ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56154— 2014

АНТЕННЫ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЕ ДЛЯ ЦЕНТРОВЫХ (БАЗОВЫХ) И МОБИЛЬНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные параметры. Технические требования

[IEEE Std 145-1993 (03/1993), NEQ]
[MPT 1343-1988 (01/1988), NEQ]
[MPT 1347-1988 (01/1988), NEQ]
[Rec. ITU-R M.1678 (05/2004), NEQ]

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом радио (ФГУП НИИР), Самарский филиал «Самарское отделение научно-исследовательского института радио» (Филиал ФГУП НИИР—СОНИИР)

2 ВНЕСЕН Управлением технического регулирования и стандартизации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2014 г. № 1282-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения стандарта Института инженеров электротехники и электроники (IEEE) 145-1993 (03/1993) «Антенны. Термины и определения» [IEEE Std 145-1993 (03/1993) «IEEE Standard definitions of terms for antennas», NEQ], а также следующих нормативных документов Министерства почты и телекоммуникаций Великобритании (МПТ) МПТ 1343-1988 (01/1988) «Технические характеристики. Спецификация системного интерфейса для радиоустройств, используемых с коммерческими транковыми сетями, работающими в диапазоне III, поддиапазонов 1 и 2» [МРТ 1343-1988 (01/1988) «Performance specification; System Interface Specification for radio units to be used with commercial trunked networks operating in Band III, sub-bands 1 and 2», NEQ], МПТ 1347-1988 (01/1988) «Спецификация радиоинтерфейса для коммерческих транковых сетей, работающих в диапазоне III, поддиапазонов 1 и 2» [МРТ 1347-1988 (01/1988) «Radio interface specification for commercial trunked networks operating in Band III, sub-bands 1 and 2», NEQ] и Рекомендаций Сектора радиокоммуникаций (МСЭ-Р) М.1678 (05/2004) «Адаптивные антенны для мобильных систем; М-серии мобильных, радиолюбительских и связанных спутниковых сервисов» [Rec. ITU-R M.1678 (05/2004) «Adaptive antennas for mobile systems; M Series; Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services», NEQ]

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Февраль 2020 *г.*

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2015, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АНТЕННЫ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЕ ДЛЯ ЦЕНТРОВЫХ (БАЗОВЫХ) И МОБИЛЬНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные параметры. Технические требования

Two-way antennas for central (base) and mobile land radio and their characteristics.
Basic parameters. Technical requirements

Дата введения — 2015—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на антенны приемопередающие для центровых (базовых) и мобильных станций систем сухопутной подвижной радиосвязи, транкинговых и специального назначения, использующих диапазон ОВЧ и низкочастотную (до 1 ГГц) часть диапазона УВЧ. Стандарт не распространяется на антенны для базовых и мобильных станций систем сотовой радиосвязи.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:
ГОСТ 23282 Решетки антенные. Термины и определения
ГОСТ 24375 Радиосвязь. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 23282, ГОСТ 24375.
3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:
ДН — диаграмма направленности;
ДОС — диаграммообразующая схема;
КНД — коэффициент направленного действия;
КПД — коэффициент полезного действия;
КСВН — коэффициент стоячей волны напряжения;
КУ — коэффициент усиления;
ТУ — технические условия.

Издание официальное

4 Классификация антенн приемопередающих для радиостанций сухопутной подвижной радиосвязи

4.1 Классификация антенн для центровых (базовых) радиостанций

4.1.1 Антенны для центровых (базовых) радиостанций классифицируются по следующим классификационным признакам:

- по размещению на объекте;
- по количеству обслуживаемых радиостанций;
- по организации подключения радиостанций (приемников и передатчиков, либо приемопередатчиков);
- по способу сложения некогерентных сигналов передатчиков и организации их одновременной независимой работы (мультиплексия передатчиков);
- по способу организации одновременной независимой работы приемников (мультиплексия приемников);
- по наличию разнесенного приема;
- по виду азимутальных диаграмм направленности (ДН);
- по режимам работы.

4.1.2 По размещению на объекте выделяются следующие классы:

- антенны возимые быстроразворачиваемые;
- антенны стационарные, размещаемые:
  - на существующих опорах, в том числе на неспециализированных (различные сооружения, архитектурные элементы зданий и т. д.);
  - на собственных (специально сооружаемых) опорах.

4.1.3 По количеству обслуживаемых радиостанций выделяются следующие классы:

- антенны одновходовые;
- антенны многовходовые.

Антенна одновходовая обслуживает одну радиостанцию.

Антенна многовходовая обслуживает две или более радиостанций и обеспечивает мультиплексию передатчиков и приемников.

4.1.4 По организации подключения радиостанций (приемников и передатчиков, либо приемопередатчиков) выделяются следующие классы:

- антенны с раздельным подключением передатчиков и приемников;
- антенны с совмещенным подключением приемопередатчиков.

Антенна с раздельным подключением передатчиков и приемников имеет N передающих входов для подключения передатчиков и N или более (при использовании разнесенного приема) приемных выходов для подключения приемников (N — количество обслуживаемых радиостанций).

Антенна с совмещенным подключением приемопередатчиков имеет N приемопередающих входов для подключения приемопередатчиков (N — количество обслуживаемых радиостанций).

4.1.5 По способу сложения некогерентных сигналов передатчиков и организации их одновременной независимой работы (мультиплексия передатчиков) выделяются следующие классы:

- антенны с мостовым сложением некогерентных сигналов;
- антенны с фильтровым сложением некогерентных сигналов;
- антенны с пространственным сложением некогерентных сигналов;
- антенны со схемно-пространственным сложением некогерентных сигналов;
- антенны, использующие несколько способов сложения некогерентных сигналов.

Данная классификация относится только к многовходовым антеннам, включая антенны с совмещенным подключением приемопередатчиков, для которых она соответствует мультиплексии приемопередатчиков.

Мостовое сложение — сложение некогерентных сигналов с помощью согласованного и развязанного мостового устройства с потерями мощности в балластных нагрузках. Мостовое устройство имеет N входов (по числу объединяемых передатчиков) и один выход, подключенный к одновходовой антенне; входы согласованы и развязаны. Данный способ сложения отличается существенными потерями мощности и, соответственно, низким коэффициентом полезного действия (КПД), который быстро уменьшается по мере увеличения числа складываемых сигналов (объединяемых передатчиков). Совокупный КПД (отношение суммарной мощности сигналов на выходе мостового устройства к суммарной мощности объединяемых передатчиков) теоретически не может быть более $1/N$.

Фильтровое сложение — сложение некогерентных сигналов с помощью частотно-разделительного устройства. Частотно-разделительное устройство имеет *N* входов (по числу объединяемых передатчиков) и один выход, подключенный к одновходовой антенне. Развязка передатчиков обеспечивается за счет частотной избирательности фильтров (нижних частот, верхних частот, полосно-пропускающих), которая может сочетаться с иными физическими принципами обеспечения развязки (например, со структурной развязкой при выполнении устройства по мостовой схеме). Фильтровое сложение представляет собой единственный способ сложения, при котором неизбежно возникают частотные ограничения — входы закрепляются за определенными частотными каналами (группами частотных каналов), и, кроме того, возникают ограничения на частотный разнос каналов, так как с его уменьшением быстро растут потери мощности в фильтрах, их размеры и стоимость.

Пространственное сложение — способ сложения некогерентных сигналов, при котором каждый передатчик работает на свою антенну. Сигналы передатчиков, таким образом, излучаются разными антеннами, и их сложение происходит в пространстве. Развязка передатчиков обеспечивается за счет пространственной развязки антенн — за счет ослабления поля излучения той или иной антенны при прохождении расстояния до других антенн.

Схемно-пространственное сложение — способ сложения некогерентных сигналов, при котором сложение происходит частично в схеме, частично в пространстве. Схемная часть сложения — диаграммообразующая схема (ДОС), представляющая собой согласованный и развязанный многополюсник, имеющий *N* входов, к которым подключаются передатчики, и *N* выходов, которые подключаются ко входам *N*-входовой антенной решетки. Сигнал каждого передатчика распределяется между всеми выходами ДОС, и в результате на каждом ее выходе появляется суммарный сигнал (т. е. в ДОС процесс сложения сигналов сочетается с процессом распределения суммарного сигнала между *N* трактами). Суммарные сигналы поступают на входы антенной решетки и излучаются, окончательно складываясь в пространстве.

Антенны, использующие несколько способов сложения некогерентных сигналов, реализуют два или более способов сложения из числа рассмотренных выше.

Сочетание (комбинирование) способов сложения достаточно распространено на практике, особенно при большом количестве объединяемых передатчиков (8...10 и более). При этом имеют место случаи, когда один из способов сложения является основным, выполняющим основной объем мультиплексии, а остальные способы являются дополнительными (вспомогательными). Например, 24 передатчика разбиваются на 12 групп по два передатчика в каждой, в группах передатчики объединяются посредством мостового сложения, а образующиеся в результате 12 передающих каналов затем объединяются уже посредством схемно-пространственного сложения (мостовым способом объединяются два передатчика в каждой группе, схемно-пространственным — 12). В таких случаях антенну следует классифицировать по основному способу сложения сигналов с оговоркой (при необходимости) о наличии дополнительного способа.

4.1.6 По способу организации одновременной независимой работы приемников (мультиплексия приемников) выделяются следующие классы:

- антенны с распределением принимаемого сигнала между приемниками посредством согласованных развязанных делителей;
- антенны с распределением принимаемого сигнала между приемниками посредством неразвязанных делителей;
- антенны с распределением принимаемого сигнала между приемниками посредством частотно-разделительных устройств;
- антенны с пространственной мультиплексией приемников;
- антенны со схемно-пространственной мультиплексией приемников;
- антенны, использующие несколько способов мультиплексии приемников.

Данная классификация относится только к многовходовым антеннам с раздельным подключением передатчиков и приемников.

Согласованный развязанный делитель — 2(*N* + 1)-полюсник, имеющий один вход, подключенный к собственно антенне, и *N* выходов (*N* — число приемников). Выходы согласованы и развязаны. Как многополюсник такой делитель аналогичен рассмотренному выше согласованному и развязанному мостовому устройству (реализующему мостовое сложение сигналов), и различие заключается в направлении передачи сигнала. При этом мостовое устройство суммирует *N* сигналов на одном выходе, а делитель распределяет один сигнал (принятый антенной сложный сигнал, содержащий сигналы нескольких радиостанций) между *N* выходами. Другое различие, несущественное с точки зрения основных электрических характеристик, заключается в уровне мощности. В отличие от мостового устройства,

суммирующего мощные сигналы передатчиков, делитель рассчитан на существенно меньшую мощность принимаемого сигнала. Малый уровень мощности позволяет, в частности, конструктивно объединять делитель с балластными нагрузками.

Неразвязанный делитель — 2(N + 1)-полюсник, имеющий один вход, подключенный к собственно антенне, и N выходов (N — число приемников). Выходы не развязаны (и, соответственно, не согласованы в режиме измерения S-параметров). Вход согласован при условии подключения ко всем выходам согласованных нагрузок (согласованных приемников). Балластные нагрузки отсутствуют.

Частотно-разделительное устройство, распределяющее принятый сигнал между несколькими приемниками, аналогично рассмотренному выше частотно-разделительному устройству, используемому для сложения сигналов передатчиков; различие заключается в направлении передачи сигнала. Наиболее целесообразно такой способ мультиплексии приемников использовать при аналогичном способе мультиплексии передатчиков (приемопередатчиков), т. е. при фильтровом сложении сигналов передатчиков; при этом одно частотно-разделительное устройство используется одновременно на передачу и на прием.

Пространственная мультиплексия приемников — работа каждого приемника на свою антенну. Такой способ мультиплексии приемников целесообразно использовать при пространственном сложении сигналов передатчиков; при этом каждая радиостанция работает на свою антенну.

Схемно-пространственная мультиплексия приемников реализуется по той же самой схеме, что и схемно-пространственная мультиплексия передатчиков. Приемники подключаются ко входам ДОС (которые в режиме приема фактически являются выходами). Такой способ мультиплексии приемников целесообразно использовать, если сигналы передатчиков складываются также схемно-пространственным способом.

Антенны, использующие несколько способов мультиплексии приемников, реализуют два или более способов мультиплексии из числа рассмотренных выше.

Сочетание (комбинирование) способов мультиплексии приемников достаточно распространено на практике, особенно при большом количестве объединяемых приемников (8...10 и более). При этом, как и при мультплексии передатчиков (приемопередатчиков), имеют место случаи, когда один из способов сложения является основным, выполняющим основной объем мультиплексии, а остальные способы являются дополнительными (вспомогательными). В таких случаях антенну следует классифицировать по основному способу сложения сигналов с оговоркой (при необходимости) о наличии дополнительного способа.

4.1.7 По наличию разнесенного приема выделяются следующие классы:

- антенны без разнесенного приема;
- антенны, использующие разнесенный прием.

Антенны, использующие разнесенный прием, дополнительно классифицируются по способу разнесения. При этом выделяются следующие подклассы:

- антенны с пространственным разнесением;
- антенны с поляризационным разнесением;
- антенны с модовым разнесением.

В антеннах с пространственным разнесением один радиоканал в режиме приема обслуживается двумя (или более) антенными элементами, разнесенными в пространстве на некоторое расстояние.

В антеннах с поляризационным разнесением один радиоканал в режиме приема обслуживается двумя антенными элементами, каждый из которых рассчитан на прием электромагнитных волн определенной поляризации. Как правило, эти поляризации ортогональны.

К антеннам с модовым разнесением относятся антенные решетки с многовходовыми ДОС, осуществляющие схемно-пространственную мультиплексию. При этом один радиоканал в режиме приема обслуживается двумя (или более) входами ДОС.

4.1.8 По виду азимутальных ДН выделяются следующие классы:

- антенны с квазикруговыми азимутальными ДН;
- антенны с секторными азимутальными ДН;
- антенны с азимутальными ДН специальной формы.

Антенна с квазикруговой азимутальной (квазикруговыми азимутальными) ДН обслуживает зону, форма которой близка к кругу. Все азимуты равнозначны. Антенна с одной квазикруговой азимутальной ДН — либо одновходовая, либо многовходовая, использующая мостовой или/и фильтровой способ мультиплексии (передатчиков и приемников, либо приемопередатчиков) и не использующая пространственный и схемно-пространственный способы. Антенна с несколькими квазикруговыми азимутальными ДН — многовходовая, использующая пространственный или схемно-пространственный способ мультиплексии (передатчиков и приемников, либо приемопередатчиков), возможно в комбинации с другими способами — мостовым и/или фильтровым.

Антенна с секторной азимутальной (секторными азимутальными) ДН обслуживает некоторый азимутальных сектор (несколько азимутальных секторов). Антенна с одной секторной азимутальной ДН (обслуживает один азимутальный сектор) — либо одновходовая, либо многовходовая, использующая мостовой или/и фильтровой способ мультиплексии (передатчиков и приемников, либо приемопередатчиков) и не использующая пространственный и схемно-пространственный способы. Антенна с несколькими секторными азимутальными ДН (обслуживает один или несколько азимутальных секторов) — многовходовая, использующая пространственный или схемно-пространственный способ мультиплексии (передатчиков и приемников, либо приемопередатчиков), возможно в комбинации с другими способами — мостовым и/или фильтровым. Для антенн с несколькими секторными азимутальными ДН существует следующее видовое деление:

- антенны, формирующие только одну ДН в каждый сектор;
- антенны, которые хотя бы в один сектор формируют две или более ДН.

Антенна с азимутальной (азимутальными) ДН специальной формы формирует одну или несколько ДН для обслуживания зоны, по форме не являющейся круговой или секторной. Азимутальная ДН специальной формы — азимутальная ДН, не являющаяся ни квазикруговой, ни секторной. Антенна с одной азимутальной ДН специальной формы — либо одновходовая, либо многовходовая, использующая мостовой или/и фильтровой способ мультиплексии (передатчиков и приемников, либо приемопередатчиков) и не использующая пространственный и схемно-пространственный способы. Антенна с несколькими азимутальными ДН специальной формы — многовходовая, использующая пространственный или схемно-пространственный способ мультиплексии (передатчиков и приемников, либо приемопередатчиков), возможно в комбинации с другими способами — мостовым и/или фильтровым.

4.1.9 По режимам работы выделяются следующие классы:

- неадаптивные антенны;
- адаптивные антенны.

Неадаптивная антенна имеет неизменные во времени (неуправляемые оперативно) характеристики.

Адаптивная антенна позволяет оперативно управлять своими характеристиками с целью адаптации к конкретной обстановке, характеризуемой количеством обслуживаемых в данный момент абонентов и их пространственным распределением по зоне обслуживания.

Адаптивные антенны дополнительно классифицируются по степени автоматизации процессов управления характеристиками. При этом выделяются следующие подклассы:

- адаптивные антенны с ручным управлением, в которых окончательное решение на то или иное изменение характеристик и запуск процесса изменения осуществляется человеком;
- адаптивные антенны с автоматическим управлением, в которых процессы управления характеристиками полностью автоматизированы и осуществляются без участия человека.

4.2 Классификация антенн для мобильных радиостанций

4.2.1 Антенны для мобильных радиостанций классифицируются по следующим классификационным признакам:

- по типу объекта размещения обслуживаемой радиостанции;
- по типу собственно антенного устройства.

4.2.2 По типу объекта размещения обслуживаемой радиостанции выделяются следующие классы:

- антенны для возимых радиостанций, размещаемых на автомобилях или иных транспортных средствах; антенны данного класса устанавливаются на корпусе (кузове) транспортного средства;
- антенны для носимых радиостанций (переносимых непосредственно абонентом); антенны данного класса устанавливаются на корпусе радиостанции.

4.2.3 По типу собственно антенного устройства выделяются следующие классы:

- вибраторные антенны, собственно антенные устройства которых представляют собой вибраторы;
- прочие антенны.

5 Основные параметры антенн приемопередающих для радиостанций сухопутной подвижной радиосвязи

5.1 Основные параметры антенн для центровых (базовых) радиостанций

5.1.1 Антенны для центровых (базовых) радиостанций характеризуются следующими основными параметрами:

- диапазон рабочих частот;

- количество передающих входов и приемных выходов, либо количество приемопередающих входов;
- номинальное входное сопротивление передающих (приемопередающих) входов; номинальное выходное сопротивление приемных выходов;
- коэффициент стоячей волны напряжения (КСВН) на передающих входах;
- КСВН на приемных выходах;
- КСВН на приемопередающих входах в поддиапазоне передачи (на частотах передачи) и в поддиапазоне приема (на частотах приема);
- развязка между передающими (приемопередающими) входами;
- развязка между передающими входами и приемными выходами;
- развязка между приемными выходами;
- неравномерность азимутальной ДН в обслуживаемой зоне;
- коэффициент направленного действия (КНД);
- коэффициент усиления (КУ) в режиме передачи;
- КУ в режиме приема;
- чувствительность.

5.1.2 Диапазон рабочих частот определяет частотную область, в которой определяются частотно-зависимые нормируемые параметры (КСВН, развязки, неравномерность азимутальной ДН, КНД, КУ, чувствительность) с разделением (при необходимости) по поддиапазонам передачи и приема. Для каждого частотно-зависимого параметра определяется его частотная характеристика, и за результат принимается наихудшее значение.

5.1.3 Количество входов/выходов определяет канальную емкость. Количество передающих входов и приемных выходов определяет канальную емкость антенн с раздельным подключением передатчиков и приемников. Количество приемопередающих входов определяет канальную емкость антенн с совместным подключением приемопередатчиков.

5.1.4 Номинальное входное сопротивление передающих (приемопередающих) входов есть волновое сопротивление фидеров передатчиков (приемопередатчиков), подключаемых к этим входам. Номинальное выходное сопротивление приемных выходов есть волновое сопротивление фидеров приемников, подключаемых к этим выходам. Относительно величин данных сопротивлений определяются зависящие от них нормируемые параметры (КСВН, развязки и т. д.).

5.1.5 КСВН на передающих входах $K_{ПРД}$ определяется в поддиапазоне передачи (на частотах передачи) в режиме прямой передачи сигнала (в сторону антенны). При этом во внимание принимаются все входы, и за результат принимается наибольшее значение.

КСВН $K_{ПРД}$ определяется по формуле

$$K_{ПРД} = \max_{n=1,2,..N}\left(\frac{|Z_n + W| + |Z_n - W|}{|Z_n + W| - |Z_n - W|}\right) \quad (5.1)$$

или по формуле

$$K_{ПРД} = \max_{n=1,2,..N}\left(\frac{1+|S_{nn}|}{1-|S_{nn}|}\right), \quad (5.2)$$

где n — номер входа;

N — количество входов;

Z_n — входной импеданс (комплексное сопротивление) n-го входа, Ом;

W — номинальное входное сопротивление входа, Ом;

S_{nn} — коэффициент отражения от n-го входа, определяемый как соответствующий диагональный элемент волновой матрицы рассеяния антенны как многополюсника (на частоте, где величина $|S_{nn}|$ максимальна).

5.1.6 КСВН на приемных выходах $K_{ПРМ}$ определяется на частотах приема в режиме обратной передачи сигнала (в сторону антенны). При этом во внимание принимаются все входы, и за результат принимается наибольшее значение.

КСВН $K_{ПРМ}$ определяется по формулам (5.1) или (5.2), с учетом того, что все входящие в них параметры относятся в данном случае к приемным выходам.

5.1.7 КСВН на приемопередающих входах определяется отдельно для частот передачи и частот приема (т. е. определяются две величины КСВН), если имеет место разделение рабочего диапазона на частоты. Если такого разделения нет, то определяется одна величина КСВН, наибольшая в диапазоне

рабочих частот. В остальном КСВН на приемопередающих входах определяется аналогично КСВН на передающих входах (5.1.5) и приемных выходах (5.1.6).

5.1.8 Развязка между передающими (приемопередающими) входами $a_{ПРД}$, дБ, определяется на частотах передачи как исчисленный в децибелах и взятый с обратным знаком модуль волнового коэффициента передачи между двумя передающими (приемопередающими) входами. При этом во внимание принимаются все возможные пары входов, и за результат принимается наименьшее значение развязки.

Развязка $a_{ПРД}$, дБ, определяется по формуле

$$a_{ПРД} = \min_{n,k=1,2,...N} \left(-20\lg\left|S_{nk}\right|\right), \tag{5.3}$$

где n, k — номера входов;

N — количество входов;

S_{nk} — волновой коэффициент передачи между n-м и k-м входами, определяемый как соответствующий элемент волновой матрицы рассеяния антенны как многополюсника (на частоте, где величина $|S_{nk}|$ максимальна).

5.1.9 Развязка между передающими входами и приемными выходами $a_{ПРМ\text{-}ПРД}$, дБ, определяется на частотах передачи как исчисленный в децибелах и взятый с обратным знаком модуль волнового коэффициента передачи между передающим входом и приемным выходом. При этом во внимание принимаются все возможные пары «вход — выход», и за результат принимается наименьшее значение развязки.

Развязка $a_{ПРМ\text{-}ПРД}$, дБ, определяется по формуле (5.3) с учетом того, что фигурирующий в ней индекс n в данном случае обозначает номер приемного выхода.

5.1.10 Развязка между приемными выходами $a_{ПРМ}$, дБ, определяется на частотах передачи как исчисленный в децибелах и взятый с обратным знаком модуль волнового коэффициента передачи между двумя приемными выходами. При этом во внимание принимаются все возможные пары выходов, и за результат принимается наименьшее значение развязки.

Развязка $a_{ПРМ}$, дБ, определяется по формуле (5.3) с учетом того, что фигурирующие в ней индексы n, k в данном случае обозначают номера приемных выходов.

5.1.11 Неравномерность азимутальной ДН в обслуживаемой зоне β, дБ, определяется либо для всего диапазона рабочих частот, либо для поддиапазонов передачи и приема по отдельности (если имеет место разделение диапазона рабочих частот на указанные поддиапазоны). При этом во внимание принимаются все входы и выходы, и за результат принимается наихудшее значение неравномерности (во всем диапазоне рабочих частот, либо для поддиапазонов передачи и приема по отдельности).

В качестве обслуживаемой зоны рассматриваются:

- полный азимутальный сектор 0...2π рад, для антенн с квазикруговыми азимутальными ДН;
- выделенные ограниченные азимутальные секторы для антенн с секторными азимутальными ДН и антенн с азимутальными ДН специальной формы.

Неравномерность азимутальной ДН β, дБ, определяется по формуле

$$\beta = \pm \max_{n=1,2,...N} \left(10\lg \frac{\max\limits_{\phi\in[\phi_1,\phi_2]} F_n(\phi)}{\min\limits_{\phi\in[\phi_1,\phi_2]} F_n(\phi)} \right), \tag{5.4}$$

где n — номер входа или выхода;

N — количество входов, либо количество выходов, либо суммарное количество входов и выходов;

$F_n(\phi)$ — азимутальная ДН (амплитудная, по напряженности поля), формируемая с n-го входа (выхода);

ϕ — азимут;

ϕ_1, ϕ_2 — граничные азимуты обслуживаемой зоны.

5.1.12 КНД D, дБ, определяется либо для всего диапазона рабочих частот, либо для поддиапазонов передачи и приема по отдельности (если имеет место разделение диапазона рабочих частот на указанные поддиапазоны). При этом во внимание принимаются все входы и выходы, и за результат принимается наименьшее значение (во всем диапазоне рабочих частот, либо для поддиапазонов передачи и приема по отдельности).

КНД может определяться либо в максимуме азимутальной ДН, либо в среднем по обслуживаемой зоне (обслуживаемая зона определяется так же, как это делается применительно к неравномерности азимутальной ДН — см. 5.1.11).

В максимуме азимутальной ДН КНД D, дБ, определяется по формуле

$$D = \min_{n=1,2,...N}\left[10\lg\frac{4\pi\max\limits_{\phi\in[\phi_1,\phi_2]}F_n^2(\theta_0,\phi)}{\int\limits_0^{2\pi}d\phi\int\limits_0^{\pi}F_n^2(\theta,\phi)\sin\theta d\theta}\right], \quad (5.5)$$

где n — номер входа или выхода;

N — количество входов, либо количество выходов, либо суммарное количество входов и выходов;

$F_n(\theta,\phi)$ — ДН как функция двух угловых сферических координат (амплитудная, по напряженности поля), формируемая с n-го входа (выхода);

θ, ϕ — угловые сферические координаты: полярный угол и азимут соответственно;

θ_0 — полярный угол, при котором определена азимутальная ДН;

ϕ_1, ϕ_2 — граничные азимуты обслуживаемой зоны.

В среднем по обслуживаемой зоне КНД D, дБ, определяется по формуле

$$D = \min_{n=1,2,...N}\left[10\lg\frac{4\pi\overline{F}_n}{\int\limits_0^{2\pi}d\phi\int\limits_0^{\pi}F_n^2(\theta,\phi)\sin\theta d\theta}\right], \quad (5.6)$$

где $\overline{F}_n$ — среднеквадратическое значение азимутальной ДН (в обслуживаемой зоне), формируемой с n-го входа (выхода); остальные обозначения — те же, что в (5.5). Среднеквадратическое значение азимутальной ДН определяется по формуле:

$$\overline{F}_n = \sqrt{\frac{1}{|\phi_1-\phi_2|}\int\limits_{\phi_1}^{\phi_2}F_n^2(\theta_0,\phi)d\phi}, \quad (5.7)$$

где ϕ_1, ϕ_2 — граничные азимуты обслуживаемой зоны.

5.1.13 КУ в режиме передачи $G_{ПРД}$, дБ, определяется относительно полуволнового вибратора на частотах передачи с учетом соответствующего значения КНД, диссипативных (тепловых) потерь мощности и потерь мощности на отражение (обусловленных рассогласованием). При этом во внимание принимаются все возможные передающие (приемопередающие) входы, и за результат принимается наименьшее значение.

В зависимости от того, как определен КНД — в максимуме азимутальной ДН, или в среднем по обслуживаемой зоне, КУ определяется либо в максимуме азимутальной ДН, либо в среднем по обслуживаемой зоне (т.е. в этом смысле КУ и КНД определяются одинаково).

КУ $G_{ПРД}$, дБ, определяется по формуле

$$G_{ПРД} = D + 10\lg\eta - 2{,}15, \quad (5.8)$$

где D — КНД, дБ;

η — КПД, учитывающий диссипативные потери и потери на отражение.

5.1.14 КУ в режиме приема $G_{ПРМ}$, дБ, определяется относительно полуволнового вибратора на частотах приема с учетом соответствующего значения КНД, диссипативных потерь мощности, потерь мощности на отражение, и усиления приемного тракта по мощности. При этом во внимание принимаются все возможные приемные выходы, и за результат принимается наименьшее значение.

КУ $G_{ПРМ}$, дБ, определяется по формуле

$$G_{ПРМ} = D + 10\lg\eta + K_p - 2{,}15, \quad (5.9)$$

где D — КНД, дБ;

η — КПД, учитывающий диссипативные потери и потери на отражение;

K_p — коэффициент усиления приемного тракта по мощности, дБ.

5.1.15 Чувствительность определяется в режиме приема (для приемных выходов или приемопередающих входов на частотах приема) как минимально допустимый уровень сигнала в точке приема,

при котором на выходе антенны обеспечивается заданное отношение «сигнал/шум» (с учетом только собственного шума антенны). Минимально допустимый уровень сигнала характеризуется либо плотностью потока энергии Π_{min}, дБ, относительно Вт/м^2 (или мВт/м^2), либо напряженностью электрического поля E_{min}, дБ относительно мкВ/м.

Минимально допустимая плотность потока энергии сигнала Π_{min}, дБ, относительно Вт/м^2 определяется по формуле

$$\Pi_{min} = 8{,}84 - G_{ПРМ} + 20\lg(f_{max}/300) + 10\lg(k_0 T_A \Delta_f h^2), \quad (5.10)$$

где $G_{ПРМ}$ — КУ в режиме приема, дБ;

f_{max} — максимальная частота приема, МГц;

$k_0 = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана;

T_A — шумовая температура антенны, К, определенная с учетом только собственного шума антенны (без учета внешних шумов и помех);

Δ_f — ширина полосы частот основного канала приема, Гц;

h^2 — заданное отношение «сигнал/шум» (по мощности).

При исчислении в дБ относительно мВт/м^2 минимально допустимая плотность потока энергии также определяется формулой (5.10), но к результату, полученному по этой формуле, необходимо прибавить 30 дБ.

Минимально допустимая напряженность электрического поля E_{min}, дБ, относительно мкВ/м определяется по формуле:

$$E_{min} = 154{,}6 - G_{ПРМ} + 20\lg(f_{max}/300) + 10\lg(k_0 T_A \Delta_f h^2) \quad (5.11)$$

(все величины — те же, что и в предыдущей формуле).

5.1.16 КУ в режиме передачи, КУ в режиме приема и чувствительность допускается определять без учета диссипативных потерь в фидерах, длины которых определяются соответствующими проектами на размещение применительно к конкретным местным условиям.

5.2 Основные параметры антенн для мобильных радиостанций

5.2.1 Антенны для мобильных радиостанций характеризуются следующими основными параметрами: КСВН; КУ.

5.2.2 КСВН определяется либо отдельно для частот передачи и частот приема, либо для всего диапазона рабочих частот. Во всех случаях КСВН определяется применительно к режиму передачи сигнала в сторону антенны (для частот передачи это прямая передача, для частот приема — обратная).

КСВН определяется по формуле (5.1) или (5.2) при $N = 1$.

5.2.3 КУ определяется относительно полуволнового вибратора либо отдельно для частот передачи и частот приема, либо для всего диапазона рабочих частот. КУ определяется по формуле (5.8). Входящий в эту формулу КНД D определяется по формулам (5.6), (5.7).

6 Технические требования к антеннам приемопередающим для радиостанций сухопутной подвижной радиосвязи

6.1 Технические требования к антеннам для центровых (базовых) радиостанций

6.1.1 Технические требования к антеннам для центровых (базовых) радиостанций (требования к основным параметрам) приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 — Технические требования к антеннам для центровых (базовых) радиостанций (требования к основным параметрам)

Параметр	Требование
1 КСВН на передающих входах	Должен быть не более 1,6
2 КСВН на приемных выходах	Должен быть не более 3
3 КСВН на приемопередающих входах: - на частотах передачи - на частотах приема	Должен быть: не более 1,6 не более 3
4 Развязка между передающими (приемопередающими) входами	Должна быть не менее 40 дБ

Окончание таблицы 6.1

Параметр	Требование
5 Развязка между передающими входами и приемными выходами	Должна быть не менее 60 дБ
6 Развязка между приемными выходами	Должна быть не менее
7 Неравномерность азимутальной ДН в обслуживаемой зоне: - для антенн с квазикруговыми азимутальными ДН - для антенн с секторными азимутальными ДН - для антенн с азимутальными ДН специальной формы	 Должна быть не хуже ±3 дБ Должна быть не хуже ±1,5 дБ Должна быть не хуже ±3 дБ
8 КНД	По техническим условиям (ТУ)
9 КУ в режиме передачи	По ТУ
10 КУ в режиме приема	По ТУ
11 Чувствительность	По ТУ

6.2 Технические требования к антеннам для мобильных радиостанций

6.2.1 Технические требования к антеннам для мобильных радиостанций (требования к основным параметрам) приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 —Технические требования к антеннам для мобильных радиостанций (требования к основным параметрам)

Параметр	Требование
1 КСВН (на частотах передачи)	Должен быть не более 2,5
2 КСВН (на частотах приема)	Должен быть не более 6
3 КСВН (во всем диапазоне рабочих частот)	Должен быть не более 2,5
4 КУ (на частотах передачи)	Должен быть не менее минус 3 дБ
5 КУ (на частотах приема)	Должен быть не менее минус 3 дБ
6 КУ (во всем диапазоне рабочих частот)	Должен быть не менее минус 3 дБ

УДК 621.396:006.354 ОКС 33.060.20

Ключевые слова: антенны приемопередающие, сухопутная подвижная радиосвязь, центровые радиостанции, мобильные радиостанции, коэффициент стоячей волны напряжения, развязка, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, чувствительность

Редактор переиздания *Е.В. Зубарева*

Технический редактор *И.Е. Черепкова*

Корректор *О.В. Лазарева*

Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 27.02.2020. Подписано в печать 26.05.2020. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,26.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru