

## КОРОТКОВОЛНОВЫЕ АНТЕННЫ

Установка антенны любительской радиостанции, особенно в городских условиях — дело не простое. Ограниченные площади крыш зданий, обилие металлических предметов на крышах и между домами (телевизионные антенны, трансляционные линии и т. д.) затрудняют создание многодиапазонных эффективных КВ антенн. По существу с момента зарождения коротковолнового радиолюбительства не прекращается творческий поиск в двух направлениях: поиск оптимальной конструкции на все или несколько любительских диапазонов и разработка эффективных малогабаритных антенн, размеры которых заметно меньше длины рабочей волны. Возможным решением этих двух вопросов и посвящен настоящий обзор. Он выполнен на основе публикаций в радиолюбительских журналах «Radio Communication» (Великобритания), «CQ — DL» (ФРГ), «Old man» (Швейцария), «QTC» (Швеция).

### «Проволочные» антенны

На протяжении нескольких десятилетий у радиолюбителей пользовались, да и до сих пор пользуются популярностью многодиапазонные «проволочные» антенны типа «WINDOM» и «VSIAA». Недостаток этих антенн — использование в качестве фидера одиночного провода. Это усложняет согласование фидера с передатчиком, приводит обычно к появлению на корпусе ап-

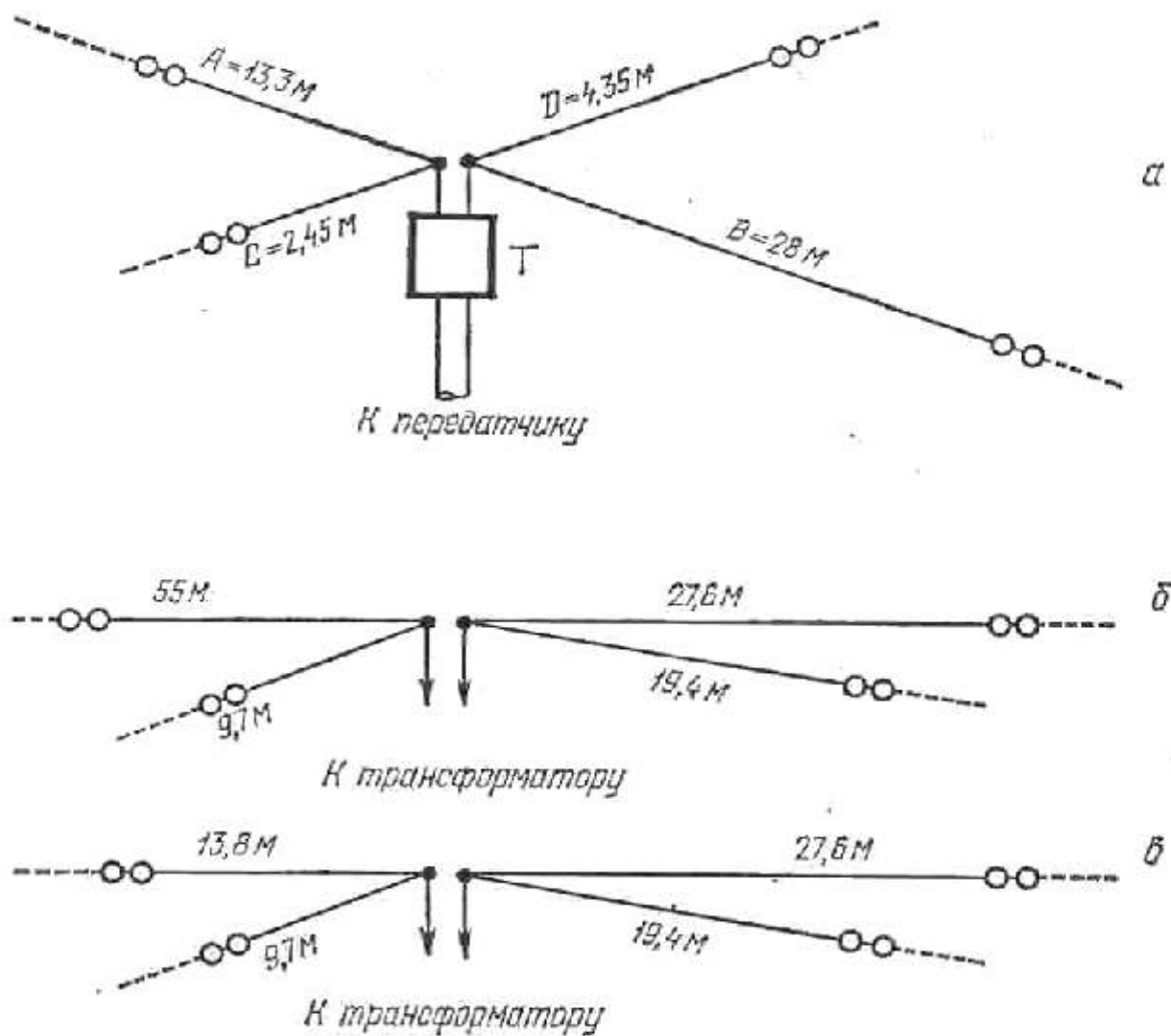


Рис. 1. Проволочная антенна типа «WINDOM»:

а — для диапазона 10...80 м; б — для диапазона 10...160 м; в — для диапазона 10...80 м

паратуры заметного высокочастотного напряжения и может обусловить помехи радиовещательному или телевизионному приему.

В последнее время появились варианты антенны «WINDOM», питание которых осуществляется по коаксиальному кабелю. Несколько вариантов такой антенны на различные КВ диапазоны приведены на рис. 1. Полная длина излучателя, образованного элементами А и В (рис. 1, а) — 41,3 м, т. е.  $0,5\lambda$  для диапазона 80 метров. В точке подключения фидера такой излучатель имеет входное сопротивление на диапазонах 80, 40, 20 и 10 метров в пределах 350...400 Ом. Применяв широкополосный трансформатор Т с коэффициентом трансформации 1 : 6, можно добиться приемлемого согласования с антенной 50- или 75-омного фидера на этих четырех диапазонах. Для того, чтобы эта антенна работала и на диапазоне 15 метров, в нее необходимо ввести два дополнительных излучателя С и D. Их суммарная длина 6,8 м, что близко к значению  $0,5\lambda$  для диапазона 15 метров. Дополнительные излучатели подвешивают под некоторым произвольным углом к основному полотну.

Еще два варианта антенны «WINDOM» с питанием коакси-

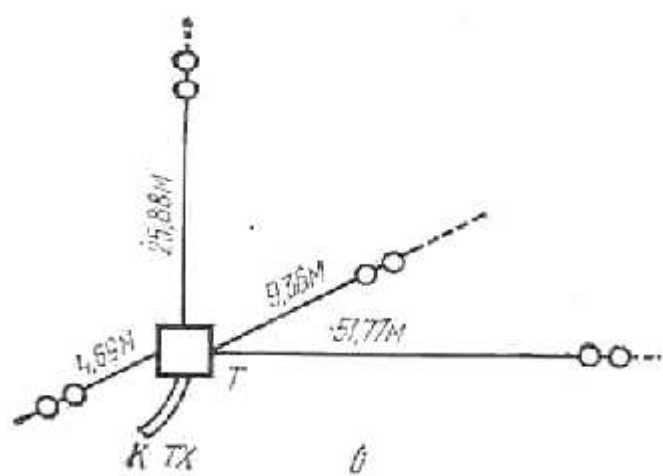
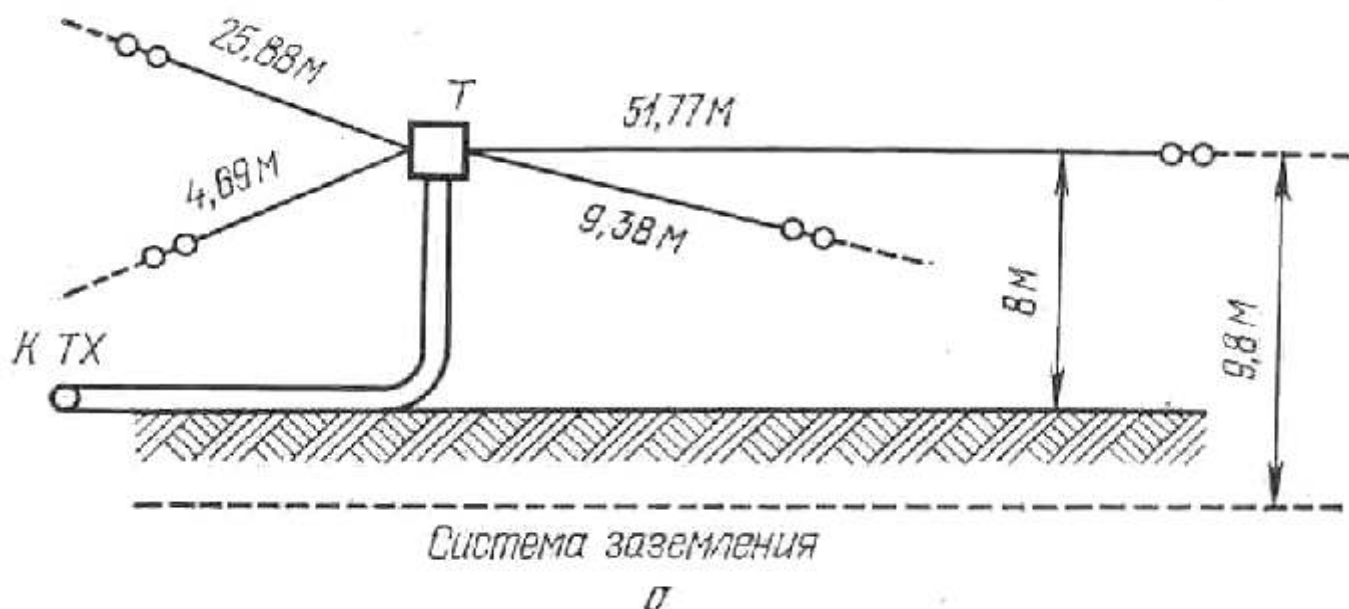


Рис. 2. КВ антенна на девять любительских диапазонов:  
а — вид сбоку; б — вид сверху

альным кабелем показана на рис. 1, б и рис. 1, в. Первая из этих антенн работает в диапазоне 10—160 метров, а вторая — 10—80 метров. Запитывают обе антенны 75-омным коаксиальным кабелем через широкополосный трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 4.

Недавно советским радиолюбителям была разрешена работа на новом КВ диапазоне 30 метров. Коротковолновики ряда стран используют не только этот диапазон, но и еще два новых КВ диапазона — 17 и 12 метров. Не удивительно поэтому, что идет интенсивный поиск многодиапазонных антенн, охватывающих и эти диапазоны. Вариант КВ антенны на все (!) девять любительских диапазонов показан на рис. 2, а (вид сбоку) и рис. 2, б (вид в плане). Эту антенну запитывают 50-омным коаксиальным кабелем через широкополосный трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 6. Зависимость коэффициента стоячей волны от частоты для всех диапазонов приведена на рис. 3. При указанной на рис. 2 относительно небольшой высоте подвеса подобная антенна конечно не будет высокоэффективной для DX связей на диапазонах 160 и 80 метров, но тем не менее с ней можно уверенно проводить QSO на этих диапазонах на расстояние до 1500 км.

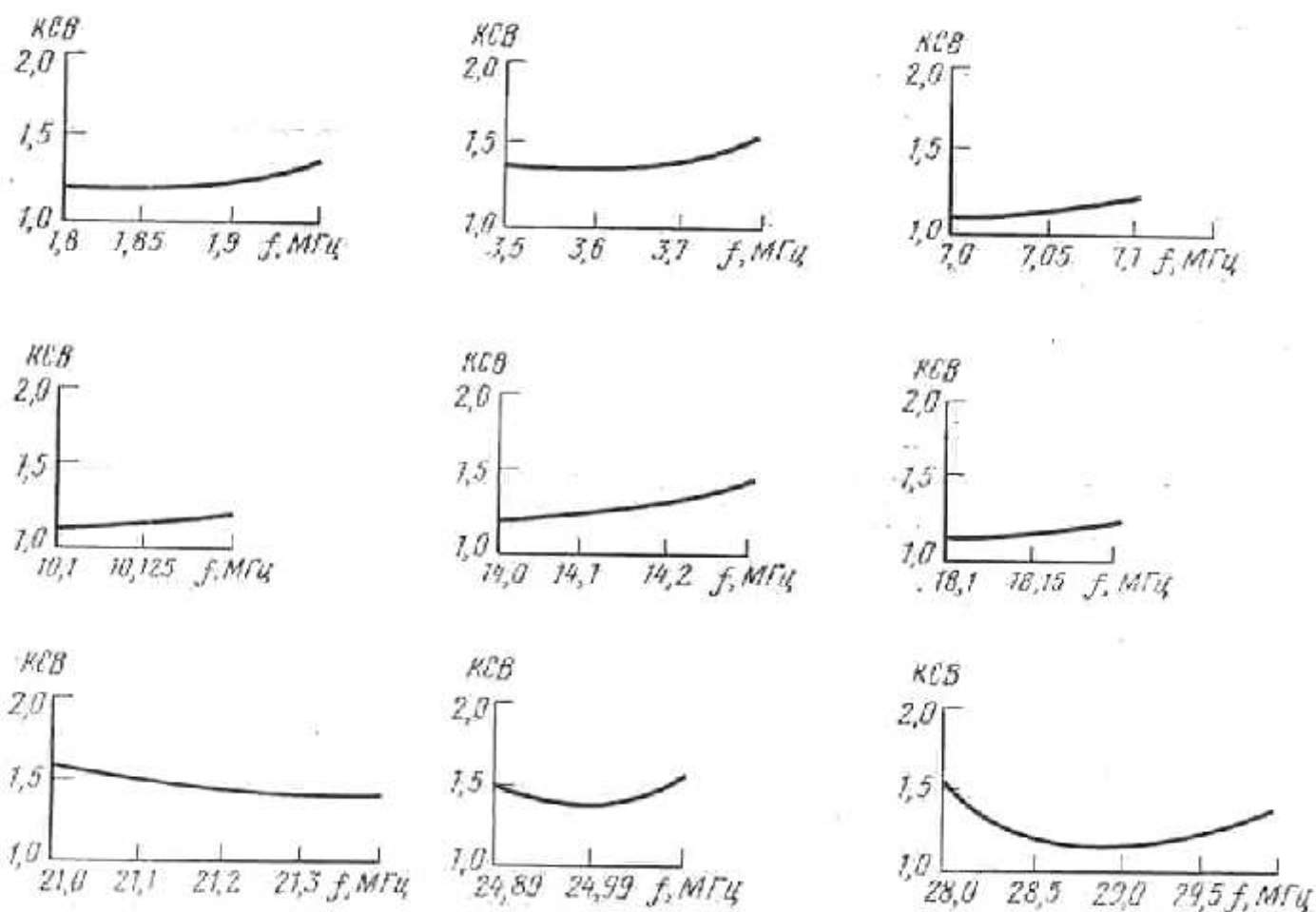


Рис. 3. Зависимость коэффициента стоячей волны от частоты для всех диапазонов

В середине семидесятых годов радиолюбители стали широко применять многоэлементные направленные антенны с треугольными рамками («DELTA LOOP») вместо традиционных рамок в форме квадрата. Несколько позднее треугольную рамку стали интенсивно использовать и в различных многодиапазонных антеннах. «LAZY DELTA» («Ленивая дельта») — так называется антенна, схематически изображенная на рис. 4. Треугольная рамка этой антенны располагается горизонтально и напоминает «лежащую» греческую букву  $\Delta$ , откуда и пошло название антенны. Питание на антенну подают по 60-омному (можно и 50-омному) коаксиальному кабелю через широкополосный трансформатор с коэффициентом трансформации 1:4. Между одним из концов рамки и одним из выводов обмотки согласующего трансформатора (любыми) включают катушку, выполненную из отрезка провода диаметром 3...4 мм и длиной около 80 см (примерно 6 витков на диэлектрическом каркасе диаметром 4,5 см). Зависимости КСВ антенны от частоты для диапазонов 10—80 метров приведены на рис. 5. Эти зависимости были сняты при установке антенны на высоте примерно 7 м над землей. Следует отметить, что эта антенна вполне удовлетворительно работает и на диапазоне 2 метра. Из приведенных на рис. 5 зависимостей можно

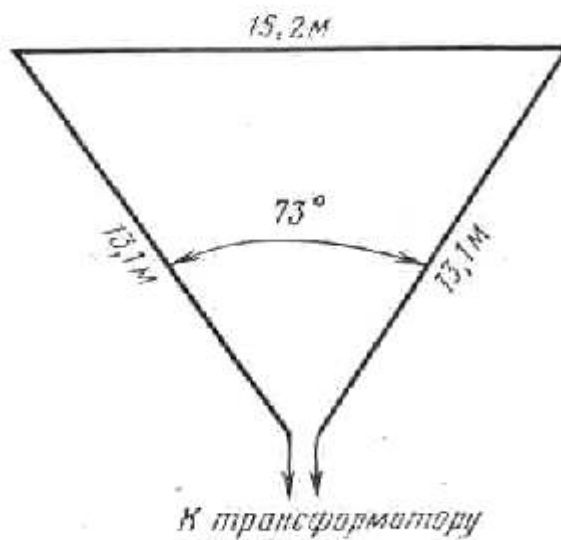


Рис. 4. Антенна «Ленивая дельта»

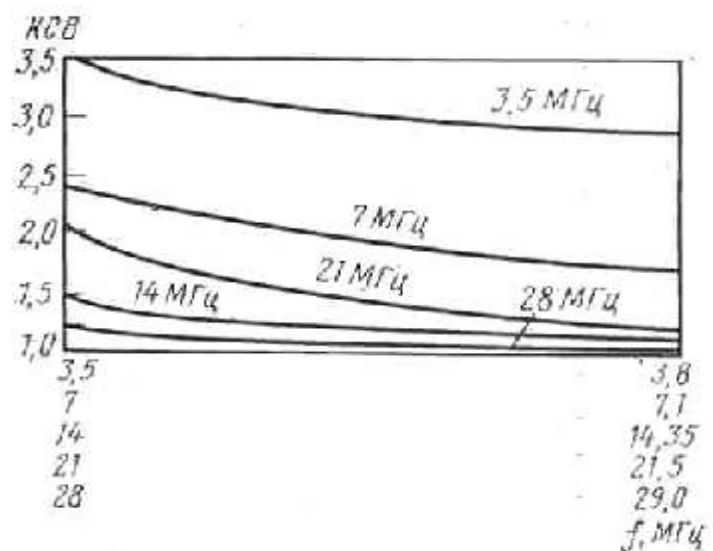


Рис. 5. Зависимость КСВ антенны от частоты для диапазонов 10...80 м

предположить, что антенна пригодна и для работы на диапазоне 30 метров.

В радиолюбительской литературе нередко встречается описание многодиапазонного диполя, образованного песколькими отдельными излучателями, которые подвешиваются один под другим и запитываются с помощью одного коаксиального кабеля. Близость излучающих полостей антенны друг к другу обуславливает их заметное взаимное влияние, поэтому длины излучателей могут отличаться от расчетных (и обычно приводимых в литературе). Вариант такой антенны на диапазоны 10, 15 и 20 метров приведен на рис. 6. Для получения оптимального КСВ в телеграфных участках этих диапазонов оказалось необходимым дополнительно (и стандартному укорочению, обусловленному концевыми эффектами у антенны) укоротить излучатель диапазона 20 метров на 5%, а излучатели диапазонов 10 и 15 метров удлинить примерно на столько же. Полученные экспериментально зависимости КСВ от частоты антенны для трех рабочих диапазонов показаны на рис. 7. Питание антенны осуществлялось коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 60 Ом.

Обычный диполь — пожалуй, одна из самых простых, но эф-

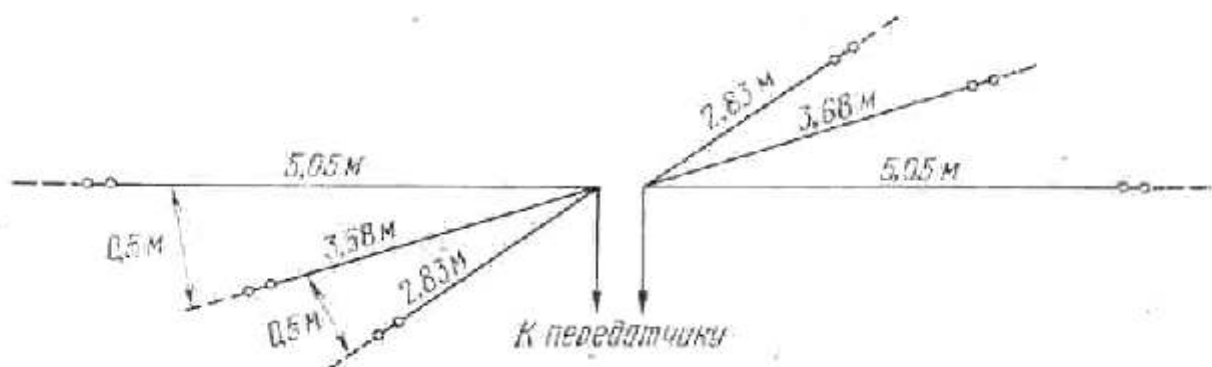


Рис. 6. Вариант антенны на диапазоны 10, 15 и 20 м

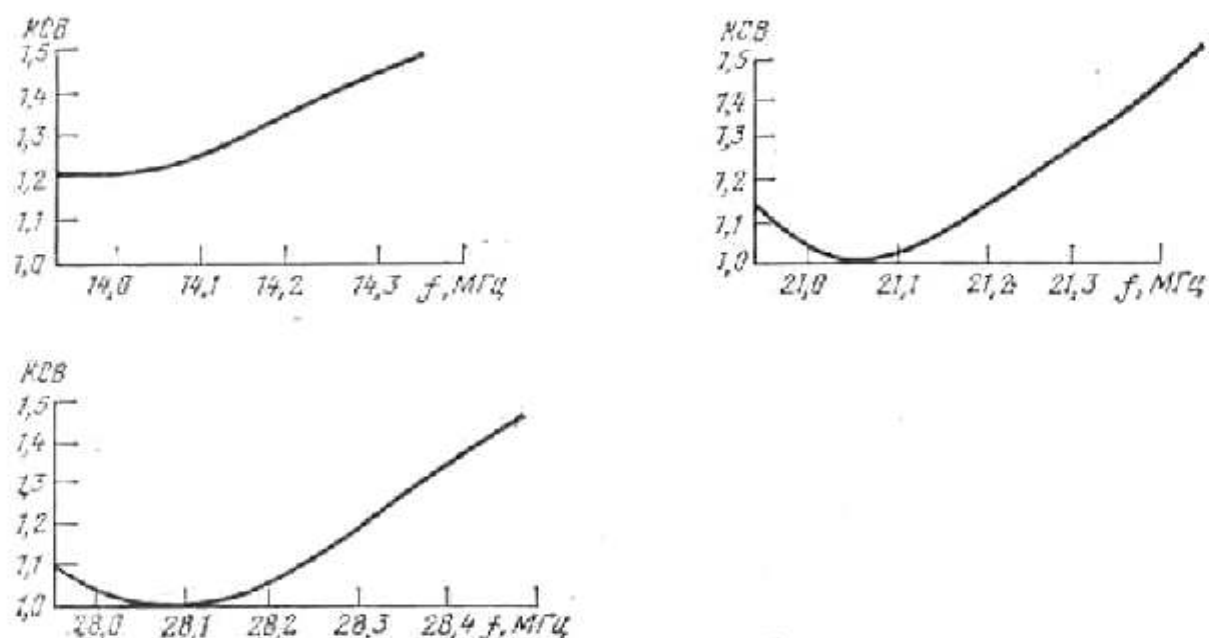


Рис. 7. Зависимость КСВ от частоты антенны для трех рабочих диапазонов

фективных антенн. Однако для диапазона 160 метров длина излучающей части диполя превышает 80 м, что обычно вызывает трудности в ее установке. Один из возможных путей их преодоления — введение в излучатель укорачивающих катушек. Укорочение антенны обычно приводит к снижению ее эффективности, но иногда радиолюбитель вынужден идти на подобный компромисс. Возможный вариант исполнения диполя с удлиняющими катушками на диапазон 160 метров показан на рис. 8. Полные размеры антенны не превышают размеры обычного диполя на диапазон 80 метров. Более того, такую антенну легко превратить в двухдиапазонную, добавив реле, которые замыкали бы обе катушки. В этом случае антенна превращается в обычный диполь на диапазон 80 метров. Если нет необходимости работать на двух диапазонах, а место для установки антенны дает возможность использовать диполь с длиной большей чем 42 м, то целесообразно применить антенну с максимально возможной длиной. Индуктивность удлиняющей катушки в этом случае рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{60 \ln(1,15 l/d)}{2\pi f \operatorname{tg}(1,2^\circ l/f)}$$

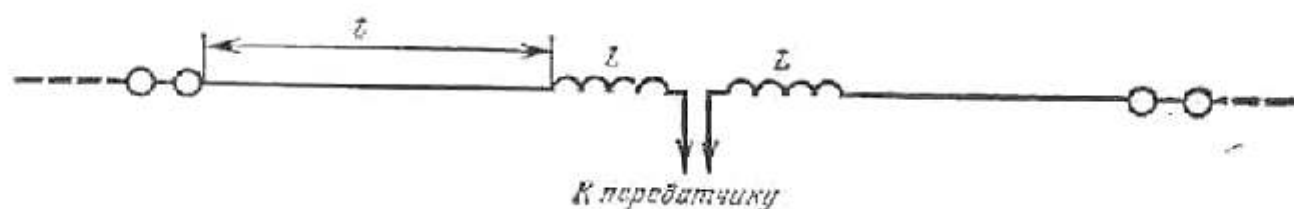


Рис. 8. Вариант диполя с удлиняющими катушками на диапазон 160 м

Здесь  $L$  — индуктивность катушки, мкГн;  $l$  — длина половины излучающей части, м;  $d$  — диаметр провода антенны, м;  $f$  — рабочая частота, МГц. По этой же формуле рассчитывается индуктивность катушки и в том случае, если место для установки антенны меньше чем 42 м. Следует, однако, иметь в виду, что при значительном укорочении антенны заметно снижается ее входное сопротивление, что создает трудности в согласовании антенны с фидером, а это, в частности, дополнительно ухудшает ее эффективность. При размерах антенны, показанных на рис. 8, для питания антенны необходим коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом.

### Вертикальные излучатели

Антенны типа «GP» («GROUND PLANE»), требующие минимальной площади для их установки, пользуются особой популярностью среди радиолюбителей. Хорошо известны и часто используются два основных способа реализации многодиапазонных вертикальных излучателей: введение в антенну режекторных контуров, «отключающих» на соответствующих диапазонах нерабочую часть излучателя (так, как это делается в антенне типа «W3DZZ»), и расширение полосы пропускания антенны путем увеличения отношения диаметра излучателя к его длине (аналог диполя Надененко). В последнее время появились многодиапазонные антенны с LC контурами, которые не настроены на частоты любительских диапазонов, т. е. не являются режекторными. Эти контуры вносят на соответствующих диапазонах лишь вполне определенное реактивное сопротивление, изменяющее электрическую длину излучателя. Одно из достоинств данного способа состоит в том, что снижаются требования к электрическим параметрам контуров — токи в катушках и напряжения на конденсаторах не так уж велики, поскольку рабочие частоты антенны заметно отличаются от резонансных частот контуров.

Схематическое изображение одного из вариантов подобной

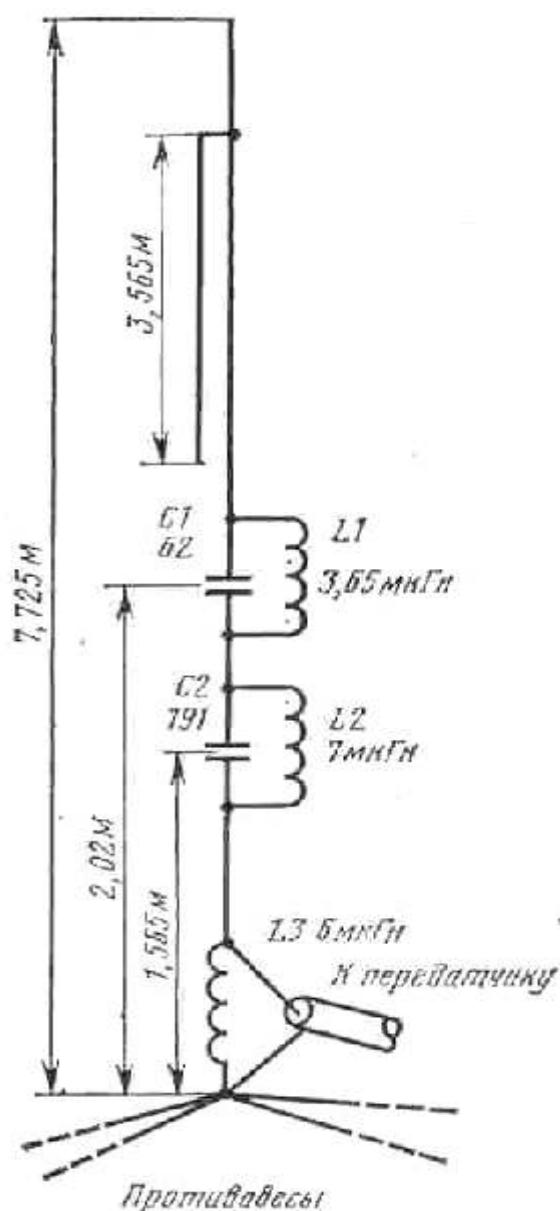


Рис. 9. Антенна типа «GP» для диапазонов 10...80 м

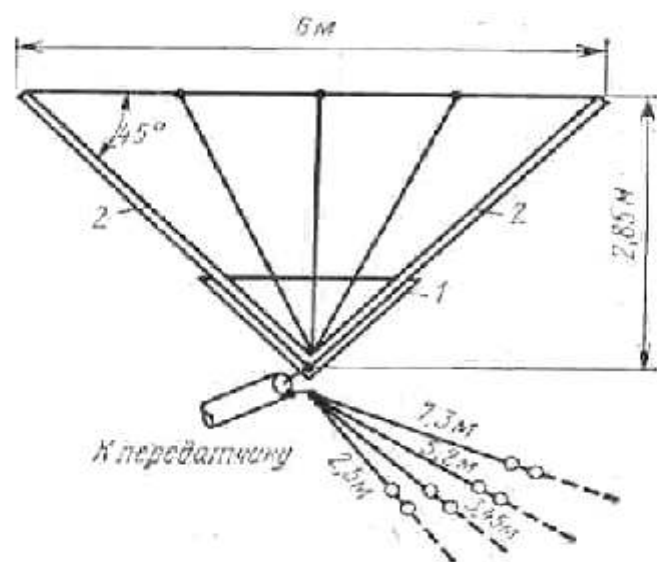


Рис. 10. Широкополосная антенна

ло 10,5 МГц. Этот контур в первую очередь влияет на резонансную частоту антенны на диапазоне 40 метров. На диапазоне 80 метров настройку антенны осуществляют контуром  $L2C2$  (его резонансная частота 4,35 МГц). Катушка  $L3$  влияет на согласование антенны на этом диапазоне. Запитывают антенну через отрезок коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом и электрической длиной 5,28 м ( $\lambda/4$  для диапазона 20 метров). Физическая длина отрезка кабеля для диэлектрика из полиэтилена 3,4 м. Волновое сопротивление фидера 50 Ом. Необходимо подчеркнуть, что катушки антенны (особенно  $L3$ ) должны иметь минимальное активное сопротивление. Их следует изготавливать из толстого медного провода (диаметр — 2...4 мм) и при возможности посеребрить. Эффективность этой антенны (так же как и всех вертикальных излучателей) зависит существенным образом от системы противовесов, с которыми она используется. При  $KCB \leq 2$  эта антенна имеет следующие рабочие полосы частот: 28,0...29,1 МГц, 21,0...21,4 МГц, 14,0...14,35 МГц, 7,0...7,1 МГц. На диапазоне 80 метров  $KCB$  антенны при резонансе примерно 2,8. Эти данные были получены с системой «заземления» в виде металлической сетки площадью 100 кв. м (10×10 м).

Антенна, показанная на рис. 10, — широкополосная. Такая широкополосность достигнута традиционным способом — увеличением эффективного сечения излучателя. Однако конструктивное выполнение антенны несколько необычно, что позволило заметно уменьшить ее высоту. К алюминиевой треугольной плите 1 (толщина 3 мм) прикреплены две алюминиевых трубы 2 длиной около 4,3 м. Диаметр труб не критичен и определяется в первую очередь конструктивными соображениями (механической прочностью антенны). В описываемой здесь антенне были применены трубы диаметром 10 см. Между трубами, как показано на рис. 10, натягивается сетка из антенного канатика или провода

антенны, предназначенной для работы на диапазонах 10—80 метров, приведено на рис. 9 (модель HF-5 VIII фирмы «Баттернот»). В этой антенне для достижения многодиапазонной работы используются как сосредоточенные элементы ( $LC$  контура), так и распределенные элементы (двухпроводная линия). Двухпроводная короткозамкнутая линия имеет длину  $\lambda/4$  на диапазоне 15 метров и определяет работу антенны на этом диапазоне. Резонансная частота контура  $L1C1$  около



диаметром 3...5 мм. Система противовесов обычная. На рис. 10 изображено только по одному противовесу на каждый диапазон, но как всегда для вертикальных антенн — чем противовесов больше, тем лучше. Зависимости КСВ антенны от частоты для четырех рабочих диапазонов показаны на рис. 11. Волновое сопротивление фидера 50 Ом. Антенну необходимо установить на мачту из диэлектрика или на металлическую мачту с опорным изолятором.

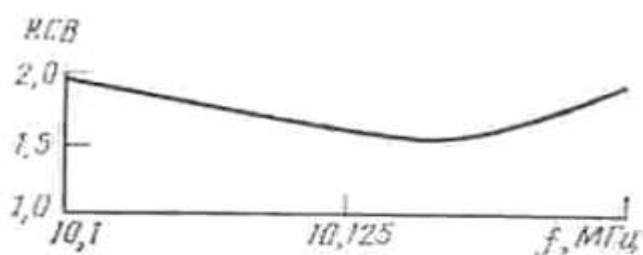
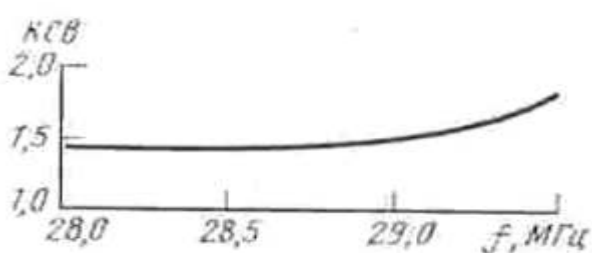
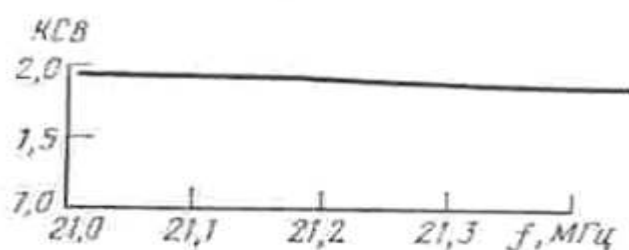
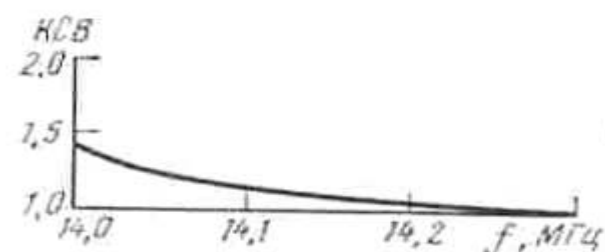


Рис. 11. Зависимость КСВ от частоты для четырех рабочих диапазонов.