# ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ

Выбор формы и ширины диаграммы (ДН) антенны является ответственным этапом проектирования. Как и большинство других параметров РЛС, ширина ДН выбирается на основании компромисса между противоречивыми требованиями.

Реальные ,  и потенциальные ,  разрешающие способности, а также реальные ,  и потенциальные ,  погрешности измерения угловых координат связаны с шириной ДН соотношениями

  (1)

  (2)

Чем уже ДН, тем выше разрешающая способность и точность РЛС по угловым координатам. Кроме того, при сужении ДН увеличивается коэффициент усиления антенны и тем самым увеличивается дальность действия РЛС:

, (3)

где η - коэффициент полезного действия антенно-фидерного тракта.

В формуле (3)  и  выражены в радианах.

Сужение ДН повышает помехозащищенность РЛС от пространственно распределенных мешающих отражателей (метеообразования, облака, дипольные отражатели и т.п.).

С другой стороны, сужение ДН приводит к увеличению времени обзора  или (при сохранении ) к уменьшению времени облучения цели и тем самым к уменьшению энергии принимаемого сигнала, что сокращает дальность действия РЛС. При чрезмерном сужении ДН увеличивается вероятность пропуска целей. Минимальное значение ширины ДН в плоскости сканирования, необходимое для получения не менее *M* импульсов в пачке, определяется формулами:

* для РЛС кругового обзора с веерной ДН (с плоским лучом)

 (4)

* для РЛС секторного обзора с веерной ДН

, (5)

При выборе ширины ДН в плоскости, перпендикулярной плоскости сканирования, решающее значение имеют три фактора:

- увеличение КНД и, следовательно, дальности действия РЛС при уменьшении ширины ДН;

- уменьшение влияния сигналов, отраженных от метеообразований, за счет уменьшения разрешаемого объема при сужении ДН (λ остается неизменной);

- необходимость обзора всего заданного пространства без дополнительного наклона или поворота антенн.

Характерной особенностью ДН веерного типа в плоскости, перпендикулярной плоскости сканирования, является их сложная конфигурация. Как правило, это диаграммы типа  или другой сложной зависимости. Выбор той или иной формы ДН обусловлен стремлением охватить только ту часть воздушного пространства, где могут находиться контролируемые цели с тем, чтобы рационально использовать энергетический потенциал радиолокатора.

Еще большее влияние на выбор конфигурации ДН оказывает стремление к уменьшению помех от местных предметов с одновременным обеспечением большой дальности действия РЛС по целям, находящимся в нижних элементах воздушного пространства. Компромиссное решение этой проблемы приводит к использованию сложных антенно-волноводных устройств, имеющих несколько парциальных ДН в вертикальной плоскости. В некоторых случаях предусматриваются специальные адаптивные переключатели, изменяющие конфигурацию результирующей ДН в зависимости от характера и величины отражений от местных предметов.

У некоторых станций изменение ДН производится по жесткой программе в зависимости от расстояния до цели.

Аналогично формулам (4) и (5) определяется минимально допустимая ширина ДН в плоскости сканирования

* для РЛС со строчным обзором:

 (6)

* для РЛС с винтовым обзором:

 (7)

* для РЛС со спиральным обзором:

 (8)

.

При выборе ширины ДН следует учитывать, что формулы (1) – (3) дают ограничение на значение ширины ДН сверху, а формулы (4) – (8) – ограничение снизу. Очевидно, выбранная ширина ДН в плоскости сканирования должна удовлетворять как требованию точности и разрешающей способности, так и требованию минимально допустимой длительности отраженного сигнала. При окончательном выборе ширины ДН следует также иметь ввиду, что стремление уменьшить ее ширину приводит к увеличению геометрических размеров антенны со всеми вытекающими отсюда последствиями:

* увеличение аэродинамических нагрузок на антенну;
* повышение расхода энергии антенного привода;
* увеличение стоимости, веса и т.д.

Неблагоприятной в этом отношении является также и другая тенденция: чем уже ДН, тем выше, как правило, оказывается уровень боковых лепестков.

**Зеркальные антенны**

Для параболических зеркальных антенн, которые часто применяются в РЛС, геометрическая площадь раскрыва антенны  связана с  и  следующим соотношением:

, (9)

где *G* – коэффициент усиления антенны, равный произведению ее КНД на КПД;

 - коэффициент использования раскрыва антенны, связывающий геометрическую площадь раскрыва с так называемой эффективной площадью раскрыва антенны;

 - коэффициент полезного действия антенно-фидерного тракта.

В формулу (9) значения  и  подставляются в радианах.

Размер зеркала в соответствующих плоскостях определяется приближенными соотношениями

; , (10)

где  и  выражаются в градусах.

При использовании косеканс-квадратной ДН применяют зеркала соответствующего профиля. Такую ДН можно также получить при облучении параболического зеркала системой из двух и более рупоров или линейной решеткой. Антенна с ДН вида косеканс-квадрат имеет меньший КНД, чем антенна с обычной веерной ДН, получаемой при такой же апертуре.

**Рупорные антенны**

Рупорные антенны также часто применяются в РЛС. Иногда они применяются самостоятельно (радиовысотомеры), но чаще – в качестве облучателей зеркальных антенн. Достоинством рупорных антенн является их способность работать в широком диапазоне частот без искажения ДН.

Связь между геометрическими размерами рупора и шириной ДН рупорной антенны секториального типа выражается соотношениями:

; , (11)

где  - ширина в радианах ДН в плоскости широкой стенки волновода, подводящего ВЧ-энергию к рупору;

*d* – размер раскрыва рупора в плоскости широкой стенки волновода;

 - ширина в радианах ДН в плоскости узкой стенки волновода;

*b* – размер раскрыва рупора в плоскости узкой стенки волновода, равный размеру стенки.

Глубина секторного рупора должна быть не менее . В этом случае максимальное значение коэффициента усиления антенны можно определить из выражения

. (12)

Максимальная частота излучаемых, колебаний при которой может применяться рупорная антенна, определяется критической длиной волны волновода. Длина волны должна удовлетворять неравенствам

 и , (13)

где *a* – размер широкой стенки волновода, подводящего ВЧ-энергию к рупору;

*b* – размер узкой стенки.

**Щелевые антенны**

Щелевые антенны используются как самостоятельно, так и в комбинации с рупорами, а также в качестве облучателей зеркальных антенн. Щелевые антенны могут образовывать щелевые антенные решетки, позволяющие осуществлять электронное перемещение ДН путем изменения в некоторых пределах частоты излучения.

Ширина ДН щели (в радианах) по точкам половинной мощности в плоскости щели, перпендикулярной стенке волновода со щелью, определяется соотношением

, (14)

где *l* – длина щели.

В плоскости, перпендикулярной щели, ДН имеет вид, близкий к полукругу. Ширина ДН (в радианах) многощелевой антенны определяется по формуле:

, (15)

где *n* – количество щелей.

Расположение щелей в волноводе и расстояния между ними выбираются такими, чтобы поле у всех щелей изменялось синфазно, а их размещение определяет закон распределения поля в раскрыве антенны.

Коэффициент усиления однородной многощелевой антенны

. (16)

Использование многощелевой антенны в комбинации с рупорным отражателем (путем помещения волновода с излучающими щелями в рупор) позволяет сформировать ДН в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, в одной из которых щелевые излучатели создают узкую ДН, а в другой – рупор создает широкую ДН.

**Диэлектрическая антенна**

Диэлектрическая антенна обладает симметричной ДН и обеспечивает

, (17)

, (18)

где *l* – длина диэлектрического стержня (его средний диаметр не должен превышать половины длины стержня).

**Вибраторные антенны**

Синфазная многовибраторная антенна имеет

, (19)

, (20)

где *n* – число вибраторов в соответствующей плоскости.

У директорной антенны ширина ДН в радианах

, (21)

, (22)

где *m* – число директоров.

**Спиральная антенна**

Спиральная антенна имеет симметричную ДН и излучает электромагнитные волны с круговой поляризацией. При этом

, (23)

, (24)

где *L* – длина одного витка спирал;

 - шаг спирали;

*n* – число витков спирали.