

*Этот материал полезен для тех, кто хотел бы потратить деньги для улучшения качества связи с максимальной эффективностью. В нём рассмотрены различные способы достижения так необходимых всем децибел и приведена оценка затрат для их получения.*

## Высокочастотные усилители против антенн

А. Дубинин RZ3GE, А. Калашников RW3AMC

Не все, но многие радиолюбители, рано или поздно сталкиваются с проблемой улучшения качества связи. Вопросов при этом возникает много, но основных, как правило, всего два: покупать мощный линейный усилитель или улучшать антенную систему? И тот и другой во многом можно отнести к разряду философских. Ну а мы попробуем подробно рассмотреть их с точки зрения материальных затрат и эргономики, т.е. - улучшения потребительских качеств радиосистемы и, на основе этих размышлений попытаемся дать советы, которыми некоторые из вас смогут даже попытаться воспользоваться.

В последние годы в мире наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению мощности передатчиков там, где такая возможность существует. Это обусловлено внедрением нового направления развития современной техники – энергосбережения, позволяющего экономить постоянно истощающиеся запасы полезных ископаемых, которые в свою очередь, используются для производства электрической энергии, и всё более громкими заявлениями «зелёных» о вреде любого радиоизлучения. Эти факты, естественно, не являются определяющими при выборе способа улучшения эффективности связи для миллионов радиолюбителей во всём мире. Им (в т.ч. нам) всё время хочется дальше-больше-мощнее, даже если при этом придётся одеться в свинцовые халаты! Кому-то нужен первый DXCC, кому-то 9B WAZ, и так до бесконечности! Накопление наград, прославляющих нас самих, для некоторых становится целью жизни №1! С возрастом это превращается в привычку, и остановиться уже невозможно.

Первое, что радисту приходит в голову при желании выделиться среди остальных - это изготовить необыкновенно мощный усилитель. Однако при детальном рассмотрении задачи факты указывают на то, что установка излишне мощного линейного усилителя для увеличения уровня излучаемого сигнала является далеко не оптимальным решением. Одним из таких фактов является соотношение цена/качество достигнутого результата. Ну а в нашей стране проблема цены удовольствия пока остается в этом вопросе, пожалуй, главной.

Перед дальнейшим рассмотрением вопроса сделаем небольшое отступление для краткого ознакомления с неким прибором: т.н. – S-метром, предназначенным для оценки силы сигнала по S-шкале соответственно. Таким прибором снабжены все промышленно выпускающиеся трансиверы. Шкала этого прибора является нелинейной, а цена деления его шкалы соответствует изменению сигнала на 6 дБ. Таким образом, 1 балл соответствует 6 дБ. Показания S-метра любого трансивера нельзя рассматривать как абсолютно точные и, порой, даже как приблизительные (нельзя забывать, что на КВ уровень сигнала приходящего из эфира вообще **НЕЛЬЗЯ** сравнивать с пришедшим **РАНЕЕ** из-за случайного характера его пути от излучателя к приёмнику, ещё сложнее это сделать в режиме SSB, т.к. амплитуда сигнала меняется из за изменения уровня голоса оператора). Эти показания годятся лишь для проведения качественного анализа степени увеличения излучаемой мощности передающего устройства.

Теперь проведём некое практическое занятие. Попробуем постепенно увеличивать выходную мощность передатчика и наблюдать насколько изменяются показания S-метра на приёмнике вашего корреспондента и построим график, в котором отражаются затраты на приобретение соответствующего усилителя.

Известно, что для увеличения силы сигнала на принимающей стороне на 3 дБ необходимо увеличить мощность усилителя передающей станции **В ДВА РАЗА!** Заметим, что 3 дБ соответствуют только половине одного деления шкалы S-метра, т.е. ровно пол-балла!

Соответственно, для увеличения силы сигнала на принимающей стороне всего на один балл по шкале S-метра необходимо увеличить мощность передатчика уже в **ЧЕТЫРЕ** раза! Используя такую нехитрую арифметику можно подсчитать степень увеличения мощности выходного сигнала вашего корреспондента исходя из показаний S-метра. На рис.1 показаны три шкалы S-метра с показаниями, соответствующими различным мощностям усилителя иллюстрирующими это правило.



Рис. 1

Таким образом, применение усилителя мощностью 1 кВт вместо 100-ваттного вызывает увеличение сигнала на приемнике вашего корреспондента примерно на 10 дБ (1.5 балла по S-метру), что, безусловно, является весьма заметным событием для оператора, но становится ещё более заметным, когда понимаешь, что платить за это удовольствие приходится около 1500 \$. Именно столько стоит киловаттный усилитель невысокого качества. Покупка усилителя мощностью 1,5 кВт (всего на 500 Вт мощнее!) обойдётся уже в сумму около 2500 \$ (примеры приведены ниже), а на S-метре вы увидите увеличение показаний на 0.5 балла. Здесь речь идёт о средней стоимости промышленных КВ усилителей для любительских целей, исключая подделки отечественных кулибиных и устройства Министерства обороны.

Интересный вывод: в этом случае **разница между 5-6 и 5-8 будет стоить около 2500 \$.**

Однако затраты радиолюбителей, выбравших именно этот путь для улучшения своих достижений, не ограничиваются затратами на усилитель. Например: в случаях, когда усилитель не имеет выходного перестраиваемого контура, необходимо использовать антенный тюнер. Стоимость выпускающихся промышленностью тюнеров, рассчитанных на мощность 300 Вт, составляет в среднем 500 \$. Ну и, конечно, не стоит забывать о плате за электроэнергию. Усилитель, выходная мощность которого составляет 500 Вт, потребляет примерно 1000 Вт из сети. Такая пропорция сохраняется и при других мощностях. Например, любимая многими ГУ-78 при 4 кВт в антенне потребляет из сети уже около 8 кВт. А промышленные широкополосные передатчики типа «БРИГ» (1кВт), «ПЛАМЯ» (10 кВт) и подобные им, работают с КПД всего около 30% - дальше считайте сами. При подсчётах учтите также и то, что эта аппаратура является источником помех другим работающим электронным устройствам. В первую очередь – конечно, телевидению. Усилители мощности создают много, мягко говоря, неудобств для любителей бесконечных телесериалов, с которыми хочешь не хочешь - приходится считаться. С многими проблемами, связанными с помехами телевидению помогут справиться разного рода фильтры. Они тоже стоят денег. (Совсем недавно выпуск некоторых из них освоен саратовской компанией REMO. Дешевле и лучше, чем импортные...)

Но, если станция находится в сельской местности, то нехватка электроэнергии вообще не даст сделать даже длинного «а-а-а-а-лэ, раз, два, три...». В деревянных сельских домах и домах «новых русских» одна из важнейших проблем – пожаробезопасность. Огнетушители и качество проводки станут постоянной головной болью. В итоге набегит немалая сумма.

Это только основные аспекты, связанные с использованием мощного усилителя.

А сейчас рассмотрим подробнее иную возможность улучшения качества связи: использование эффективной антенной системы. На что необходимо обратить внимание в этом случае:

**Первое.** Необходимо понимать, что: **усилители усиливают только сигнал передатчика и, в отличие от антенн, ничего не делают для улучшения приёма.**

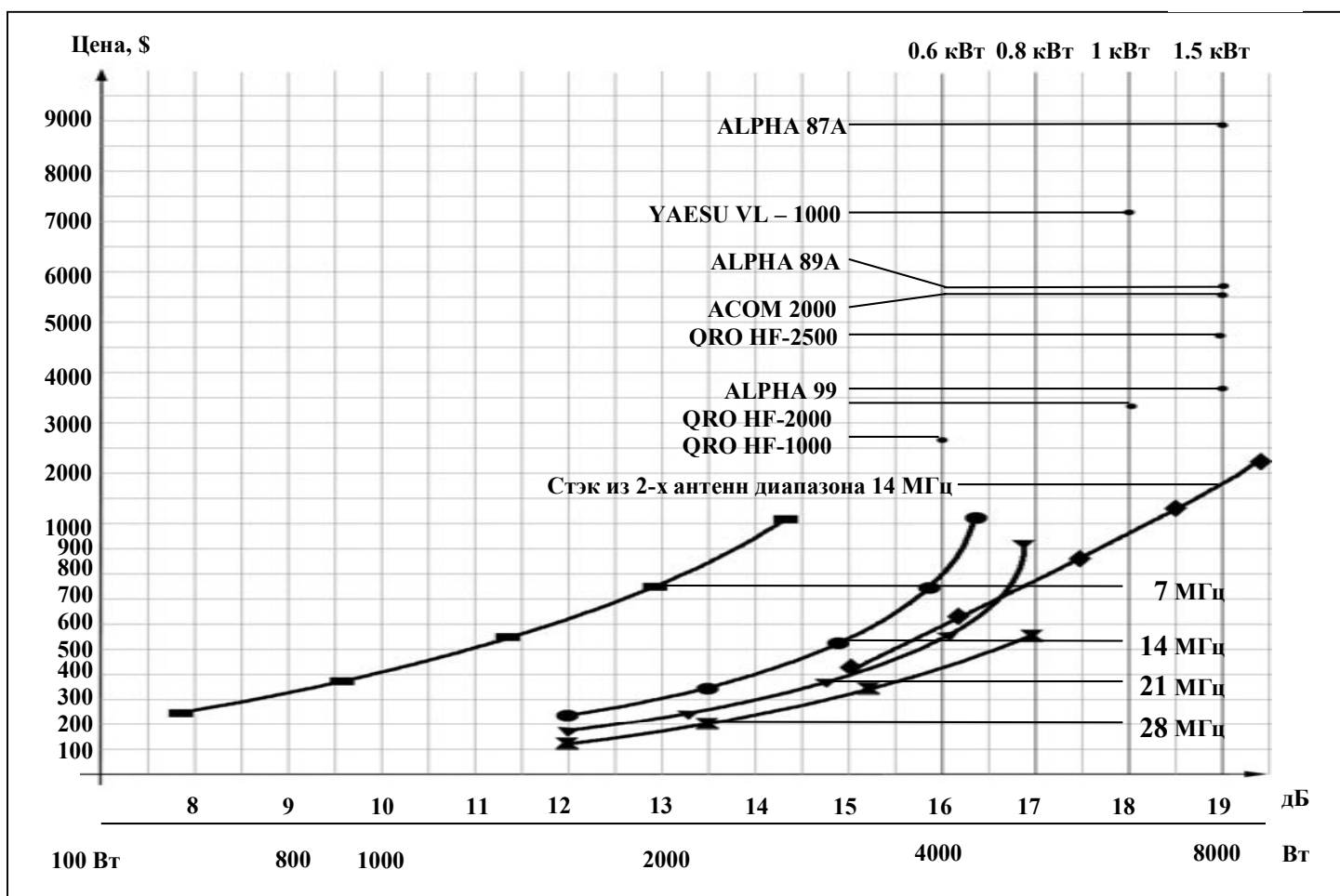
**Второе.** Крайне важным свойством антенны является возможность уменьшать уровень мешающего сигнала за счет использования её направленных свойств. Вращая антенну, можно

добиваться оптимального её направления, соответствующего наиболее качественному приёму сигнала, т.е. улучшать отношение сигнал/шум - важнейший параметр в радиосвязи.

Стоимость антенны, обеспечивающей аналогичный прирост уровня сигнала на передачу, будет на порядок меньше, чем стоимость мощного усилителя. Как уже говорилось, увеличение мощности выходного усилителя на 6 дБ (всего 1 балл на S-метре вашего корреспондента), т.е. в ЧЕТЫРЕ раза примерно со 100 Вт (мощность стандартного трансивера), стоит: QRO HF-1000 (600 Вт)–2690\$, Ameritron AL-80 B (850 Вт PEP)-1350\$, Ameritron 811 B (600 Вт PEP)-1050 \$, Command Technologies HF-1250 (800 Вт)-3250\$ (приведены цены московских компаний). Конкретно 400-ваттных усилителей при подготовке этого материала найти не удалось. Интересно, что тот же прирост (около 6 дБ) по отношению к столь популярному в народе «длинному проводу» в 84 метра имеет, например, обычная 4-х элементная антенна Яги или аналогичные квадраты. А применение более серьёзных антенн обеспечивает ещё большее усиление соответственно. Стоимость таких антенн отечественных производителей составляет примерно от 100 до 400\$, в зависимости от диапазона и степени сложности собственно антенны. Мы приводим весьма усреднённые цены, но даже они красноречиво говорят сами за себя. Кроме того, необходимо иметь в виду, что антенна с горизонтальной поляризацией расположенная над землёй имеет усиление примерно **на 5-6 дБ больше**, нежели в свободном пространстве (точное значение зависит от параметров земли). Этот фактор необходимо учитывать при рассмотрении эффективности усилителей и антенн. Прирост мощности от 1 кВт до 4 кВт (снова всего 1 балл на S-метре!) обойдётся вам уже в 4-9 тыс. \$: (QRO 3 KDX (2.8 кВт), Henry 3 k ULTRA (3кВт), HF-2500E (2.5 кВт)).

Визуальная иллюстрация этого приведена на рис.2.

Рис 2.



На горизонтальной оси отложены значения усиления антенн, расположенных на высоте 22 метра над реальной землёй выраженные в дБи (подробно об усилении см. стр.4 каталога «БРИЗ Зима 2001»). Здесь же нанесены значения мощности сигнала, которую излучает антенна при условии, что выходная мощность передатчика (трансивера) составляет 100 Вт. При этом за

начало координат принято именно это значение. Усиление и мощность нанесены на одну и ту же ось для того, чтобы можно было наглядно продемонстрировать разницу в цене усиления сигнала для усилителей и антенн. На вертикальную ось нанесена цена, которую вам придется заплатить за все то, что нанесено на горизонтальную. В виде графиков представлены данные для антенн диапазонов 7, 14, 21 и 28 МГц и стэка из двух антенн диапазона 14 МГц. Таким образом, **графики** показывают, какова сегодня средняя московская цена за усиление, получаемое теми или иными антеннами. Например, из рисунка видно, что антенну диапазона 14 МГц с усилением 16 дБи (5 элементов YAGI), можно приобрести за 750 \$. **Точками** отмечены усилители мощности, которые можно приобрести сегодня в московских компаниях. При этом усилители находятся в более выгодном, по отношению к антеннам, положении, поскольку значения излучаемой в эфир мощности соответствуют работе усилителя на полуволновый диполь, расположенный на высоте 22 м. Возьмём, к примеру, усилитель ALPNA-87 А. При 100 ваттах на входе выходная мощность его составляет 1.5 кВт, что соответствует усилению примерно 12 дБ (15 раз). Если бы этот усилитель был подключен к изотропному излучателю, то мы бы нанесли его на наш рисунок на вертикальную ось, соответствующую значению 12 дБ. Однако в нашем случае все усилители работают на полуволновый диполь, поэтому нам необходимо добавить 2.15 дБ (разница в усилении между изотропным излучателем и диполем) и добавку примерно в 5 дБ, возникающую за счет влияния земли. Итого - почти 19 дБ, что и показано на рисунке. Если сигнал мощностью 100 Вт усилить на 19 дБ получится почти 8000 Вт. Такое же усиление в 19 дБи (т.е. относительно изотропного излучателя) имеет стэк всего из двух антенн. Показательно то, что цена за одно и то же усиление различается почти в 6 раз! Ещё более показательным выглядит стоимостной прирост усиления для усилителей и для антенн. Напомним: увеличение мощности на 3 дБ (например, с QRO-1000 до QRO-2500) будет стоить почти 2000 \$, в то время как те же 3 дБ прироста для больших антенн диапазона 7 МГц обойдётся всего в 300-400 \$.

На рисунке не показаны более мощные усилители, выпускаемые промышленно, поскольку их цена превышает значения, показанные на вертикальной оси и именно по этой причине доступны единицам отечественных радиолюбителей, так что их появление в России можно считать исключением.

При этом пусть вас не смущает то, что мы сравниваем **однодиапазонные** антенны с усилителями, работающими на **всех** диапазонах, ведь если у вас есть антенна только на один диапазон, то, покупая усилитель, вы «в нагрузку» получите возможность «усиливать» и все остальные диапазоны, работать на которых не сможете.

Из графика видно, какую сумму можно сэкономить, установив соответствующую антенну, при этом обеспечив тот же результат на S-метре вашего корреспондента.

Кроме всего прочего у вас есть возможность плавно улучшать показатели антенной системы, создавая стэки антенн. Грамотно объединив в стэк всего две антенны, можно улучшить приём сразу (в лучшем случае) в два раза, т.е. на 3 дБ. На практике, все получается куда более загадочнее: переключая взаимно антенны стэка и фазы их питания в различных комбинациях (сейчас это делают крохотные приборчики!) можно изменять диаграмму направленности в вертикальной плоскости всей антенной системы, выбирая наиболее подходящий в данный момент вариант. В нашей стране таких антенн на КВ крайне мало, а УКВ-истов, использующих такие антенны было мало, и становится всё меньше и меньше. А вот в мире преимущества такой конструкции антенной системы известны давно. Чего стоит, например, стэк OH8OS, состоящий из 6 антенн по 6 элементов на диапазон 20 метров (три этажа по 2), на мачте высотой 60 метров и весом 1.5 тонны, которая имеет усиление около 25 дБи! Иными словами это равносильно подключению к 100-ваттному трансиверу 30 киловаттного усилителя!

Или антенна W5UN – главного “лунника” планеты. Его конструкция состоит из 32-х 17-ти элементных антенн. Ширина лепестка антенны в плоскости E всего 3.7°, а усиление составляет 32 дБи (1585 раз по мощности)! Вращается такая конструкция двумя грузовиками, причем, для совершения полного оборота требуется примерно 7 минут!

Конструкции KC1XX, NC0P, W3LPL, W6KPC – фантастические сооружения! Конечно, эти умопомрачительные конструкции антенн недоступны большинству обычных радиолюбителей, однако более простые конструкции, состоящие из 2-х этажей современных многодиапазонных

антенн под силу многим. Важно учитывать, что при увеличении мощности выходного усилителя увеличение его цены происходит по геометрической прогрессии, а улучшение параметров антенн (даже учитывая стоимость набора мачта-редуктор) даётся значительно меньшими силами и затратами.

Таким образом

**модернизация антенной системы является наиболее оптимальным способом повышения эффективности всей радиосистемы, позволяющим не только существенно улучшить качество радиосвязи, но и минимизировать материальные затраты.**

Также улучшение параметров антенны позволяет избавиться от всех недостатков, описанных выше, сопутствующих применению мощного линейного высокочастотного усилителя сигнала.

На наш взгляд можно обозначить 5 условных категорий оснащения любительских станций, где переход в каждую последующую, при сохранении предыдущих достижений, позволяет ощутить реальный качественный скачок в результатах работы. **Первая** начальная определяется следующим набором: - 100 ватт и длинный провод или многодиапазонная штывревая антенна. **Вторая**: применение усилителя с выходной мощностью около 1 кВт. **Третья**: установка вращаемой направленной антенны. **Четвёртая**: увеличение выходной мощности до 3-4 кВт. И последняя, **пятая**: установка стэков антенн. На этом этапе можно отдохнуть, и до пенсии (или в течении её!) беззаботно работать в эфире. Успех вам обеспечен!

Окончательное решение по выбору способа повышения эффективности работы вашей станции всегда остаётся за вами.

**Важная справка: на территории России в лицензиях первой (высшей!) категории на КВ (исключая 160 м) разрешена выходная мощность 200 ватт!**

Мы рекомендуем деньги, предназначенные для второй и четвертой категории, направлять сразу в пятую (Hi!).

В заключение статьи мы приводим полезную таблицу. Внимательно изучив её, можно сделать интересные выводы, как то: во сколько раз (примерно) ваш корреспондент увеличил выходную мощность своего РА, когда ваш S-метр показал разницу в 4 балла (4 балла - это 24 дБ или 250 раз по мощности...), хотя он уверяет вас, что у него 3xГУ-50. Либо во сколько раз «усилится» ваш сигнал при подключении антенны с усилением 5 дБд вместо «длинного провода» (5 дБ=3.1 раза по мощности).

дБ	U, I1:↓	P1:↓	дБ	U, I1:↓	P1:↓
-0.1	0.989	0.977	+0.1	1.012	1.023
-0.2	0.977	0.955	+0.2	1.023	1.047
-0.3	0.966	0.933	+0.3	1.035	1.072
-0.4	0.955	0.912	+0.4	1.047	1.097
-0.5	0.944	0.891	+0.5	1.059	1.122
-0.6	0.933	0.871	+0.6	1.072	1.148
-0.7	0.923	0.851	+0.7	1.084	1.175
-0.8	0.912	0.832	+0.8	1.096	1.202
-0.9	0.902	0.813	+0.9	1.109	1.230
-1	0.891	0.794	+1	1.122	1.259
-2	0.794	0.631	+2	1.259	1.585
-3	0.708	0.501	+3	1.413	1.995
-4	0.631	0.398	+4	1.585	2.512
-5	0.562	0.316	+5	1.778	3.163
-6	0.501	0.251	+6	1.995	3.981
-7	0.447	0.200	+7	2.239	5.012
-8	0.398	0.159	+8	2.512	6.310
-9	0.355	0.126	+9	2.818	7.943
-10	0.316	0.100	+10	3.162	10.000
-20	0.100	0.0100	+20	10.000	100.000
-30	0.0316	0.00100	+30	31.623	1000.0
-40	0.01000	10 <sup>-4</sup>	+40	100.00	10 <sup>4</sup>
-50	0.00316	10 <sup>-5</sup>	+50	316.23	10 <sup>5</sup>
-60	0.00100	10 <sup>-6</sup>	+60	1000.0	10 <sup>6</sup>
-70	0.0003162	10 <sup>-7</sup>	+70	3162.3	10 <sup>7</sup>
-80	0.0001000	10 <sup>-8</sup>	+80	10000.0	10 <sup>8</sup>
-90	0.0000316	10 <sup>-9</sup>	+90	31623.0	10 <sup>9</sup>
-100	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-10</sup>	+100	10 <sup>5</sup>	10 <sup>10</sup>