дизайн
ANT325Y10-H	10,5	1,5	45	500	54,6	18,5	240	160	0,232	900	Telewave
У3 ALT	7,65	1,5	106	200	50	0,5	160	100	0,01	60	РАДИАЛ
У5 ALT	10,15	1,5	65	200	50	0,8	160	100	0,06	90	РАДИАЛ

Таблица 3.

Тип антенны	Коэффициент усиления антенны канала, dBi	Размер по вертикали антенной системы, м	Стоимость антенной системы, USD
АСК-4 "НЕВА" (коллинсарная)	5,2	9,6	600
А-300R (коллинсарная)	9	17,4	620
ТС330D2-6 (дипольная)	8,15	7,4	1000
D2-ALT (дипольная)	8,15	10,6	828
Двухсекторная на базе Y5 ALT	10,15	6	1080
Двухсекторная на базе ТУ330Е9-13 (направленная)	12	6	2000
A4 ALT	8,15	3,5 м	250
Y5 ALT	10,15	0,5 м	90
Y3 ALT	7,65	0,5 м	60

Вместо антенны ТУ330Е9-13 могут быть использованы другие направленные антенны меньшей стоимости и с меньшим коэффициентом усиления.

Двухсекторная антенна, построенная на основе АФУ ГРАД 3080, позволяет получить коэффициент усиления 6,8 dBi при размере по вертикали 60 см и стоимости 214 USD. Такая антенна по коэффициенту усиления подобна коллинеарной антенне, имеет умеренную стоимость при существенно меньших вертикальных размерах, чем коллинеарные или дипольные антенны.

Двухсекторная антенна, построенная на основе АФУ Y5 ALT и сумматора ТК-52А (рис. 1), позволяет получить коэффициент усиления 6,9 dBi при размере по вертикали 50 см и стоимости 225 USD.

**Антенные системы**

Антенные системы базовых станций сетей УКВ-радиосвязи ВВП могут содержать различное количество антенн. В состав базовой станции могут входить следующие радиоканалы:

- 5-й радиоканал (симплексный);
- радиоканал диспетчерской связи СУДС (симплексный);
- радиоканалы телефонной связи (дуплексный);
- радиоканалы системы АИС.

Симплексные и дуплексные каналы УКВ-диапазона имеют отдельные АФУ трактов приема и передачи. Симплексные и дуплексные каналы имеют единое АФУ трактов приема. По передаче группа симплексных и группа дуплексных каналов имеют отдельные АФУ. Радиоканалы АИС имеют отдельные АФУ. Таким образом, антенная систе-

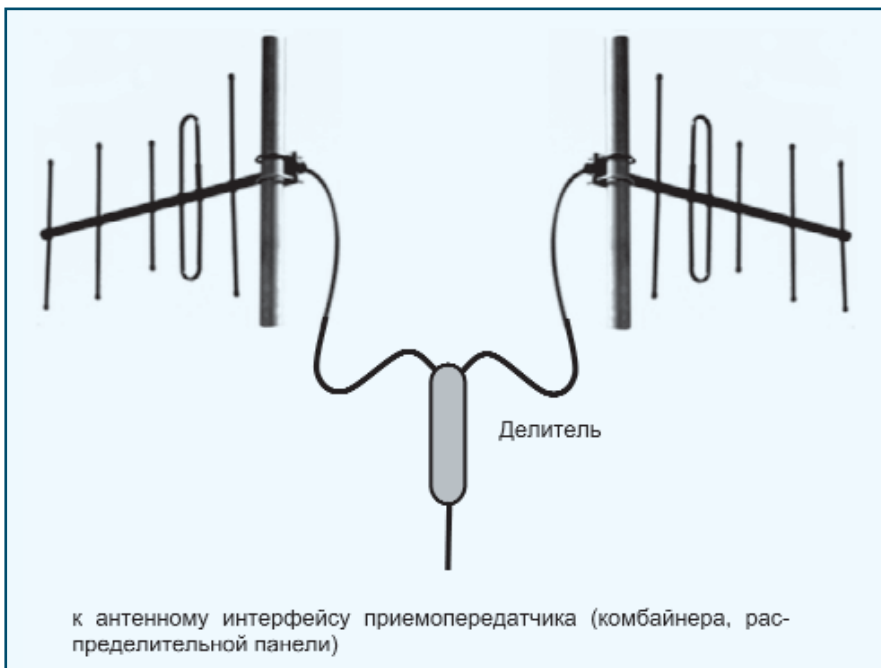
ма должна состоять из 4-х антенн.

Для уменьшения взаимных помех между трактами различных АФУ все антенны должны располагаться параллельно вертикальной оси мачты.

Антенна АИС работает в полосе частот 160 МГц, что позволяет обеспечить достаточную расфильтровку АФУ системы АИС с АФУ других каналов, используя полосовой фильтр в сочетании с разносом всех антенн вдоль вертикальной оси мачты. При этом расстояние между антенной АИС и соседними антеннами сверху и снизу должно быть не менее 1 м.

Антенна тракта передачи дуплексных каналов работает в полосе частот 336 МГц. Это позволяет обеспечить достаточную расфильтровку АФУ тракта передачи дуплексных каналов с АФУ других трактов, используя полосовой фильтр в сочетании с расположением всех антенн по вертикальной оси мачты. При этом расстояние между антенной передачи дуплексных каналов и соседними антеннами сверху и снизу должно быть не менее 1 м.

Наиболее сложная ситуация складывается с АФУ тракта приема дуплексных и симплексных каналов и тракта передачи симп-



**Рис. 1. Схема узконаправленной двухсекторной антенны.**

лексных каналов, так как эти тракты работают на одной частоте - 300 МГц, и это обстоятельство не позволяет использовать фильтры. Таким образом, для обеспечения достаточной расфильтровки трактов передачи и приема их АФУ должны быть разнесены по вертикали на расстояние не менее 5 м. Приемники симплексных радиоканалов должны быть оборудованы антенными реле для отключения приемника от антенны в момент включения передатчика этого канала. Кроме того, параметры приемопередающего оборудования должны отвечать более жестким нормам на внеполосное излучение передатчиков и избирательность приемников. Тракт приема симплексных и дуплексных каналов должен быть защищен преселектором от помех, создаваемых передающим оборудованием АИС и дуплексными передатчиками. Тракт АФУ симплексных передатчиков должен быть оборудован полосовым фильтром, чтобы уменьшить помехи на приемники системы АИС.

На рисунке 2 приведена схема расположения антенн на мачте при использовании только коллинеарных антенн. На самом верху располагается приемная антенна симплексных и дуплексных радиоканалов. Ниже расположена антенна АИС. Затем передающая антенна дуплексных радиоканалов. В самом низу расположена передающая антенна симплексных радиоканалов. Такое расположение антенн позволяет уменьшить помехи на приемную антенну со стороны передатчиков симплексных радиоканалов.

Для предотвращения интермодуляционных помех в трактах передающих антенн необходимо установить ферритовые вентили и полосовые фильтры.

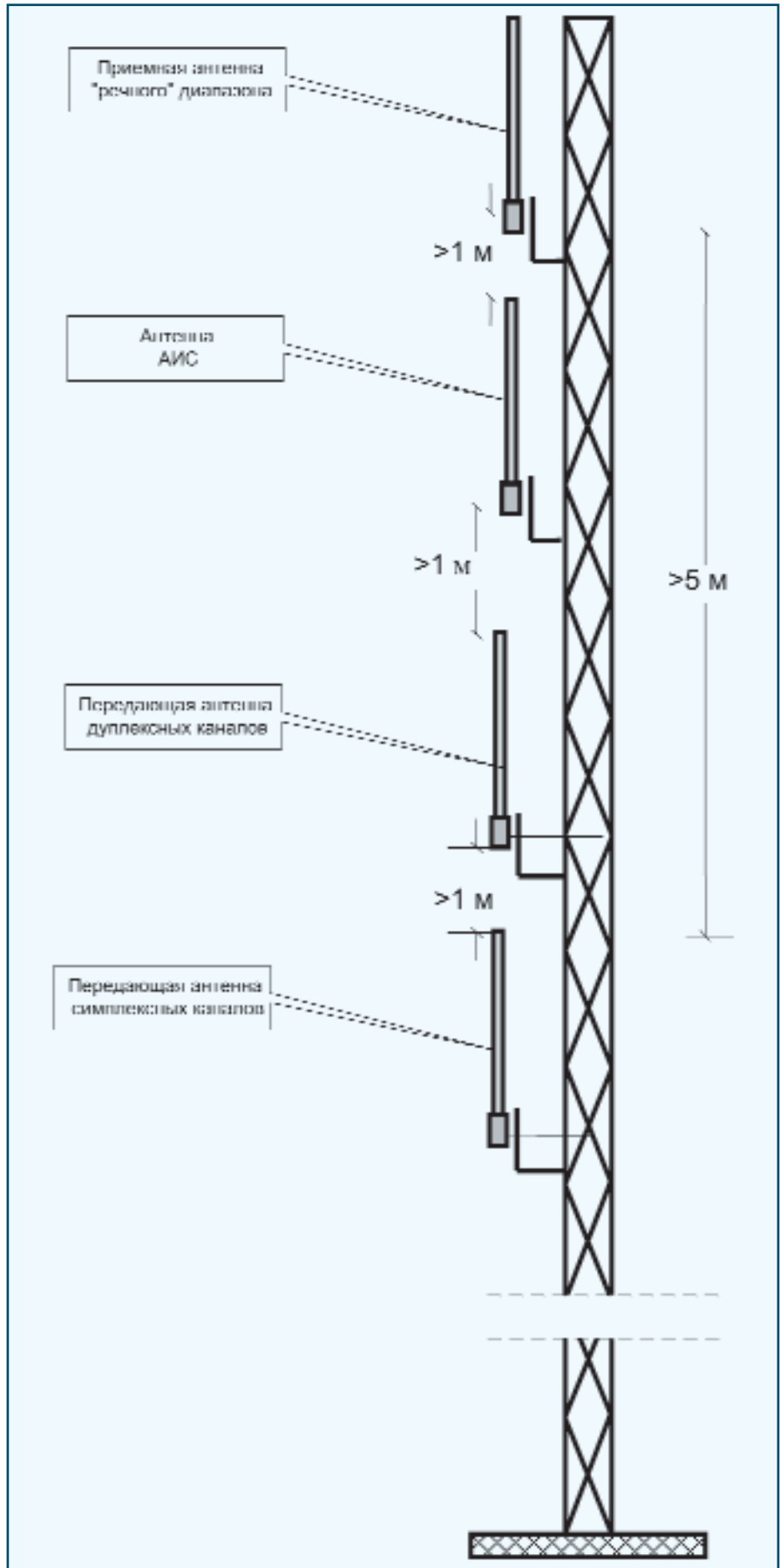


Рис. 2. Размещение антенной системы на мачте.

В зависимости от конкретных условий применения могут быть использованы любые антенны, перечисленные в таблицах 1 и 2.

В таблице 3 приведены сведения о размерах по вертикали антенных систем, построенных с использованием антенн различных типов.

Очевидно, что в местах, где дальность радиосвязи ограничивается рельефом местности или где требуемая дальность связи может быть обеспечена антенной с усилением 8 dBi, целесообразно использовать антенную систему на базе антенны А4АЛТ.

В местах, где дальность связи не ограничивается рельефом и требуется обеспечить большую дальность связи, могут быть использованы антенные системы на базе антенн УЗАЛТ, D2-АЛТ или D8АЛТ, если высота мачты базовой станции это позволяет. В ином случае может быть использована антенная система на базе направленных антенн УЗАЛТ.

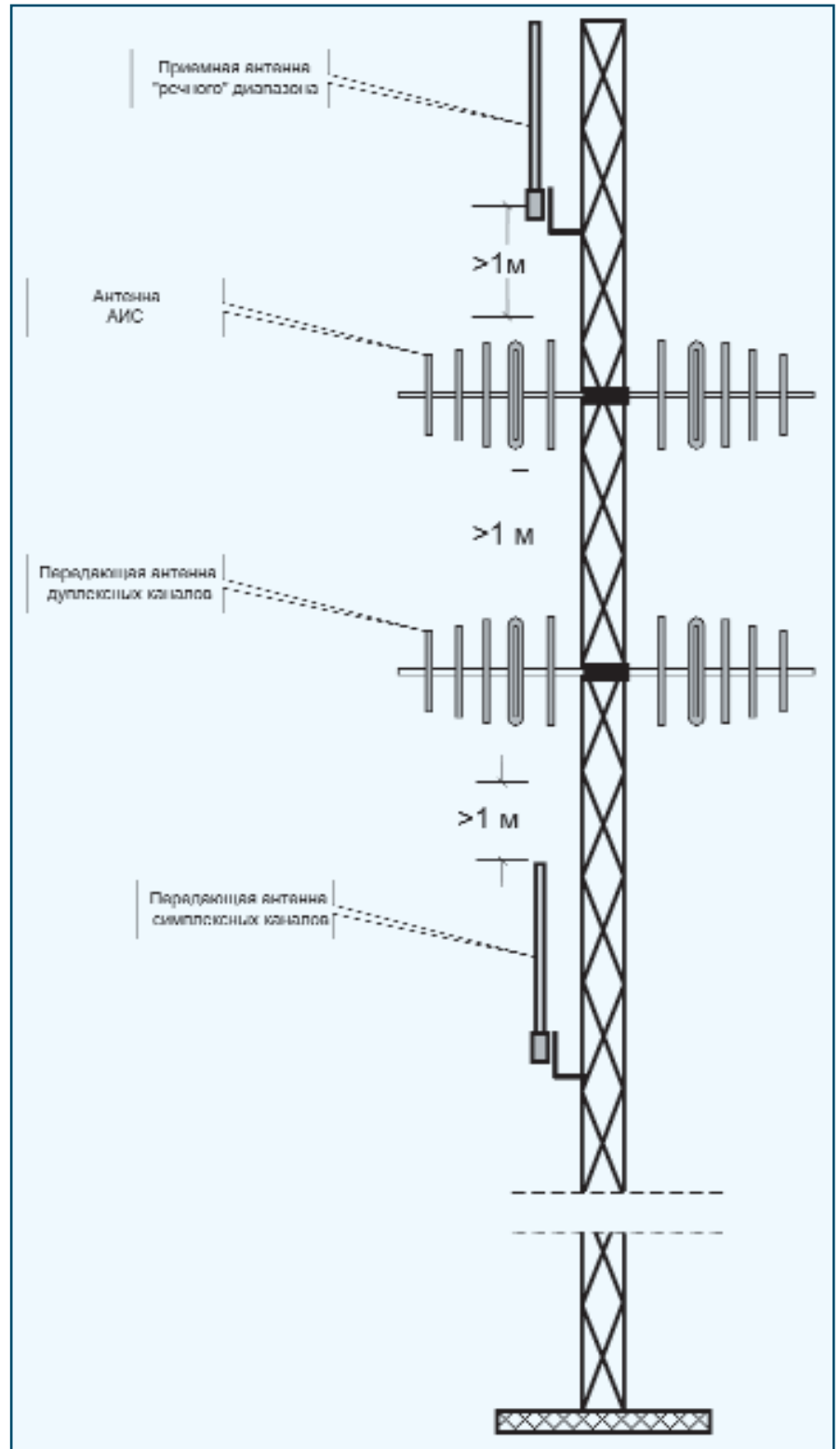
Однако учитывая, что в некоторых случаях разные каналы должны обеспечивать разные зоны покрытия, может быть целесообразным использование антенной системы, построенной на базе антенн нескольких типов.

На рисунке 3 приведена схема антенной системы, построенной на базе коллинеарных и направленных антенн. Так как для 5-го радиоканала может потребоваться более широкая зона покрытия, нежели для других радиоканалов, для приемного и передающего трактов симплексных радиоканалов применены коллинеарные или дипольные антенны, в то время как для остальных трактов - направленные антенны. В этом случае при использовании, например, антенн

А4АЛТ и У5-АЛТ, высота антенной системы составит 12,2 м при стоимости 725 USD.

Для более наглядного представления о дальности радиосвя-

зи в практических условиях речного транспорта приведем результаты испытаний, проведенных на теплоходе "Онега" при плавании в акватории Онежского озера осенью прошлого года.



**Рис. 3. Размещение антенной системы на базе коллинеарных антенн.**

**Таблица 4.**

№ п/п	Время	Расстояние, км.	Оценка качества связи, баллы (0-5)	Судно		
				Наименование	Местонахождение	Тип радиостанции
03.10.2001 г.						
1.	16.50	32	5	т/х «Онега»	Кондопожская губа о. Кам	Кама-РМ
2.	17.55	46	4	т/х «Онега»	У причала Кондопожского ЦКБ	Кама-РМ
3.	21.25	50	4	т/х «Онега»	У причала о. Северная Губа	Кама-РМ
04.10.2001 г.						
4.	9.45	55	5	т/х «Онега»	о. Кизи	Кама-РМ
5.	10.40	65	5	т/х «Онега»	м. Лейнволок	Кама-РМ
6.	11.34	92	5	б-р «Анна Лисинкина»	о. Хоровси	Кама-Р
7.	12.25	97	4	б-р «Анна Лисинкина»	о. Хед	Кама-Р
8.	14.00	102	3-4	б-р «Анна Лисинкина»	о. Мер	Кама-Р
9.	14.10	65	4	т/х «Онега»	о. Брусто	Кама-РМ
10.	14.50	78	3	т/х «Онега»	м. Сухой Нос	Кама-РМ

Тип судовой радиостанции - "Кама-Р" и береговой "Кама-РБ" Антенна базовой станции была установлена в Петрозаводске на высоте 100 метров относительно уровня озера и представляла со-

бой антенную решетку D8ALT с фидером РК-50-7-11 длиной 30 метров.

На катере были установлены несколько типов антенн - АСК4,

**Таблица 5.**

№ п/п	Время	Местонахождение т/х «Онега»	Расстояние, км	Оценка качества связи	Корреспондент		
					Позывной	Местонахождение	Тип радиостанции
1.	16.30	О. Сулзари	25	4	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ
2.	17.10	О. Торнула	36	3	Волго-Дон-216	Петрозаводская РЭБ	Кама-Р
3.	17.55	Причал Кондопожского ЦКБ	46	5	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ
04.10.2001 г.							
4.	9.45	О. Кизи	55	5	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ
5.	10.40	М. Лейнволок	65	5	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ
6.	12.05	О. Ренхой	48	4	Волго-Дон-5069	м. Сухой Нос	Кама-Р
7.	13.20	Северное о. Брусто	62	4	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ
8.	14.10	Южнее о. Брусто	65	4	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ
9.	14.15	Южнее о. Брусто	48	5	Шаль-радио	п. Шальский	Кама-РБ
10.	14.25	Северное м. Сухой Нос	45	4	Вознесенск-радио	г. Вознесенск	Кама-РБ
11.	14.45	Южнее м. Сухой Нос	40	5	Вознесенск-радио	г. Вознесенск	Кама-РБ
12.	14.48	Южнее м. Сухой Нос	75	2	Петрозаводск-радио	г. Петрозаводск	Кама-РБ

A4ALT и штатный четвертьволновой шлейф-вибратор.

Была проведена сравнительная слуховая оценка дальности и качества связи с различными судами, оборудованными радиостанциями "Кама-Р, РМ".

В таблице 4 можно ознакомиться с результатами испытаний базовой антенны D8ALT, в таблице 5 представлены результаты испытаний A4ALT в качестве судовой.

Комиссией было отмечено увеличение дальности радиосвязи в 1,5-1,6 раза относительно старых штатных антенн. Очевиден экономический вывод: применение высокоэффективных антенн на стационарных и подвижных объектах может значительно сократить число лишних береговых радиоцентров, закрывающих "белые пятна" на карте радиопокрытия. Подобная экономия способна значительно снизить расходы на обеспечение безопасного плавания.

*С предыдущими статьями по этой тематике Вы можете познакомиться на нашем информационном сервере:*

**[www.informost.ru](http://www.informost.ru)**

*в разделе наш архив: "ИНФОРМОСТ" - "Радиоэлектроника и Телекоммуникации" №14, 15, 16, 17, 18*