

УДК: 621.396.67

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ  
МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
МАЛОГАБАРИТНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ АНТЕНН  
СРЕДНЕВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА**

**Д. В. Федосов, Д. А. Корнеев, В. Л. Хазан, В. Н. Хорват**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Омский государственный технический  
университет» (ОмГТУ)**

Получена 11 октября, после доработки – 24 ноября 2011 г.

**Аннотация.** В статье предлагается новая конструкция малогабаритных антенн для низкочастотных диапазонов радиоволн (ДВ, СВ, КВ). Описано проведение эксперимента с использованием лабораторных образцов антенн с целью определения максимальной дальности связи и соответственного выигрыша относительно штырьевых антенн. Предложены направления практического применения разработанных антенных устройств.

**Ключевые слова:** средние волны, земная волна, малогабаритная антенна, подвижная связь.

**Abstract.** The new design of compact antenna for the low radio frequency band (LF, MF, HF bands) is proposed. The experiment purposed to investigate the maximum range of mobile communication using a new antenna and conventional short rod antenna is described.

**Keywords:** medium wave, ground wave, compact antenna, mobile communication.

Передача данных с подвижных объектов в средневолновом диапазоне – непростая задача. Данному диапазону присущ ряд недостатков – малый частотный ресурс, крупные габаритные размеры антенных устройств, интерференция земной и пространственных волн в области полутени и тени. Однако есть и существенные плюсы: параметры канала связи изменяются незначительно во времени, кроме того, большая длина волны позволяет связываться на расстояниях значительно превышающих зону прямой видимости за счет явлений дифракции и рефракции.

Именно эти достоинства дают возможность обеспечить связь в средневолновом диапазоне на расстояниях нескольких десятков километров с использованием маломощных передатчиков. К примеру, дальность связи при использовании радиостанций «Карат-2» [6], мощность передатчика которой по техническим характеристикам составляет не менее 1 Вт, в комплекте со штатной антенной типа «Наклонный луч» составляет порядка 25-40 км. Однако антенна «Наклонный луч» в силу своих крупных геометрических размеров, позволяет осуществлять связь только стационарно.

Основной задачей при организации мобильной загоризонтной радиосвязи с использованием средних волн является разработка малогабаритных передающих антенн, которые возможно размещать на любых транспортных средствах и использовать в носимых радиостанциях.

Условно, подходы, используемые для укорочения антенных устройств, можно разделить на три группы.

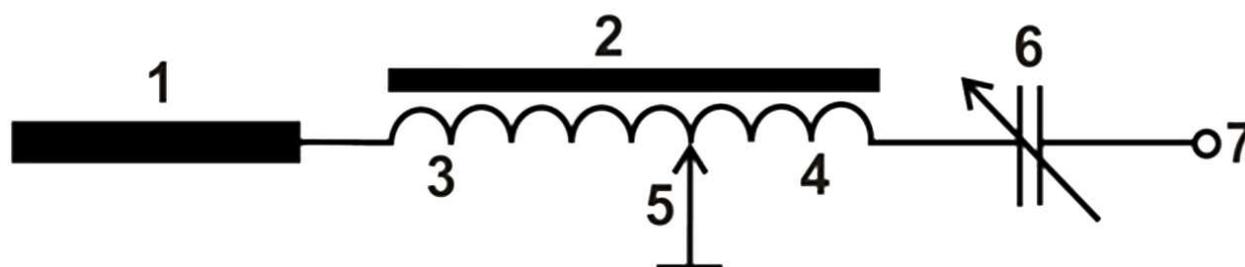
1. Малогабаритные антенные устройства с использованием ферритов [2, 5]. Ферритовые антенные устройства стали использоваться в приемниках ДВ/СВ/КВ радиовещательных станций в первой половине XX в. Данные антенны получили широкое распространение за счет малых габаритных размеров относительно длины радиоволны. Практически, антенны с использованием ферритов являются самыми малыми антеннами низкочастотных диапазонов радиоволн. Вместе с тем, данные антенны имеют серьезное ограничение: они не могут быть использованы в радиостанциях для передачи сигналов из-за нелинейности ферритов в сильных электромагнитных полях.

2. Малогабаритные рамочные антенны [1]. Магнитная рамочная антенна имеет вид петли из проводника, которая подключена к конденсатору переменной емкости. Периметр петли обычно находится в пределах от  $0,03\lambda$  до  $0,25\lambda$ . Магнитные рамочные антенны являются малогабаритными антеннами, однако при длине волны 160 м и более, габариты рамочной антенны все равно достаточно велики для использования в носимых радиостанциях.

3. Укороченные вертикальные антенны. [1, 3]. Если удастся простым образом подобрать конструкцию антенны так, что для нее условие комплексного сопряжения импеданса в точках подключения выполняется с достаточной на практике точностью, то нет необходимости введения дополнительных согласующих элементов. Однако в тех случаях, когда этого не удастся сделать, эффективным оказывается способ согласования путем введения дополнительных согласующих реактивных элементов в проектируемую антенну так, чтобы трансформировать ее импеданс к нужной величине.

Именно по третьему принципу разработана вторая штатная антенна радиостанции «Карат-2» – укороченный вертикальный штырь длиной 1,8 м, которая используется в носимом варианте и обеспечивает связь на расстоянии до 8-10 км [7]. В саму радиостанцию встроен подстроечный элемент – вариометр, изменяя переменную индуктивность которого можно добиться хорошего согласования усилителя мощности передатчика с антенной. Однако ограниченное расстояние связи сводит все преимущества средневолновой радиостанции с малогабаритной штыревой антенной к минимуму – фактически, подобных результатов можно добиться, используя УКВ радиостанцию.

Для увеличения дальности связи в средневолновом диапазоне, а также с целью увеличения эксплуатационных свойств аппаратуры связи, научными сотрудниками РТФ ОмГТУ была разработана малогабаритная резонансная антенна «точечный ферромагнитный излучатель» [4]. Получены лабораторные образцы антенн на ряд частотных диапазонов: 500, 1000, 1600, 1800 кГц.



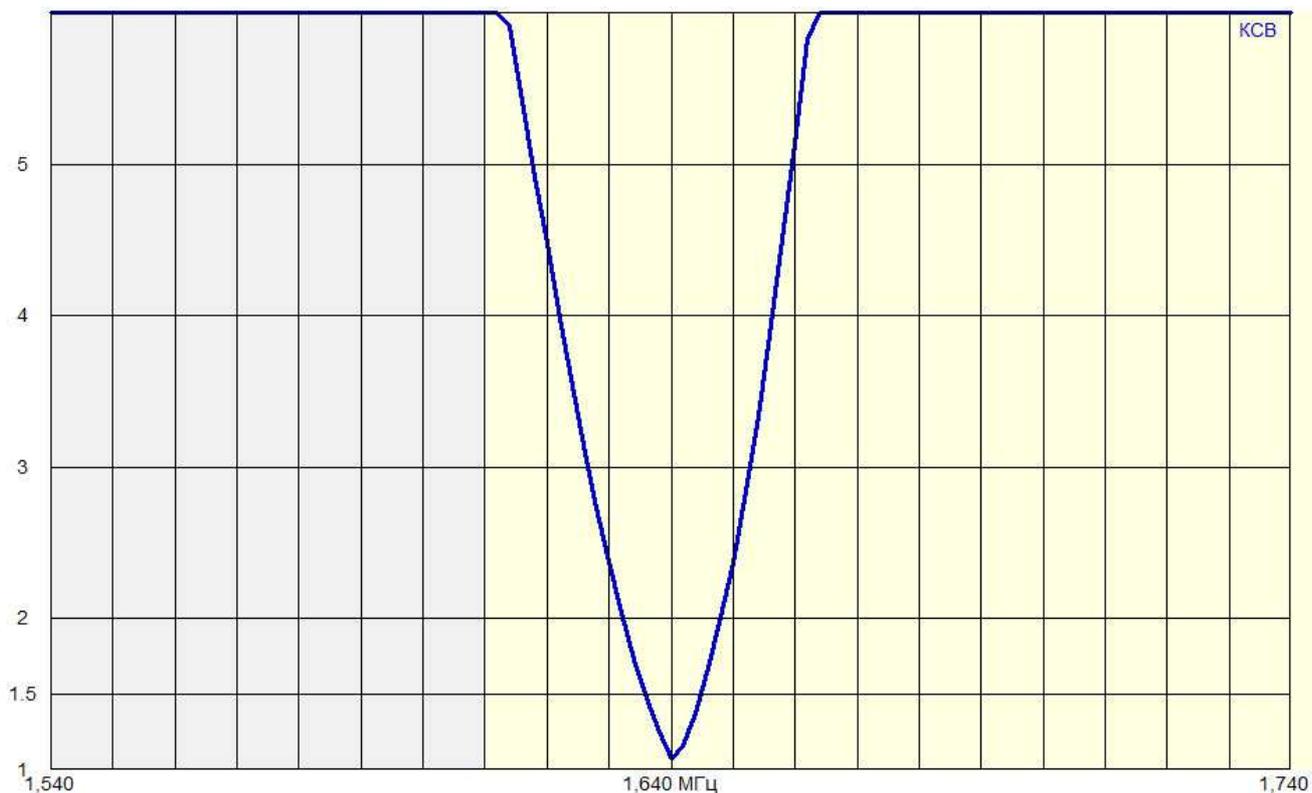
**Рис. 1.** Электрическая схема малогабаритной резонансной антенны.

Электрическая схема антенны представлена на рис. 1. Антенна состоит из электрической емкости и трансформатора. Электрическая емкость 1 любой формы, например, на рис.1 цилиндр, который может быть выполнен из любого электрически проводящего материала. Трансформатор выполнен на незамкнутом магнитопроводе 2 и содержит катушки индуктивности в виде первичной 4 и вторичной 3 обмоток этого трансформатора. Емкость 1 электрически присоединена к вторичной обмотке 3. Питание антенны осуществляется через первичную обмотку трансформатора 4 стандартным образом от коаксиального кабеля или непосредственно от антенного разъема радиопередающего устройства через любое соединительное устройство 7. Емкость 6 необходима для настройки антенны на резонансную частоту.

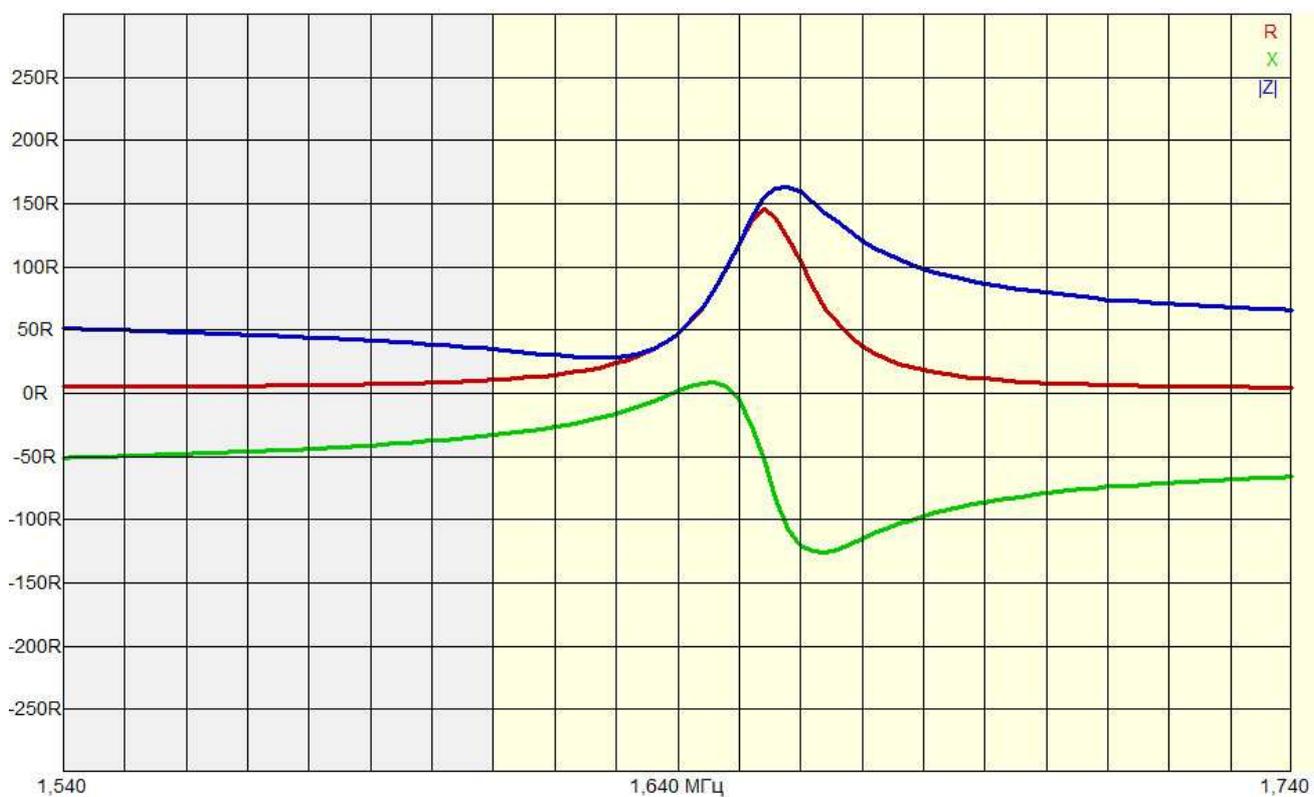
Для радиостанции «Карат-2» была разработана антенна, внешний вид которой представлен на рис. 2. Длина антенны составляет 450 мм, диаметр – 30 мм. Параметры антенны (КСВ и импеданс), измеренные антенным анализатором Rig Expert AA230 Pro, показаны на рис. 3 и 4.



**Рис. 2.** Внешний вид малогабаритной антенны.



**Рис. 3.** Зависимость КСВ малогабаритной антенны от частоты.



**Рис.4.** Зависимость активного, реактивного и полного сопротивления малогабаритной антенны от частоты.

Для определения эффективности излучения малогабаритной антенны проводились натурные испытания совместно со специалистами ФГУП «Омский НИИ приборостроения». Оценивались следующие показатели:

- уровень сигнала, создаваемый малогабаритной антенной и антенной «Штырь 1,8 м» на фиксированном расстоянии 600 м от приемника;
- разборчивость речи и тонального сигнала при радиосвязи между радиостанциями «Карат-2» на удалении 10 км, 13,6 км, 25 км.

Для оценки уровня сигнала использовался микровольтметр STV 301-2 с подключенной малогабаритной антенной. Испытуемые образцы антенн размещались на высоте 2,6 м над уровнем земли. Питание радиостанции осуществлялось как через встроенный в радиостанцию «Карат-2» аккумулятор, так и через бортовую сеть автомобиля. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** *Уровень сигнала испытываемых антенн.*

Испытуемая антенна	Малогабаритная антенна	Антенна «Штырь 1,8 м»
Уровень сигнала, мкВ	125	16

Уровень аддитивного шума микровольтметра STV 301-2 в полосе речевого сигнала при отсутствии полезного сигнала на частоте 1640 кГц составлял 2,2 мкВ.

Для оценки дальности связи проводились испытания на разборчивость речи по пятибалльной шкале (таблица 2) между подвижной и стационарной группой посредством двух приемопередающих радиостанций «Карат-2» и двух малогабаритных антенн на частоте 1640 кГц.

**Таблица 2.** *Оценки качества речи по пятибалльной шкале.*

Оценка	Примечание
5	Обеспечивается полная разборчивость речи, шум не слышен
4	Обеспечивается полная разборчивость речи на фоне шума
3	Разборчивость речи обеспечивается при переспросе отдельных словосочетаний и слов, прослушиваются сильные шумы
2	Речевой сигнал прослушивается, однако понять собеседника невозможно

1	Телефонный сигнал не слышен, тоновый прослушивается
---	---

Для сравнительного анализа, периодически одна из малогабаритных антенн заменялась на «Штырь 1,8 м», идущий в комплекте с радиостанцией. Перед каждым сеансом связи и при каждой замене антенны оператор добивался максимального согласования антенны с передатчиком при помощи встроенных в радиостанцию вариометра и индикатора КСВ. Радиостанции находились в руках операторов. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** *Дальность связи и оценка качества речи*

Расстояние, км	Оценка качества речевого канала связи между малогабаритными антеннами	Оценка качества речевого канала связи «Малогабаритная антенна» - «Штырь 1,8 м»
10	5	3
13,6	4	1 (прослушивается тон)
25	3	0

Из данных, представленных в таблицах 1 и 3, следует, что малогабаритная антенна намного (порядка 18 дБ) эффективней антенны «Штырь 1,8 м», кроме того, новая антенна обладает меньшими (в 4 раза по длине) габаритными размерами, что увеличивает ее эксплуатационные свойства.

Применение данных антенн целесообразно в системах подвижной связи любительского и профессионального назначения. Примерами областей применения малогабаритной антенны могут служить: водный и сухопутный транспорт, голосовая связь в пограничных войсках, передача экстренных сигналов, передача телеметрической информации ограниченного объема на дальние расстояния, передача информации позиционирования, радиосвязь в районах с малой плотностью населения.

Стоит отметить, что в связи с малыми габаритными размерами антенн, радиосвязь может осуществляться с подвижных объектов и пешими операторами в движении, при этом дальность связи может варьироваться в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен километров в

зависимости от технических характеристик системы связи (мощность радиостанции, высота подъема антенн, скорость передачи данных и др.).

Статья подготовлена в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.

### **Литература**

1. Ротхаммель К. Антенны: Пер. с нем. – 3-е изд., доп. / К. Ротхаммель. – М.: Энергия, 1979. – 320 с., ил.
2. Хомич В.И. Ферритовые антенны / В.И. Хомич. – М.: Энергия, 1969. – 96 с.
3. Пат. 2226021 РФ, МПК Н01Q9/34. Антенна штыревая диапазонная мобильная / Федеральное государственное унитарное предприятие Омский научно-исследовательский институт приборостроения. – Оpubл. 20.03.2004.
4. Пат. 2413344 РФ, МПК Н01Q9/18. Вибраторная антенна / Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью "КВ-СВЯЗЬ", Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Омский государственный технический университет. – Оpubл. 27.02.2011.
5. Пат. 6,529,169 US, МПК Н01Q7/08. Twin coil antenna / С. Crane Company, Inc. – Оpubл. 06.07.2001.
6. Официальный сайт ФГУП «ОПЗ им. Козицкого». Технические характеристики радиостанции «Карат-2» // [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://ziko.omsk.net.ru/info00003.shtml>
7. Сайт радиоловобителей «Специальные радиосистемы». Раздел форума «Радиостанция «Карат-2Н» // [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – <http://www.radioscanner.ru/forum/topic19266.html>