

Мобильные антенны КВ диапазона. Часть 1

Для подвижной связи с небольшими мобильными объектами (автомобилями, катерами) на дальние расстояния (свыше 50 км) используется связь в диапазоне КВ (1,8 – 30 МГц). Если на базовой КВ радиостанции можно применять полноразмерные антенные устройства, которые в диапазоне КВ занимают достаточно много места, то на мобильном объекте габариты антенны весьма ограничены. Поэтому на автомобили, катера и другие мобильные объекты устанавливаются укороченные КВ антенны. Как правило, на автомобиле применяется «укороченная» вертикальная штыревая антенна, которая обладает наименьшими габаритами и весом. Термин «укороченная» в данном случае означает, что длина этой антенны значительно меньше четверти длины рабочей волны радиостанции. В самом деле, при рабочей частоте $F = 4,0$ МГц длина волны составляет $\lambda = 75$ метров. Полноразмерная штыревая антенна для этой частоты имеет длину $h = \lambda/4 = 18,75$ м.

Понятно, что антенну такой длины на автомобиле разместить довольно сложно. Поэтому в автомобилях обычно применяются штыревые антенны длиной не более 3,6 м и не менее 2,0 м. Самый распространенный размер антенны – 2,2 - 2,4 м. Это соответствует полноразмерной четвертьволновой антенне для частоты 30 МГц и составляет всего 0,05 часть длины полноразмерной антенны на частоте 1,8 МГц, которая составляет 41 м. Как же меняются характеристики антенны при таком укорочении? Рассмотрим пример укорочения антенны для частоты $F=4,0$ МГц. На этой частоте антенна длиной 2,4 м составляет всего 0,128 часть от полноразмерной четвертьволновой антенны.

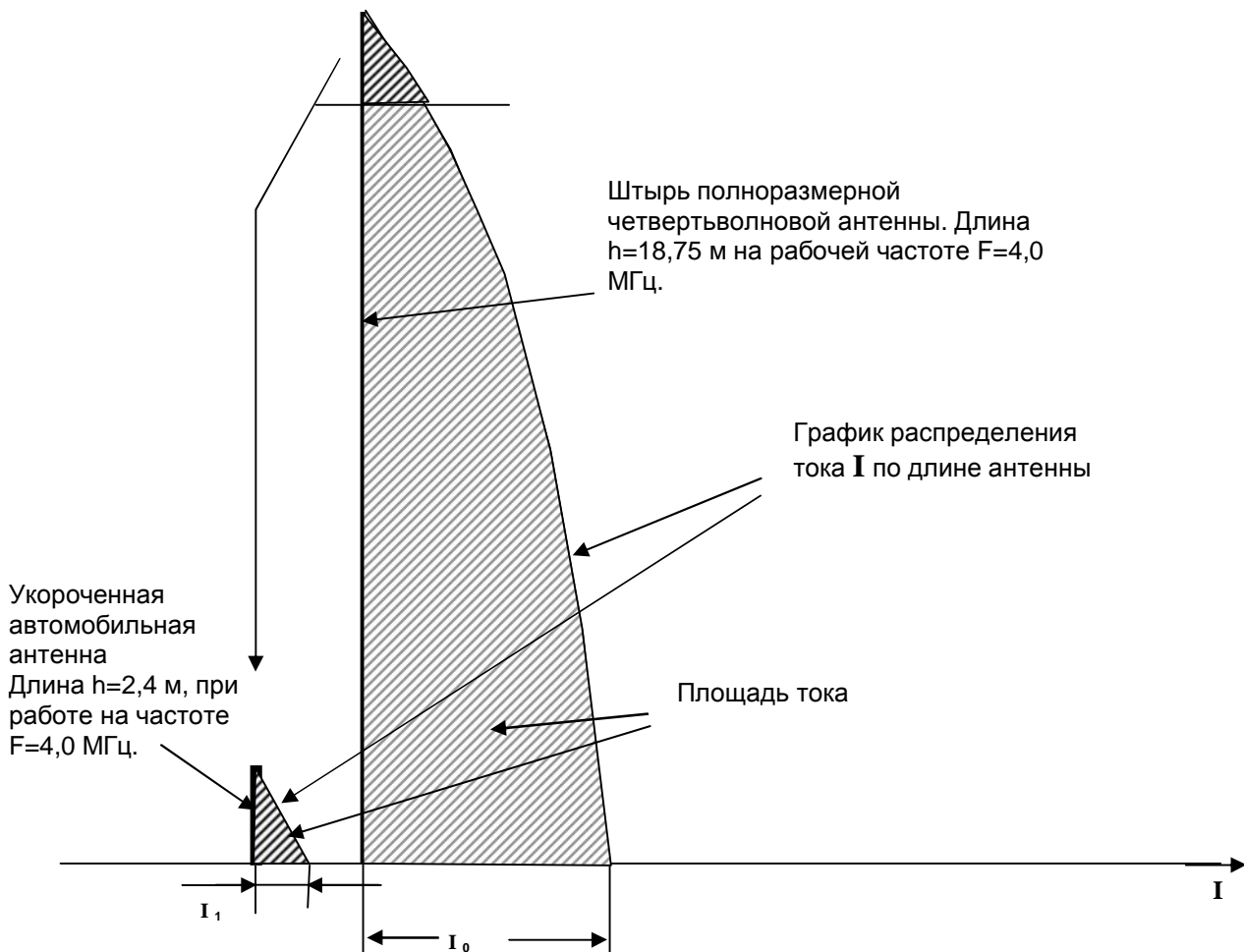
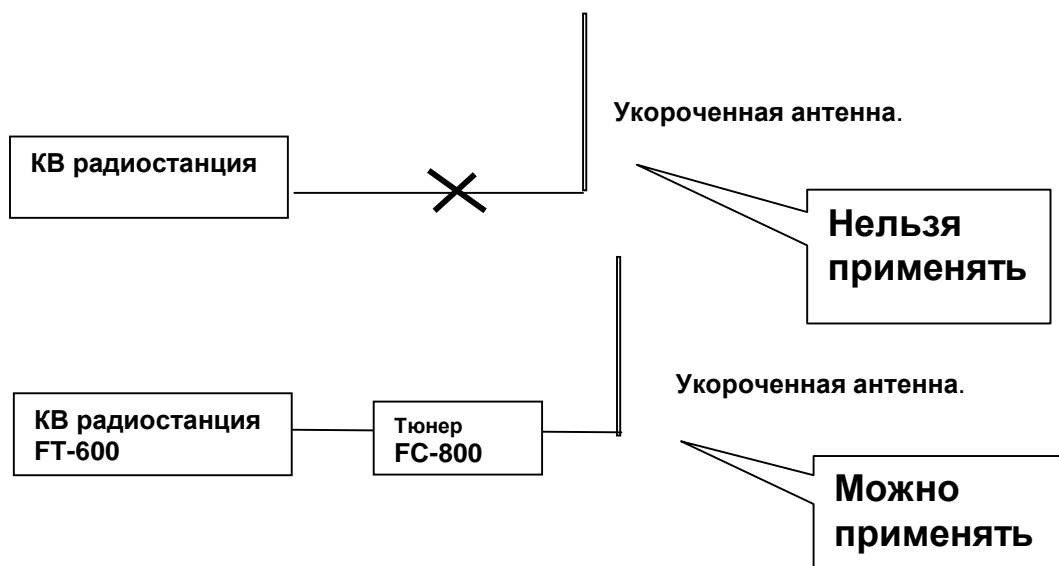


Рис.1 Распределение тока четверть волнового штыря и укороченной антенны.

Из рисунка видно, что при укорочении антенны значительно уменьшается максимальный ток антенны I_0 , а также площадь тока (заштрихованная зона), величина которой, влияет на характеристику излучения антенны, чем площадь тока больше, тем выше эффективность антенны. Укорочение антенны можно представить так, как будто полноразмерная антенна работает только своим кончиком, равным по длине укороченной антенне.

Такая укороченная антенна, уже не настроена в резонанс на рабочей длине волны, поэтому возникает рассогласование выходного тракта радиостанции с антенной. Мощность, отдаваемая радиостанцией в антенну, практически не излучается в пространство, а возвращается (отражается от антенны) обратно в радиостанцию, что приводит не только к отсутствию радиосвязи, но и к выходу из строя выходного каскада передатчика радиостанции.

Для того чтобы устранить это рассогласование, в профессиональных системах связи применяется антенное согласующее устройство – выносной антенный тюнер. Антенный тюнер предназначен для согласования выходного тракта передатчика радиостанции с антенной на всех рабочих частотах. Как правило, профессиональная КВ радиостанция имеет штатный выносной автоматический антенный тюнер. Так, для радиостанции SYSTEM-600 фирмы Vertex Standard применяется тюнер FC-800.



Если укороченную антенну подключить к радиостанции через антенный тюнер, то условие согласования антенны с радиостанцией будет соблюдено. Радиостанция уже не будет выходить из строя из-за ненастроенной антенны, но эффективность работы антенны будет мала, потому что токи в антенне (I_1) останутся ограниченными, (см. рис.2А). Мощность, подводимая к антенне, будет составлять малую часть от мощности, выделяемой радиостанцией. Основная часть мощности будет гаситься в антенном тюнере, как плата за согласование.

Самый действенный способ повысить эффективность антенны, это настроить с помощью дополнительных средств сам штырь антенны на рабочую частоту. Однако, надо помнить, что с помощью этих средств нельзя повысить эффективность антенны до эффективности полноразмерной четвертьволновой антенны. Можно лишь в некоторых пределах улучшить КПД укороченной антенны.

Способов настройки несколько. Вот они.

1. Катушка индуктивности в основании штыря.
2. Катушка индуктивности в середине штыря.
3. Спиральная антенна с равномерной намоткой
4. Спиральная антенна с неравномерной намоткой.

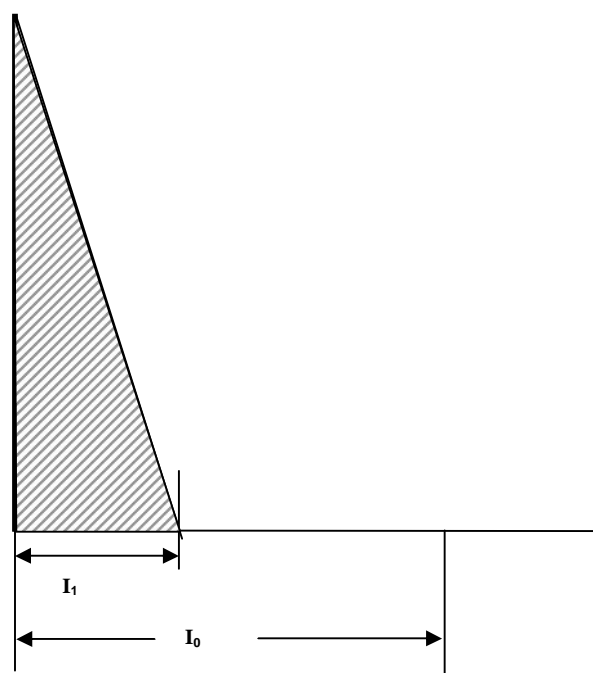


Рис.2А.
График распределения тока вдоль антенны. Ненастроенный укороченный штырь. Длина штыря $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц.
 Антенна не настроена в резонанс. Согласование производится с помощью антенного тюнера.
 I_0 – Максимальный ток на входе четверть волнового штыря или на входе антенного тюнера.
 I_1 – максимальный ток на входе укороченной антенны.

5. Спиральная антенна с неравномерной намоткой и добавочным штырем.

Рассмотрим эти способы настройки.

1. Катушка индуктивности в основании антенного штыря. Рис 2Б

Настройка укороченной антенны на рабочую частоту с помощью катушки индуктивности в основании антенны широко распространена. Катушка находится на уровне наибольшего тока антенны, поэтому ее влияние на настройку антенны максимально – можно использовать катушку меньшего размера, хотя приходится несколько увеличивать диаметр провода катушки. Конструкция наиболее механически прочна, т.к. тяжелая катушка находится в самой низкой точке антенны. Основной недостаток состоит в том, что площадь тока увеличивается незначительно, (практически не увеличивается), по сравнению с антенной, настраиваемой с помощью тюнера. Такое применение катушки оправдано только тем, что оно может помочь тюнеру в настройке на более низкие частоты. КПД антенны при этом, практически, не увеличивается.

I_1 - ток на входе антенны без катушки индуктивности.

I_2 – ток на входе антенны с катушкой индуктивности.

I_0 - ток на входе четверть волнового штыря.

$I_2 = I_0$ – это условие настройки укороченной антенны с помощью катушки.

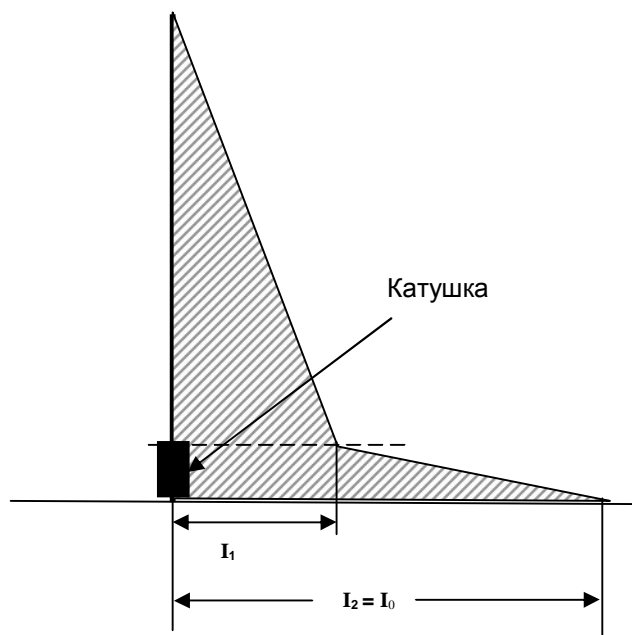


Рис.2 Б

Катушка в основании штыря. Длина штыря $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц. Антенна настроена в резонанс на рабочей частоте, но площадь тока увеличена незначительно.

2. Катушка в середине штыря. Рис. 2В

Катушка, установленная в середине штыря, наиболее эффективна. Конструкция обладает достаточной механической прочностью. Из-за установки катушки в области малых токов влияние катушки меньше, чем при ее расположении в основании антенны, поэтому приходится увеличивать количество витков катушки, хотя можно использовать более тонкий провод. Площадь тока увеличивается значительно, что максимально повышает КПД антенны.

I_1 - Ток на входе антенны без катушки индуктивности.

I_2 – ток на входе антенны с катушкой индуктивности.

I_0 - ток на входе четверть волнового штыря.

$I_2 = I_0$ это условие настройки укороченной антенны с помощью катушки.

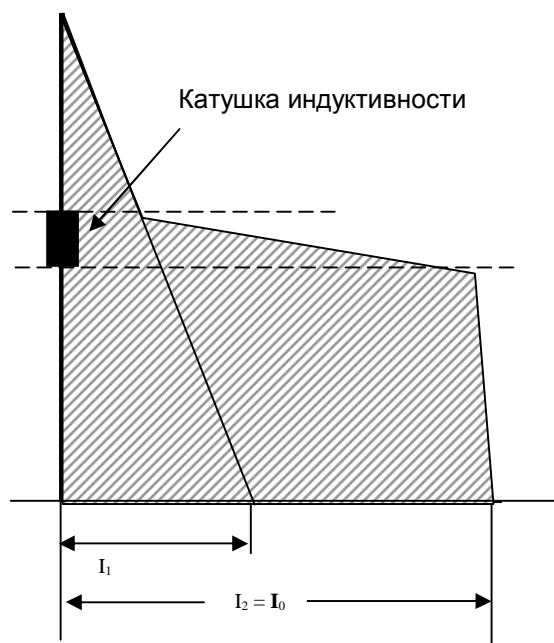


Рис.2 В

Катушка в середине штыря. Длина штыря $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц. Антенна настроена в резонанс на рабочей частоте. Площадь тока увеличена значительно.

3. Катушка на вершине штыря. Рис.2Г

На первый взгляд катушка на вершине штыря может быть наиболее эффективна, т.к. должна дать наибольшее увеличение площади тока. Но это только теоретически, а практически получается так, что из-за малого тока на вершине штыря катушка практически не дает эффекта. Приходится сильно увеличивать количество ее витков, необходимых для настройки на нужную частоту. Так, что, практически, катушка увеличивается до размеров, сравнимых с длиной штыря. Конструкция получается тяжелая и не прочная. Кроме того, из-за того, что катушка установлена в зоне наибольшего напряжения, возникает опасность пробоя между витками, а также возникновение тлеющего разряда и электрической дуги. Все это приводит к невозможности использования данной конструкции. **На практике она никогда не применяется.**

I_2 – ток на входе антенны с катушкой индуктивности.

I_0 - ток на входе четверть волнового штыря.

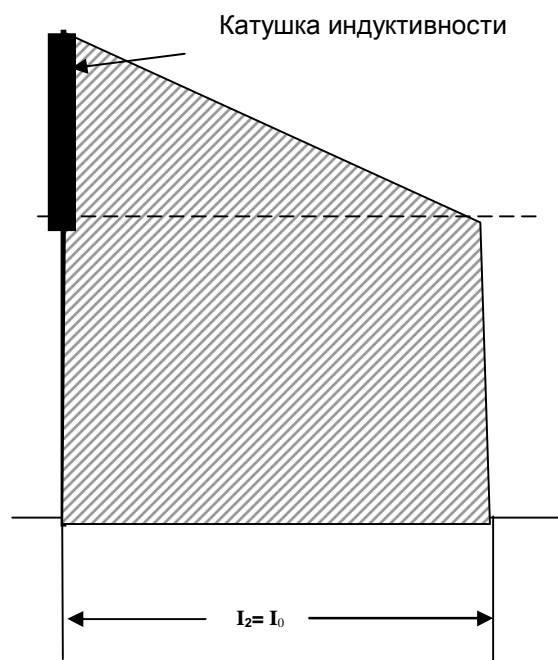


Рис.2 Г

Катушка на вершине штыря. Длина штыря $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц. Опасность электрического пробоя. **На практике не применяется.**

3. Спиральная антенна с равномерной намоткой. Рис. 3А

Эта антенна несколько отличается по конструкции от простой штыревой антенны. Здесь уже нет металлического штыря, вместо него используется стеклопластиковый стержень или трубка, на которую наматывается обычный провод с некоторым шагом, так чтобы индуктивность этой получившейся «растянутой» катушки обеспечила настройку на рабочую частоту.

В результате конструкция получается чрезвычайно прочная и легкая. Благодаря тому, что катушка как бы распределена по всей длине антенны, распределение тока вдоль антенны получается линейным. Но площадь тока при этом увеличивается средне. Применяется не часто.

I_2 - ток на входе антенны с катушкой индуктивности.

I_0 - ток на входе четверть волнового штыря.

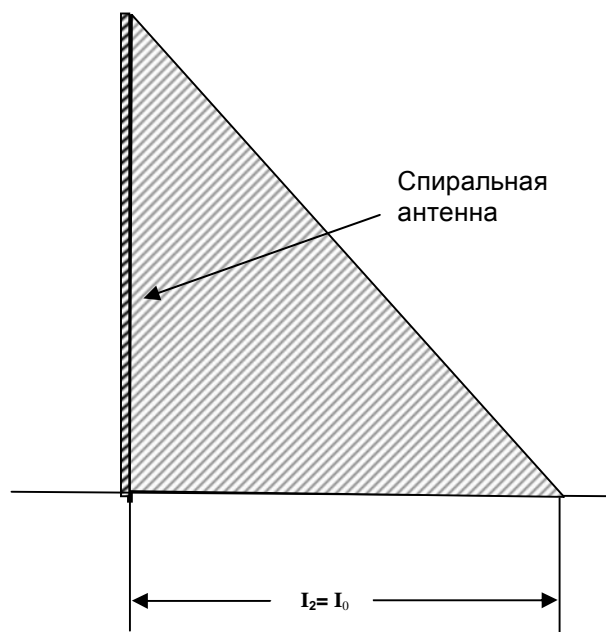


Рис.3А

Спиральная антенна с равномерной намоткой. Длина штыря $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц. Антенна настроена в резонанс на рабочей частоте, но площадь тока увеличена средне.

4. Спиральная антенна с неравномерной намоткой. Рис.3Б

Совсем другой эффект дает неравномерная намотка спиральной антенны. Уменьшение шага намотки в одном месте ближе к вершине антенны дает максимальное увеличение площади тока антенны, и, как следствие, максимальное повышение эффективности излучения.

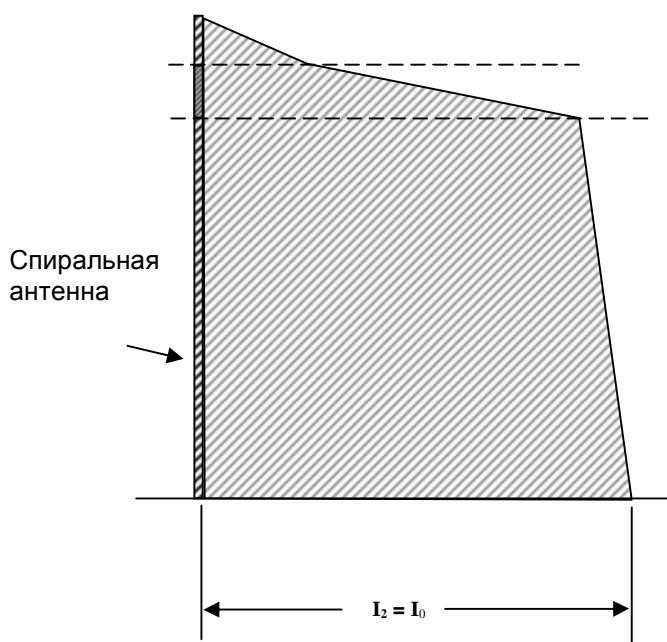


Рис.3Б Спиральная антенна с неравномерной намоткой.

Длина штыря $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц. Антенна настроена в резонанс на рабочей частоте, площадь тока увеличена максимально.

5. Спиральная антенна с неравномерной намоткой и с добавочным штырем. Рис. 3В

Усовершенствование предыдущей конструкции – добавление на вершине спиральной антенны легкого металлического штыря с возможностью его настройки путем укорочения. Штырь фиксируется в нужном положении специальным упорным винтом. Это дает возможность в реальных условиях оперативно подстроить антенну в некоторых пределах на нужную верхнюю рабочую частоту. Конструкция остается легкой и прочной с максимальным увеличением площади тока.

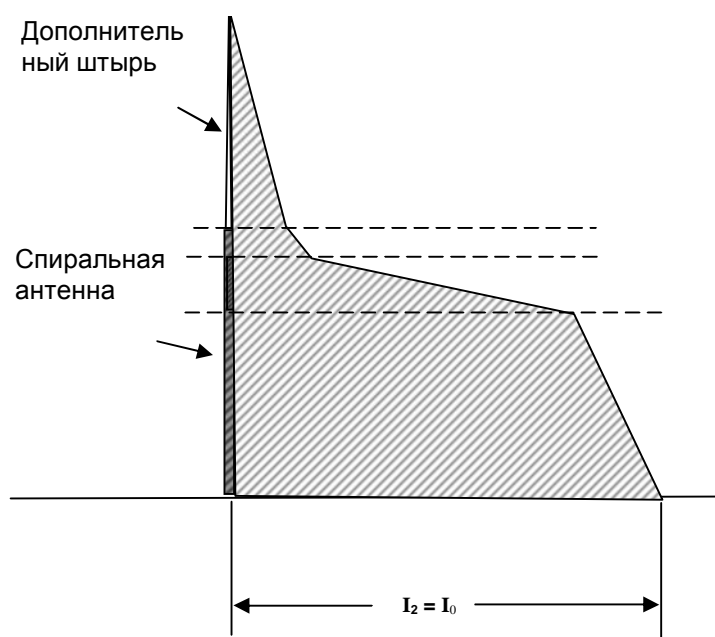


Рис.3В

Спиральная антенна с неравномерной намоткой и с добавочным штырем. Общая длина $h=2,4$ м., частота $F=4,0$ МГц. Антенна настроена в резонанс на рабочей частоте, площадь тока увеличена значительно. С помощью добавочного штыря можно настроить антенну в резонанс.

Из приведенного анализа конструкций можно сделать вывод, что наиболее удачными и эффективными являются конструкции:

- **Рис.2В – Штыревая антенна с катушкой в середине.**
- **Рис.3В – Спиральная антенна с неравномерной намоткой и настроечным штырем.**

Определение оптимального местоположения удлинительной катушки.

При использовании антенны с удлинительной катушкой возникает вопрос, в какое место штыря поместить катушку для обеспечения максимального КПД антенны? На приведенном графике видно изменение КПД антенны в зависимости от размещения катушки.

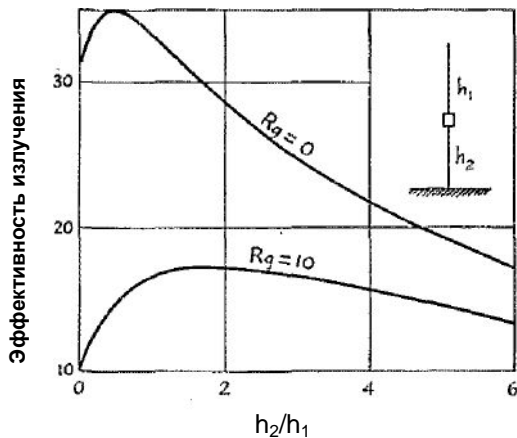


Рис.7 — График оптимального положения катушки. Если мы выбираем катушку, с добротностью $Q = 300$, и сопротивление потерь в земле $R_g = 10$ Ом, то график на рис. 7 показывает расчетное изменение КПД антенны с отношением h_2/h_1 . Отношение $h_2/h_1 = 0$, конечно, случай размещения катушки в основании антенны. Из графика видно, что лучшее «местоположение» для катушки находится приблизительно в центре излучателя (или $h_2/h_1 = 1$). Показана также кривая без сопротивления потерь в земле ($R_g = 0$). Отмечено, что оптимальное местоположение катушки несколько смещено к точке ввода, т.е. ниже середины, поскольку здесь уменьшено сопротивление потерь в земле.

Проведем расчет эффективности антенны с катушкой посередине по сравнению с укороченной антенной без катушки.

1. КПД укороченной антенны h_1 без настроенной катушки.

$$\eta = \frac{R_r \cdot 100\%}{R_r + R_g},$$

Где, η – КПД укороченного штыря.

R_g – сопротивление потерь в грунте, может сильно изменяться от 0,1 Ом до 15 Ом. Исходя из практических измерений, взято $R_g = 10$ Ом
 R_r – сопротивление излучения укороченного штыря.

$$R_r = 160\pi^2 \left(\frac{h_d}{\lambda} \right)^2, \text{ Ом}$$

$h_d = \frac{h_1}{2} = 1,2$ м - действующая высота антенны.

$$R_r = 160\pi^2 \left(\frac{h_1}{2\lambda} \right)^2 =$$

$$= 1579,1376 \left(\frac{2,4}{2 \cdot 75} \right)^2 = 0,404 \text{ Ом}$$

$$\eta = \frac{0,404 \cdot 100\%}{0,404 + 10} = 3,9\%$$

Мы видим, что η - КПД такой антенны весьма мал, и сильно зависит от величины сопротивления потерь R_g , т.к. сопротивление излучения R_r мало.

Рис. 4

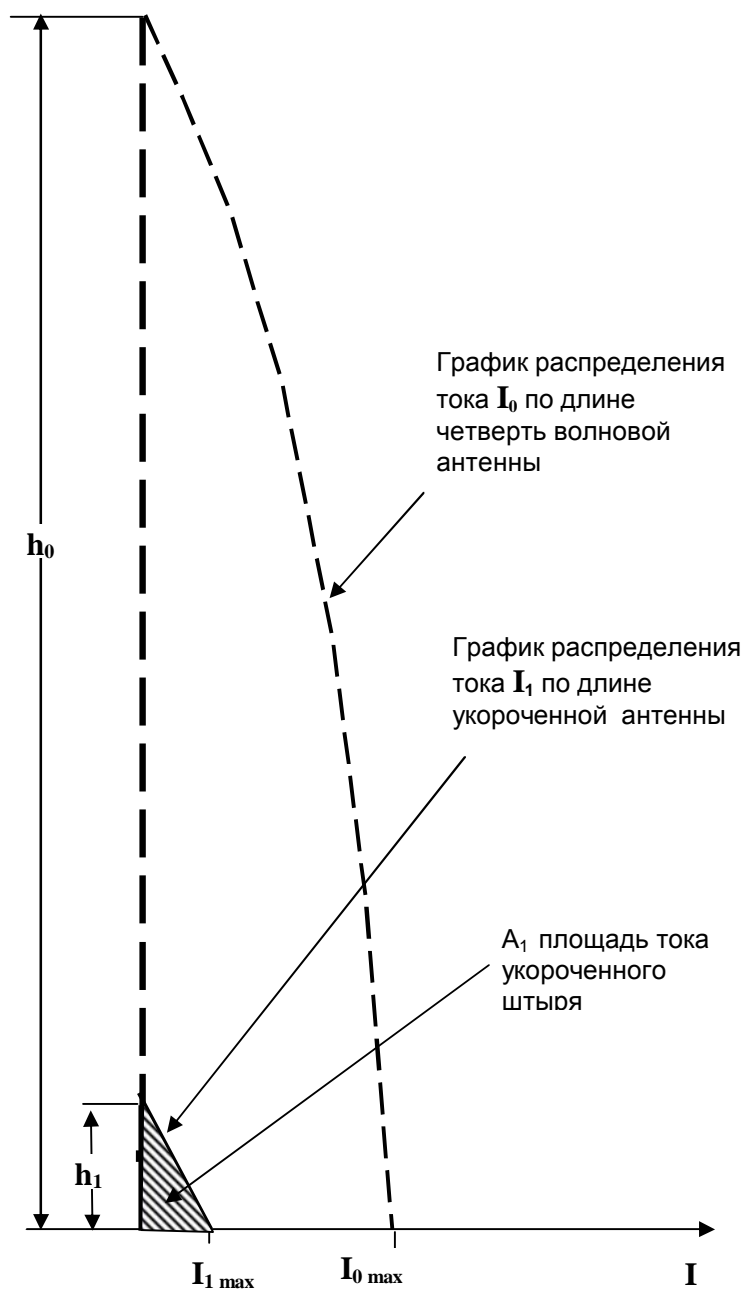
$F=4,0$ МГц – рабочая частота

$h_1= 2,4$ м - длина укороченной автомобильной антенны

$h_0 = 18,75$ м - длина полноразмерной четвертьволновой антенны

$I_{1\max}$ – ток на входе укороченной антенны

$I_{0\max}$ - ток на входе четвертьволновой антенны



2. КПД укороченной антенны с катушкой в середине.

$$\eta = \frac{R_r 100\%}{R_r + R_g + R_o},$$

Здесь кроме уже известных сопротивлений прибавляется R_o – сопротивление потерь в катушке.

$h_1 = h_2 = 1.2 \text{ м}$ – длина нижней и верхней секции антенны,

$$\lambda = \frac{C}{F} = 75 \text{ м} - \text{рабочая длина волны.}$$

C – скорость света в вакууме.

$F = 4,0 \text{ МГц}$ – рабочая частота

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda};$$

$$I_{0\max} = \frac{I_{1\max}}{\sin \alpha(h_1 + h_2)} = \frac{1}{0.1997} =$$

$= 5.0075 \text{ А}$ – ток нижней секции.

$$h_d I_{1\max} = I_{0\max} h_2 + \frac{I_{1\max} h_1}{2 * 2};$$

$$h_d = \frac{I_{0\max} h_2}{I_{1\max}} + \frac{I_{1\max} h_1}{4 I_{1\max}};$$

$$h_d = 5,0075 * 1,2 + \frac{1,2}{4} = 11,952 + 0,3 =$$

$= 6,5075 \text{ м}$ – действующая высота укороченного штыря с катушкой в центре.

Сопротивление излучения:

$$R_r = 160\pi^2 \left(\frac{h_d}{\lambda} \right)^2 =$$

$$= 1579,1367 * \left(\frac{6,5075}{75} \right)^2 = 11,8435 \text{ Ом}$$

Теперь необходимо найти сопротивление потерь в катушке R_o .

Для определения R_o необходимо сделать ряд предварительных расчетов.

Реактивное емкостное сопротивление укороченной антенны должно быть скомпенсировано посредством настроечной катушки, установленной в центре штыря.

Характеристическое сопротивление укороченной антенны равно:

$$Z_0 = 138 \lg \frac{2h}{r} - \text{волновое сопротивление штыря}$$

h – средняя высота излучателя над грунтом.

r – средний радиус излучателя.

Если антенна закреплена на бампере, то высота крепления над землей – $h_3 = 0,6 \text{ м}$.

Отсюда,

$$h = \frac{(h_1 + h_2) + h_3}{2} = \frac{2,4 + 0,6}{2} = 1,5 \text{ м}$$

$$r = 0.003 \text{ м}$$

$$Z_0 = 138 \lg \frac{2 * 1,5}{0,003} = 138 * 3 = 414 \text{ Ом}$$

Рис. 5

$F = 4,0 \text{ МГц}$ – рабочая частота

$h_1 = 1.2 \text{ м}$ – длина верхней части антенны

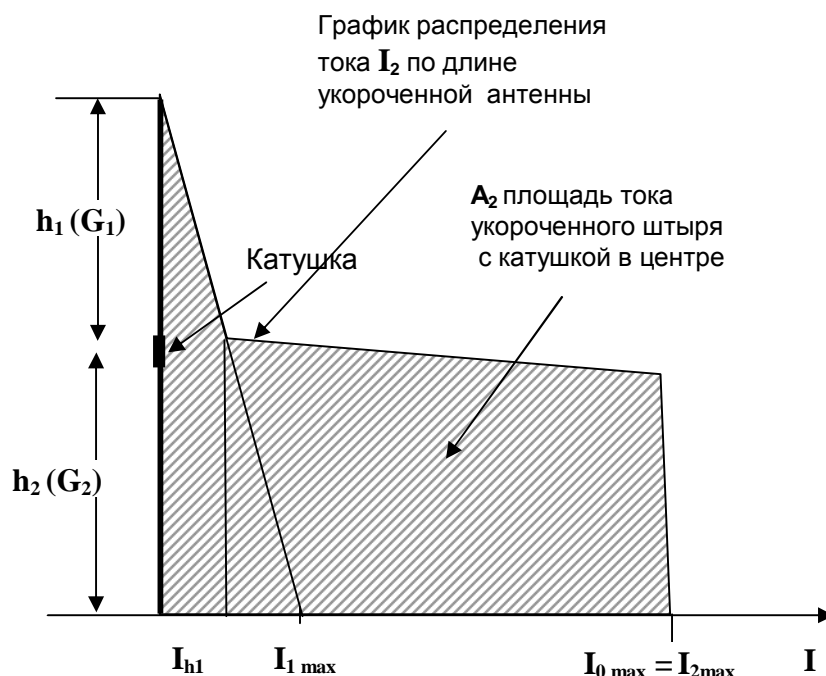
$h_2 = 1,2 \text{ м}$ – длина нижней части антенны

$I_{0\max}$ – ток на входе четвертьволновой антенны

$I_{2\max}$ – ток на входе укороченной антенны с катушкой

$I_{2\max} = I_{0\max}$ – условие настройки укороченной антенны с помощью катушки

$I_{1\max}$ – ток на входе укороченной антенны без катушки



Для штыря с катушкой в середине:

$jX_{h1} = -jZ_0 \operatorname{Ctg} G_1$ – реактивное сопротивление верхней части штыря.

$jX_{h2} = jZ_0 \operatorname{tg} G_2$ – реактивное сопротивление нижней части штыря.

jX_{L0} – реактивное сопротивление катушки.

Исходя из условия резонанса, реактивные сопротивления на входе антенны должны быть скомпенсированы.

$$jX_{L0} - jZ_0 \operatorname{Ctg} G_1 + jZ_0 \operatorname{tg} G_2 = 0$$

$$jX_{L0} = jZ_0 (\operatorname{Ctg} G_1 - \operatorname{tg} G_2) = j 414 (\operatorname{Ctg} 5.76^\circ - \operatorname{tg} 5.76^\circ) = j 414 * 9.8129 = j4063 \text{ Ом.}$$

При применении катушки с добротностью 300, сопротивление потерь в катушке

$$R_0 = 4063 / 300 = 13,54 \text{ Ом.}$$

Тогда КПД антенны с катушкой в центре будет равен:

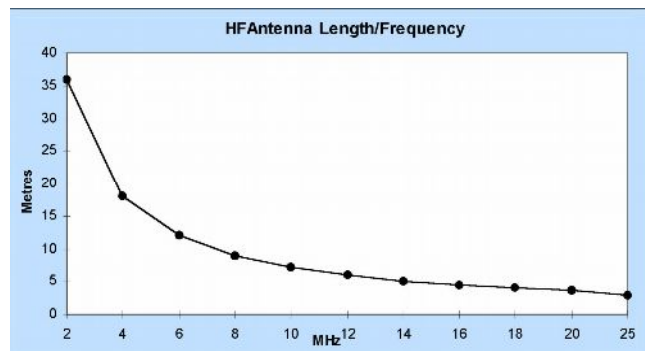
$$\eta = \frac{11,8435 * (100)}{11,8435 + 13,54 + 10} \% = 33,48\%$$

Как видно, КПД без катушки равен $\eta = 3,9\%$, а КПД с катушкой $\eta = 33,47\%$, т.е. КПД с катушкой возрос более чем в 8 раз.

Даже при работе на настроенную антенну на одной частоте возникает необходимость в согласовании входного сопротивления антенны с сопротивлением коаксиального кабеля 50 Ом, т.к. входное сопротивление электрически настроенной антенны обычно не равно 50 Ом. В нашем примере оно равно $R_{\text{вх}} = 11,8435 + 13,54 + 10 = 35,38$ Ом. Поэтому даже в этом случае необходимо использование антенного тюнера.

Работа же в диапазоне частот без тюнера просто невозможна. Для работы на нескольких частотах поступают следующим образом: антенна настраивается с помощью катушки на верхнюю частоту рабочего диапазона частот, а на все частоты ниже верхней частоты, антенну настраивает антенный тюнер. Частоты выше частоты настройки антенны обычно не доступны, (тюнер на них не может настроиться, т.к. ему необходимо компенсировать слишком большую реактивность, входной импеданс составляет величину в несколько кОм), пока вы не дойдете до частот, на которых электрическая длина антенны больше 0,5 λ . Тогда реактивность антенны меняет знак на противоположный, сопротивление антенны становится равным десяткам и единицам Ом, и тюнер уже становится в состоянии ее скомпенсировать.

По исследованиям австралийской фирмы «Moonraker», ощутимый выигрыш дает настройка антенны при помощи дополнительной катушки при работе на частотах ниже 10 МГц. На частотах выше 10 МГц можно использовать ненастроенную антенну без катушки совместно с антенным тюнером без особого ущерба для эффективности связи. Весьма нагляден в этом смысле график зависимости необходимой длины четвертьволнового штыря от частоты его настройки. Из графика видно, что от 10 МГц до 25 МГц длина штыря меняется мало, зато от 10 МГц до 2 МГц изменение длины весьма значительно. Поэтому точка 10 МГц и взята за граничную точку необходимости установки настроечной катушки.



Приложение.

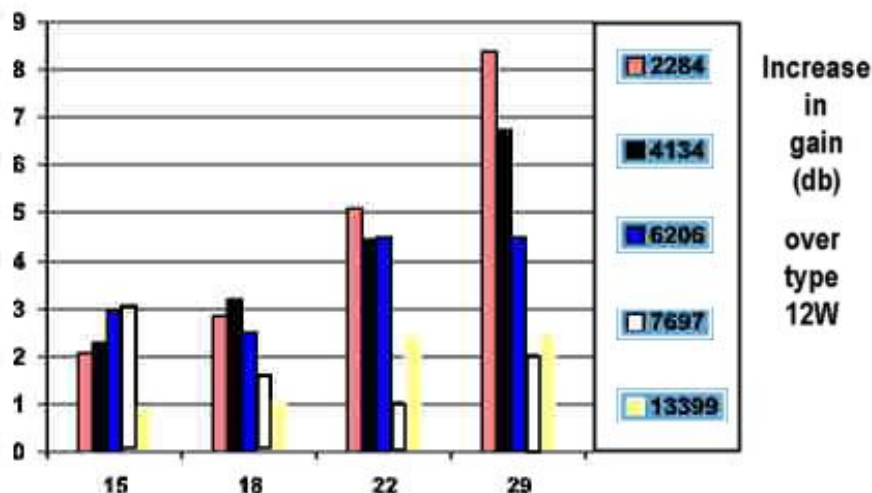
Значение длины и нагрузки КВ антенны для оптимальной работы.

Перевод статьи с сайта фирмы Moonraker (<http://www.moonraker.com.au/techni/loading.htm>).

Некоторое время назад Moonraker выполнил морские испытания для сравнения влияния физической длины антенны и ее нагрузки при работе в диапазоне КВ. Испытания проводились по чистой воде на судне, пришвартованном носом и кормой. Мощность сигнала поверхностной волны была измерена на расстоянии в 1 навигационную милю (1.852 км), используя ненагруженные (без настроечной катушки) 1/4 волновые штыревые КВ антенны Moonraker. Сигналы были измерены на 2.284, 4.1343, 6.2062, 7.697 и 13.3995 МГц.

Длина Антенны

Используя ненагруженную 3.65m/12ft антенну (12 серии) в качестве эталона, мы намеревались измерить увеличение мощности сигнала и решить, какого уровня достигает увеличение сигнала в децибелах при увеличении длины антенны, используя антенны 4.6m/15ft (15 серия), 5.5m/18ft (18 серия), 6.7m/22ft (22W) или 8.8m/29ft (29W). Результаты показывают, что любое дополнительное увеличение в длине является заслуживающим внимания, особенно на более низких частотах. При работе на 6.206 МГц увеличение почти на 5 децибелов может быть достигнуто только, при длине антенны 6.7m/22ft или 8.8m/29ft.



Тип антенны	Увеличение усиления (дБ) относительно антенны 12W				
15W	2.09	2.31	2.94	3.07	0.97
18W	2.86	3.22	2.51	1.58	1.10
22W	5.09	4.44	4.52	1.05	2.46
29W	8.39	6.75	4.52	2.03	2.46

МГц	2.284	4.134	6.206	7.697	13.339
-----	-------	-------	-------	-------	--------

Чтобы эффективно излучать на определенной частоте, антенна должна быть определенной длины - или соответствовать этой длине электрически. В КВ диапазоне требуемая длина антенны изменяется значительно. Для четвертьволновых антенн требуемая длина изменяется от 2.4m (7.9ft) для 30 МГц, до 36m (119ft) для 2 МГц.

Антенный тюнер (устройство настройки антенны - ATU) или устройство связи с антенной может скорректировать электрическую длину антенны, но чем больше эта корректировка, тем больше это скажется на работе. Намного лучше иметь такую большую длину антенны, насколько возможно, если это увеличивает излучение. Чем больше коррекция, которая сделана в ATU, тем меньше мощности излучается антенной.

Антенна работает лучше всего на частоте, для которой ее длина является правильной. Это называется резонансной частотой. Резонансные частоты для нормальных длин антенны (1/4 длины волны):

Метр/фут	3.65 / 12	4.6 / 15	5.5 / 18	6.7 / 22	8.8 / 29
МГц	19.83	15.86	13.2	10.8	8.2

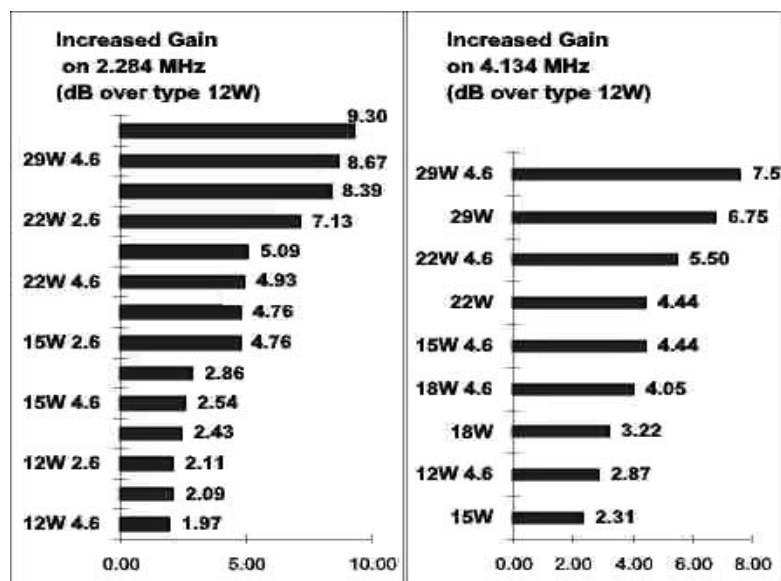
Очевидно, чем меньше физическая длина антенны при работе на определенной частоте, тем меньше эффективность работы. Самое большое ухудшение произойдет на более низких частотах ниже 10 МГц. Поэтому мы рекомендуем, чтобы использовалась антенна наибольшей длины, какая только возможна, в соответствии с длиной судна.

Эффективность нагрузки.

В наших морских сравнительных испытаниях мы также оценивали эффект применения добавочной катушки (нагрузки) для работы на частотах 2.284 МГц и 4.134 МГц. Эти частоты были выбраны для испытания, поскольку они страдают больше всего от недостатка высоты антенны. Хорошая работа на 2 МГц имеет особое значение - 2.182 МГц является аварийной частотой.

Как и при испытаниях длины антенны, измерялась мощность сигнала поверхностной волны на расстоянии в 1 навигационную милю (миля 1.852 км), используя четвертьволновую штыревую КВ антенну Moonraker. Точно так же, используя ненагруженную антенну 3.65m/12ft (серия 12) в качестве эталона мы хотели измерить увеличение мощности сигнала и решить, какое относительное увеличение было достигнуто из-за применения нагрузки и в 2.6 МГц и в 4.6 МГц в децибелах.

Результаты испытаний показали, что нагрузка в 2.6 и 4.6 МГц произвела большее увеличение, чем было достигнуто одной длиной. Чем короче антенна, тем может быть больше выигрыш, с возможным увеличением до 39 % при применении катушки на частоту 4.6 МГц в антенне 3.65m (12ft), по отношению к антенне без катушки.



Антенна с катушкой дала существенное увеличение усиления (в децибелах) по отношению к антенне без катушки той же самой длины:

Тип антенны	12W	15W	18W	22W	29W
2.6 на 2.284 MHz	2.67	2.11	1.90	2.04	0.91
4.6 на 4.134 MHz	2.87	2.13	0.83	1.06	0.82

Как было упомянуто выше, хотя антенный тюнер или устройство связи с антенной могут скорректировать антенну до правильной электрической длины, но чем больше коррекцию они должны сделать, тем больше это скажется на работе. Намного лучше иметь антенну такой большой длины, насколько это возможно, когда это может увеличить излучение. Если невозможно иметь нужную физическую длину антенны, на малых катерах, например, то антенна может быть настроена, чтобы соответствовать необходимой длине электрически.

Если удлинить 3.65m (12ft) антенну с помощью дополнительного штыря 1.8m (6ft) то это будет правильная физическая длина для частоты 13 МГц, но если пользователь хочет связываться, главным образом, на более низких частотах, то эта антенна будет слишком коротка.

Очевидно, чем короче антенна, и ниже рабочая частота, тем больше будет эффект от использования настроечных катушек. Если только возможно настроить короткую антенну, то компенсация может быть сделана, при настройке антенны на самую высокую частоту, которая используется ниже 10 МГц. Мы рекомендуем бы настройку ваших антенн на самую высокую основную частоту, которая используется ниже 10 МГц (обычно 2.6, 4.6 6.3 или 8.3 МГц), особенно там, где используются более короткие антенны на этой частоте и ниже. При покупке антенн Moonraker дополнительная настройка на частоту производится бесплатно.

Более длинные антенны могут быть настроены так, чтобы они были электрически укорочены на высоких, и удлиненны на низких частотах, что позволит обеспечить антенне правильную длину на нескольких частотах. Для антенн выше 8.8m (29ft) настройка для частот КВ обычно не требуется. Множественные резонансные частоты доступны для антенн 6.7m/22ft типа 22W и 5.5m/18ft серия 18 (до 2 частот) и 8.8m/29ft типа 29W (до 3 частот).