

А. Дубинин RZ3GE
А. Калашников RW3AMC
В. Силяев

Многие радиолюбители, которые серьезно подходят к строительству своей радиостанции, при установке антенн на мачты фиксируемые растяжками, предпринимают различные меры для того, чтобы устранить их возможное влияние на диаграммы направленности антенн. При этом основным способом является т.н. сегментирование, т.е. разбиение их на части через изоляторы. В последнее время с появлением особо прочных химических волокон часто применяют полиамидные или кевларовые тросы. Среди радиолюбителей до сих пор нет единого мнения о том как именно влияют растяжки из проводящего ток материала. Все знают, что влияют, но на вопрос КАК? - никто внятно ответить не может. Для того, чтобы внести полную ясность в этом вопросе мы расскажем как эту проблему решают в профессиональной связи.

Для наглядной иллюстрации результатов мы воспользовались профессиональным программным пакетом по расчету антенных систем GNEC.

С помощью компьютерного моделирования мы проверили насколько верно распространено мнение о том, что мачтовые растяжки, выполненные из проводящего ток материала сильно искажают диаграмму направленности (ДН) антенн, расположенных на этой мачте.



В начале немного о разновидностях растяжек.

Их существует три вида:

1. Непрерывные непроводящие растяжки изготовленные из материалов подобных кевлару.
2. Проводящие растяжки, разбитые с помощью изоляторов на отдельные сегменты.
3. Проводящие непрерывные растяжки без изоляторов и какого-либо сегментирования.

В качестве модели мы использовали 32-метровую мачту, изготовленную из алюминиевого сплава, укрепленную проводящими растяжками диаметром 4 мм, закреплёнными на мачте на высотах 16 и 31 м. Три крепления их на земле установлены на расстоянии 18 м от мачты. На мачте мы расположили три четырехэлементные антенны Яги диапазона 20 м с длиной траверс 9 м с изолированными от нее элементами. Антенны мы разместили на высотах 32, 22 и 12 м. Антенны объединены в стэк и запитаны синфазно. В компьютерной модели земля под антенной обладает следующими характеристиками: $\epsilon=10$, $\sigma=13$ См/м.

Для того чтобы графическое отображение ДН было удобно для восприятия и более наглядно вместо привычной полярной мы выбрали линейную систему координат. Это позволяет произвести более детальный анализ боковых лепестков при общем затухании сигнала намного превышающем 20 дБ. На рисунках изображены ДН антенных систем с растяжками, отклоняющимися от **направления максимального излучения антенны** на угол от 0° до 60° с интервалом 15° . Конфигурация растяжек такова, что их расстановка относительно антенны повторяется через каждые 60° . Поэтому пяти значений углов будет достаточно для того, чтобы описать влияние растяжек на производительность антенны при их вращении вокруг мачты на 360° (понятно, что вращение оттяжек вокруг мачты при фиксированном положении антенны соответствует вращению антенны при фиксированном положении растяжек).

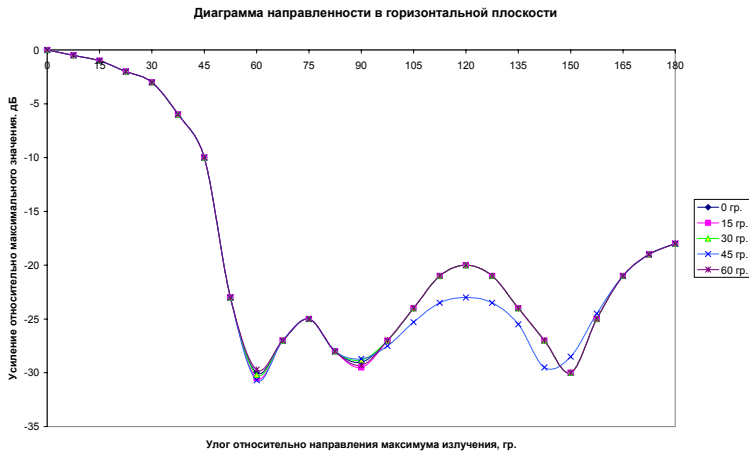


Рис. 1а – ДН в горизонтальной плоскости верхней антенны стэка (высота 32 м).



Рис. 1б – ДН в вертикальной плоскости верхней антенны стэка (высота 32 м).

4-6

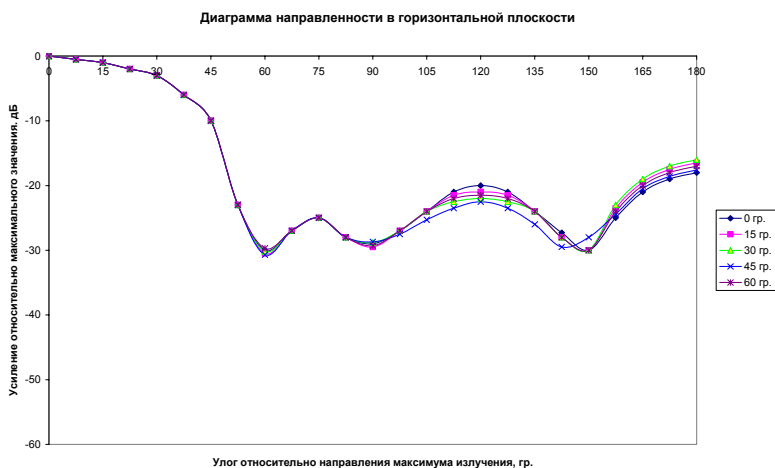


Рис. 2а – ДН в горизонтальной плоскости средней антенны стэка (высота 22 м).

в большинстве случаев в соревнованиях и при работе с DX вы не заметите никакой разницы.

На рис. 1а и 1б показаны ДН для верхней антенны стэка при различных углах поворота антенны относительно растяжек. Изменения ДН в горизонтальной плоскости очень малы. В вертикальной плоскости некоторые изменения в ДН имеются в области заднего лепестка. Учитывая то, что в большинстве случаев отклонения наблюдаются в направлениях ослабления сигнала превышающих 30 дБ (рис. 1б), это влияние можно расценивать как незначительное.

Главный лепесток ДН в вертикальной плоскости, который участвует в проведении связей на дальние

расстояния (расположенный под углом 9° к горизонту) не искажается вообще.

Графики явно демонстрируют, что практическое воздействие непрерывных, проводящих растяжек на антенну незначительно. Хотя разность между нулями при более высоких значениях углов (рис 1б) достигает значительных величин, эти изменения приходятся на направления

излучения где ослабление сигнала составляет 25 дБ и больше.

Для соревнований и работы с DX эти изменения не существенны.

На рис. 2а и 2б показаны ДН для средней антенны стэка (высота подвеса - 22 м). На рис. 2а в области задних лепестков наблюдается изменение уровня сигнала на дБ по мере вращения антенны. Изменение уровня сигнала в области нулей ДН, показанной на рис. 2б составляет 10–15 дБ, однако эти изменения происходят в той области ДН где уровень затухания составляет более 25 дБ.

Возможно, найдутся те, для кого такие отклонения покажутся недопустимыми. Однако уверяем вас, что





Рис. 2б – ДН в вертикальной плоскости средней антенны стэка (высота 22 м).

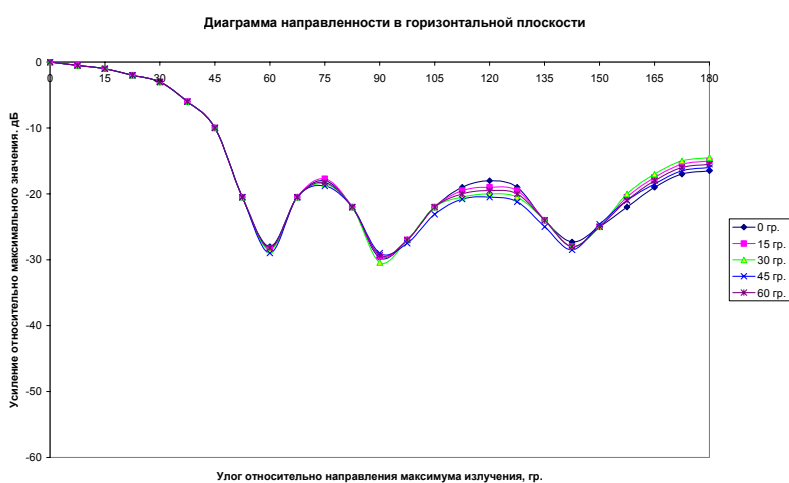


Рис. 3а – ДН в горизонтальной плоскости стэка из трех антенн.

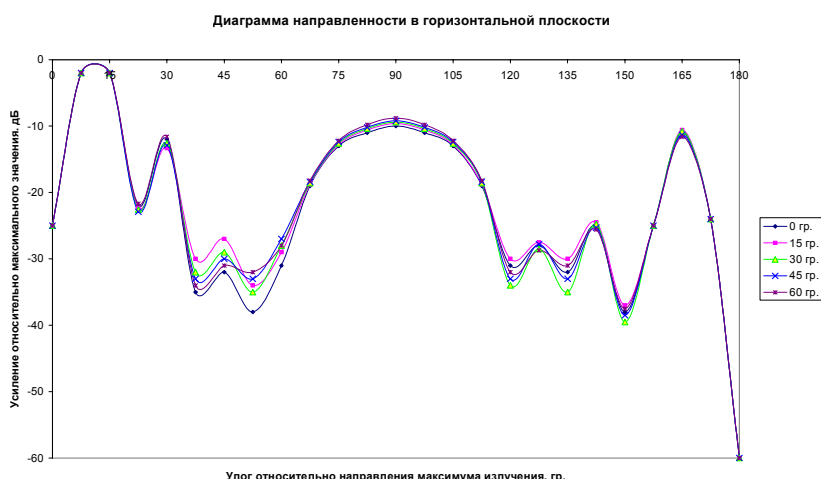


Рис. 3б – ДН в вертикальной плоскости стэка из трех антенн.

Результаты исследования воздействия проводящих растяжек на ДН третьей (нижней) антенны стэка оказались настолько похожими на результаты для первого и второго случаев, что приводить эти диаграммы здесь нет никакого смысла.

Намного интереснее рассмотреть воздействие непрерывных проводящих растяжек на три антенны объединенных в стэк и питаемые синфазно.

На рис. 3а и 3б изображены диаграммы направленности для трех антенн объединенных в стэк и питаемых синфазно. Так же, как в предыдущих случаях, изменения ДН в горизонтальной плоскости крайне малы. В вертикальной плоскости наблюдается искажение ДН при больших углах излучения. Но заметьте: изменения главного лепестка ДН опять-таки минимальны.

На рис. 4 показана ДН трехэтажного стэка при полном отсутствии растяжек, графически наложенная на ДН, полученную для случая с растяжками (худший вариант), установленными прямо под антенной, при отклонении 0° . За исключением второго лепестка, (угол 30°), все отклонения имеют место на направлениях, на которых ослабление сигнала составляет 20 дБ и больше.

Кроме того, мы провели серию дополнительных расчетов которые показали, что растяжки, расположенные непосредственно под антенной, оказывают **гораздо большее** влияние на антенну, нежели растяжки напротив неё (когда антенна закреплена ниже точки крепления растяжек к мачте). Расчеты показывают, что для того, чтобы антенна работала нормально, расстояние между траверсой и местом крепления растяжек должно быть для диапазона 20 м не менее 0.9-1.5 м. Стоит также отметить, что сокращение расстояния между **растяжками и траверсой антенны** более критично для антенн, волновое сопротивление которых составляет 10-15 Ом, нежели для антенн с сопротивлением 20–35 Ом.



Рис. 4 – ДН стэка в вертикальной плоскости для случая с растяжками и без них

наклонный полуволновой диполь на диапазон 80 м, расположенный под углом 60° к уровню горизонта (земля под антенной обладает следующими характеристиками: $\epsilon=10$, $\sigma=13$ См/м). Высота мачты 32 м. Диполь расположен посередине между двумя растяжками. На **рис. 5а** изображены ДН в горизонтальной плоскости для мачты с растяжками и без них. Интересно, что в этом данном случае провода растяжек в направлении максимума излучения даже увеличивают усиление диполя, более чем на 2 дБ! Кроме того, они повышают и значение отношения F/V. На **рис. 5б** изображены диаграммы направленности диполя в вертикальной плоскости. Результат аналогичен случаю показанному на **рис. 5а**

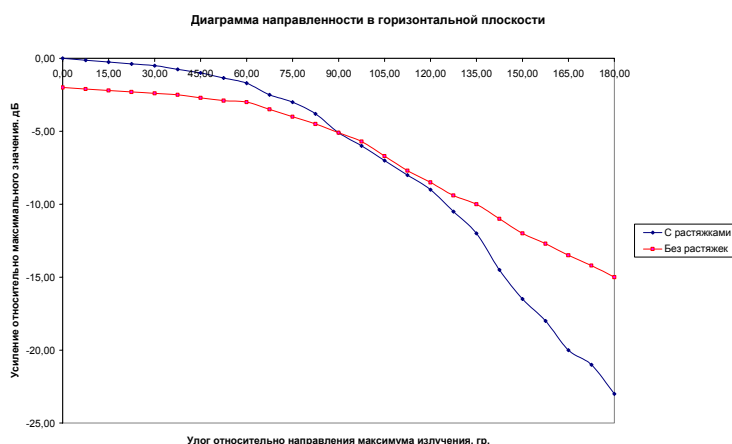


Рис. 5а – ДН наклонного диполя в горизонтальной плоскости

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из проведенных исследований можно сделать следующие важные выводы:

во-первых: непрерывные проводящие провода растяжек действительно искажают диаграмму направленности антенн установленных на мачте. Но: **степень их влияния на важнейшие для DX QSO параметры и характеристики ДН антенн настолько мала, что не имеет практического значения.**

во-вторых: антенна, установленная на вершине мачты (**рис. 1а** и **1б**), не подвергается никакому влиянию со стороны проводов растяжек, если последние закреплены на мачте на 3-6 м ниже траверсы антенны.

в-третьих: непрерывные проводящие растяжки в некоторых случаях могут даже улучшить ДН для НЧ антенн, расположенных между ними.



Рис. 5б – ДН наклонного диполя в вертикальной плоскости



Учитывая то, что стоимость современных высококачественных изоляторов (не говоря о специализированных непроводящих растяжках из кевлара и т.п.) весьма высока, непрерывные проводящие растяжки без встроенных изоляторов имеют законное право на существование.

На сегодняшний день непрерывные проводящие растяжки, несегментированные и неизолированные, поддерживают многочисленные мачты по всей стране. Это хорошо известные всем мачты типа УНЖА (и подобные) комплектующиеся лебедками со стальными тросами. Все КВ антенны военного назначения, установленные на таких мачтах, исправно выполняют свои задачи на протяжении уже не одного десятка лет.

