**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СТБ 1788/ОР**

**РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

|  |
| --- |
|  |

**Радиосвязь**

**ОБОРУДОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО**

**БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА**

**Требования к радиооборудованию**

**Радыёсувязь**

**АБСТАЛЯВАННЕ ШЫРОКАПАЛОСНАГА**

**БЕСПРАВАДНОГА ДОСТУПУ**

**Патрабаванні да радыёабсталявання**

**(ETSІ EN 300 328:2019, NEQ)**

**(ETSІ EN 301 021:2003, NEQ)**

**(ETSІ EN 301 893:2017, NEQ)**

**(ETSІ EN 302 502:2017, NEQ)**

**(ETSI EN 303 687:2023, NEQ)**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения*

|  |
| --- |
|  |

 **Госстандарт**

**Минск**

|  |
| --- |
| УДК 621.396.029.42(083.74)(476) ОГКС 33.060.99 NEQ    **Ключевые слова**: оборудование широкополосного беспроводного доступа, радиоизлучение, электромагнитная совместимость, радиочастота, полоса радиочастот, радиосигнал, радиочастотный канал, параметры, измерение |

**Предисловие**

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь   
«О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН открытым акционерным обществом «Гипросвязь» (ОАО «Гипросвязь»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь   
от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_г. № \_\_\_\_

3 Настоящий стандарт учитывает требования следующих европейских стандартов:

ETSI EN 300 328 V2.2.1 (2019-04) Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz band; Harmonised Standard for access to radio spectrum (Широкополосные системы передачи. Оборудование передачи данных работающее в 2,4 ГГц ISM диапазоне и использующее технологии модуляции с несколькими несущими». Гармонизированный стандарт доступа к радиочастотному спектру).

ETSl EN 301 021 V1.6.1 (2003-02) Fixed radio systems; Point-to-multipoint equipment; Time division multiple access (ТDМА); Point-to-Multipoint digital radio systems in frequency bands in the range З GHz to 11 GHz (Фиксированные радиосистемы; Оборудование многоточечной связи; Множественный доступ с временным разделением каналов (TDМА); Цифровые радиосистемы топологии «точка – многоточка» диапазона 3–11 ГГц).

ETSI EN 301 893 V2.1.1 (2017-05) 5 GHz RLAN; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU (RLAN 5 ГГц. Гармонизированный стандарт, охватывающий основные требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/ЕС).

ETSl EN 302 502 V2.1.3 (2017-07) Wireless Access Systems (WAS); 5,8 GHz fixed broadband data transmitting systems; Harmonised Standard for access to radio spectrum (Системы беспроводного доступа (WAS); Системы фиксированной широкополосной передачи данных 5,8 ГГц; Гармонизированный стандарт доступа к радиочастотному спектру).

ETSI EN 303 687 V1.1.1 (2023-06) 6 GHz WAS/RLAN; Harmonised Standard for access to radio spectrum; (WAS/RLAN 6 ГГц; Гармонизированный стандарт доступа к радиочастотному спектру).

Перевод с английского языка (еn).

Степень соответствия – неэквивалентная (NEQ)

4 ВЗАМЕН СТБ 1788-2009

|  |
| --- |
| Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта Республики Беларусь |
| Издан на русском языке |

**Содержание**

[**Введение** IV](#_Toc144885886)

[**1 Область применения** 1](#_Toc144885887)

[**2 Нормативные ссылки** 1](#_Toc144885888)

[**3 Термины, определения и сокращения** 1](#_Toc144885889)

[**3.1 Термины и определения** 1](#_Toc144885890)

[**3.2 Обозначения и сокращения** 2](#_Toc144885891)

[**4 Классификация и режимы работы оборудования** 4](#_Toc144885892)

[**5 Характеристики и параметры радиоизлучения оборудования широкополосного беспроводного доступа** 4](#_Toc144885893)

[**5.1 Общие положения** 4](#_Toc144885894)

[**5.2 Требования к параметрам радиооборудования сети персональной радиосвязи в полосе радиочастот 2,4–2,4835 ГГц** 5](#_Toc144885895)

[**5.3 Требования к параметрам радиооборудования локальных сетей радиосвязи в полосе радиочастот 2,4–2,4835 ГГц** 6](#_Toc144885896)

[**5.4 Требования к параметрам радиооборудования локальных сетей радиосвязи в полосе радиочастот 5,15–6,425 ГГц** 9](#_Toc144885897)

[**5.5 Требования к параметрам радиооборудования региональных сетей радиосвязи в полосах радиочастот 2,3–2,4 ГГц, 2,5–2,7 ГГц, 3,4–3,8 ГГц, 5,47–6,425 ГГц** 11](#_Toc144885898)

[**5.6 Параметры качества формирования сигнала для оборудования IEEE 802.11 TM** 15](#_Toc144885899)

[**Приложение А (справочное) Системы широкополосного беспроводного доступа** 19](#_Toc144885900)

[**Приложение Б (обязательное) Таблицы расчета опорных радиочастот для построения спектральной маски** 21](#_Toc144885901)

[**Библиография** 22](#_Toc144885902)

# **Введение**

В настоящем стандарте установлены требования к радиооборудованию, относящемуся к оборудованию широкополосного беспроводного доступа, основанные на стандартах IEЕЕ, ETSl, европейских решениях, рекомендациях и отчетах в соответствующих полосах радиочастот.

Требования, приведенные в настоящем стандарте, установлены для нормальных климатических условий эксплуатации радиооборудования и связанного с ним вспомогательного оборудования.

Полосы радиочастот и условия эксплуатации радиооборудования беспроводного доступа на территории Республики Беларусь устанавливают Государственная комиссия по радиочастотам при Совете Безопасности Республики Беларусь (далее – Комиссия) совместно с Государственной инспекцией Республики Беларусь по электросвязи Министерства связи и информатизации Республики Беларусь.

|  |
| --- |
| **ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ** |
| **Радиосвязь**  **ОБОРУДОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА**  **Требования к радиооборудованию**  **Радыёсувязь**  **АБСТАЛЯВАННЕ ШЫРОКАПАЛОСНАГА БЕСПРАВАДНОГА ДОСТУПУ**  **Патрабаванні да радыёабсталявання**  Radiocommunication  Broadcom wireless access equipment  Requirementa for radio equipment |

**Дата введения** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

### 

# **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает требования к параметрам приемопередатчиков широкополосных систем и оборудования для передачи данных.

Требования стандарта распространяются на оборудование широкополосного беспроводного доступа подвижной и фиксированной служб.

Оборудование широкополосного беспроводного доступа, находящееся в составе хостового оборудования, должно проверяться на соответствие требованиям настоящего стандарта.

Настоящий стандарт не распространяется на оборудование, использующее технологию сверх-широкополосной связи (UWB).

Настоящий стандарт не распространяется на радиомодели и радиоигрушки любого исполнения (воздушные, наземные, водные, подводные), и их системы управления любого исполнения использующие технологии расширения спектра отличные от FHSS, DSSS, OFDM.

# **2 Нормативные ссылки**

СТБ 1343-2007 Единая сеть электросвязи Республики Беларусь. Термины и определения.

СТБ 2600-2021 Сухопутная подвижная служба. Широкополосные системы передачи данных. Оборудование для передачи данных, работающее в диапазоне 2,4 ГГц. Требования к параметрам радиоинтерфейса. Методы испытаний.

СТБ 2548-2019 Сухопутная подвижная служба. Системы беспроводного доступа 5 ГГц, включая оборудование RLAN. Требования к параметрам радиоинтерфейса. Методы испытаний.

СТБ 1692-2009 Оборудование радиосвязи. Требования к побочным излучениям. Методы измерений.

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверять действие ссылочных документов на официальном сайте Национального фонда технических нормативных правовых актов в глобальной компьютерной сети Интернет.

Если ссылочные документы заменены (изменены), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться действующими взамен документами. Если ссылочные документы отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

***Проект, окончательная редакция***

# **3 Термины, определения и сокращения**

## **3.1 Термины и определения**

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1.1 абонентская мобильная станция**: Абонентское радиооборудование, предназначенное для работы в движении, а также во время остановок в определенных и неопределенных пунктах.

**3.1.2 абонентская переносная станция**: Абонентское радиооборудование, предназначенное для работы во время остановок в определенных и неопределенных пунктах.

**3.1.3 абонентская стационарная станция»**: Абонентское радиооборудование, предназначенное для работы только в определенных (фиксированных) пунктах.

**3.1.4 базовая станция**: Стационарное радиооборудование, размещенное в одном месте и предназначенное для покрытия (обслуживания) одной или нескольких сот.

Примечание – Допускается также использование термина «центральная станция».

**3.1.5 беспроводная точка доступа (wireless access роint) (WAP**): Беспроводное устройство для объединения пользовательского оконечного оборудования в единую локальную вычислительную сеть или для предоставления доступа в другие сети.

Примечание – Беспроводная точка доступа может являться частью оконечного абонентского устройства в соответствии с СТБ 1343.

**3.1.6 беспроводный доступ**: Радиосоединение между сетями передачи данных или оконечным оборудованием пользователя и сетью передачи данных или сетью Интернет по беспроводному интерфейсу.

**3.1.7 внеполосное излучение**: Излучение на частоте или на частотах, непосредственно примыкающих к необходимой ширине полосы частот, которое является результатом процесса модуляции, но не включает побочных излучений [1].

**3.1.8 внешняя антенна**: Съемная антенна, подключаемая к внешнему стандартному разъему (чаще всего 50 Ом), расположенному на корпусе оборудования.

**3.1.9 встроенная антенна**: Антенна, встроенная в оборудование, которая не может быть снята с оборудования согласно заявлению изготовителя.

**3.1.10 занимаемая полоса частот радиочастотного канала**: Ширина полосы радиочастот, в пределах которой излучается заданная часть средней мощности излучения радиопередатчика.

**3.1.11 кочевой беспроводный доступ (NWA)**: Приложение беспроводного доступа, в котором местоположение точки завершения операции у конечного пользователя является подвижным в пределах зоны обслуживания точки доступа сети.

**3.1.12 коэффициент использования радиоресурса**: Коэффициент, пропорциональный излучаемой мощности, нормированной к 100 мВт и рабочему циклу.

Примечание – Коэффициент использования радиоресурса вычисляется по формуле (*Р*/100 мВт) х DС, где *Р* - мощность, мВт.

**3.1.13 многочастотный метод формирования радиосигнала**: Метод формирования радиосигнала, в соответствии с которым исходный поток данных делится на множество параллельных субпотоков, каждым из которых модулируется своя несущая.

**3.1.14 нежелательные излучения**: Состоят из побочных и внеполосных излучений [1].

**3.1.15 необходимая ширина полосы частот радиочастотного канала**: Ширина полосы радиочастот для данного класса излучения, достаточная для обеспечения передачи информации со скоростью и качеством, требуемыми при заданных условиях [1].

**3.1.16 номинальная полоса частот радиочастотного канала *N*:** Полоса радиочастот, включая защитные полосы радиочастот, назначенная одиночному радиочастотному каналу.

**3.1.17 оборудование широкополосного беспроводного доступа**: Оборудование систем беспроводного доступа, обеспечивающих скорость передачи данных не менее 1 Мбит/с.

Примечание – Допускается также использование термина «оборудование широкополосного радиодоступа».

**3.1.18 оконечная (абонентская) аппаратура (оборудование) локальных радиосетей**: Техническое устройство пользователя (абонента) сети широкополосного беспроводного доступа, предназначенное для подключения пользователя (абонента) к радиосети.

Примечание – Допускается также использование термина «хостовое оборудование».

**3.1.19 побочное излучение**: Излучение на частоте или на частотах, расположенных за пределами необходимой ширины полосы частот, уровень которого может быть снижен без ущерба для соответствующей передачи сообщений. К побочным излучениям относятся гармонические излучения, паразитные излучения, продукты интермодуляции и частотного преобразования, но к ним не относятся внеполосные излучения [1].

**3.1.20 подвижный беспроводный доступ (MWA)**: Приложение беспроводного доступа, в котором местоположение точки завершения операции у конечного пользователя является подвижным в пределах зоны обслуживания сети.

**3.1.21 поставщик**: Изготовитель, юридическое или физическое лицо, поставляющее оборудование на рынок.

**3.1.22 предел**: Максимально или минимально допустимое (предельное) значение физического параметра.

Примечание – Подробное определение данному термину при ограничении по максимальюму значению дано в СТБ 1692

**3.1.23 прямое расширение спектра последовательностью**: Метод формирования широкополосного радиосигнала, при котором исходный двоичный сигнал преобразуется в псевдослучайную последовательность, используемую для модуляции несущей.

**3.1.24 рабочий цикл**: Отношение времени работы передатчика к времени наблюдения, время наблюдения рассчитывается в соответствии с [2].

**3.1.25 радиосвязь**: Электросвязь, осуществляемая посредством радиоволн.

**3.1.26 сеть радиосвязи**: Технологическая система, включающая в себя средства радиосвязи и линии радиосвязи.

**3.1.27 системы беспроводного доступа**: Системы, организованные с использованием оборудования беспроводного доступа, включая персональные, локальные и региональные радиосети.

**3.1.28 скачкообразная перестройка радиочастоты**: Метод формирования радиосигнала, при котором частота несущей скачкообразно перестраивается по заданному закону в пределах отведенного диапазона рабочих радиочастот.

**3.1.29 съемная антенна**: Антенна, которая может быть снята с оборудования согласно заявлению изготовителя.

**3.1.30 технология равномерного расширения радиочастотного спектра**: Технология частотновременного выбора радиочастотных каналов из всех возможных радиочастотных каналов, обеспечивающая равномерную загрузку радиочастотного спектра.

**3.1.31 фиксированный беспроводный доступ (FWА)**: Приложение беспроводного доступа, в котором местоположение точки завершения операции у конечного пользователя и точки доступа сети является фиксированным.

**3.1.32 эквивалентная изотропно-излучаемая мощность**: Произведение мощности (Вт), подводимой к антенне, на коэффициент усиления (в разах) этой антенны в заданном направлении относительно изотропной антенны [1].

## **3.2 Обозначения и сокращения**

В настоящем стандарте применяют следующие сокращения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| BPSK | – | Binary Phase Shift Keying – двухпозиционная фазовая манипуляция; |
| CCK | – | Соmplementary Code Keying – манипуляция комплементарным кодом; |
| CSIT | – | Channel state information at the transmitter – информация о состоянии канала передатчика; |
| DSSS | – | Direct Sequence Spread Spectrum – прямое расширение спектра последовательностью; |
| FDD | – | Frequency Division Duplex – частотное разделение дуплексных каналов; |
| FDМА | – | Frequency Division Multiple Access – многостанционный доступ с частотным разделением каналов; |
| FHSS | – | Frequency Hopping Spread Spectrum – псевдослучайная перестройка рабочей радиочастоты; |
| FSK | – | Frequency Shift Keying – частотная манипуляция; |
| H-FDD | – | Half-Frequency Division Duplex – частотное разделение полудуплексных каналов; |
| MIMO | – | Multiple lnput Multiple Output – метод многопотоковой передачи данных |
| MWA | – | Mobile Wireless Access – мобильный беспроводной доступ; |
| NWA | – | Nomadic Wireless Access – кочевой беспроводной доступ; |
| OFDM | – | Orthogonal Frequency Division Multiple Access – ортогональное частотное разделение каналов; |
| OFDMA | – | Orthogonal Freguency Division Multiple Access – многостанционный доступ с ортогональным частотным разделением каналов; |
| QAM | – | Quadrature Amplitude Modulation – квадратурная амплитудная манипуляция; |
| QPSK | – | Qadrature Phase Shift Keying – квадратурная фазовая манипуляция] |
| SC | – | Single Carrier – одночастотный; |
| TDD | – | Time Division Duplex – временное разделение дуплексных каналов; |
| ТDМА | – | Time Division Multiple Access – многостанционный доступ с временным разделением каналов; |
| WAS | – | Wireless Access Systems – системы беспроводного доступа; |
| АРМ | – | автоматическая регулировка мощности излучения радиосигнала |
| АС | – | абонентская стационарная станция; |
| АСП | – | абонентская переносная (кочующая) станций |
| БС | – | базовая станция; |
| МСБСП  ОШБД | –  – | минимальная совокупная (общая) битовая скорость передачи данных;  оборудование широкополосного беспроводного доступа; |
| РС | – | ретрансляционная станция; |
| СШБД | – | системы широкополосного беспроводного доступа |
| ЭИИМ | – | эквивалентная изотропно-излучаемая мощность. |
|  |  |  |

# **4 Классификация и режимы работы оборудования**

**4.1** ОШБД должно быть классифицировано по способу организации радиосвязи как:

* ОШБД подвижной радиослужбы, включая переносное оборудование;
* ОШБД фиксированной радиослужбы.

Примечание – Описание систем широкополосного беспроводного доступа дано в приложении А.

**4.2** ОШБД и связанное с ним вспомогательное оборудование, проверяемое на соответствие требованиям к параметрам радиоизлучения, должно быть отнесено к одной из следующих четырех категорий:

* ОШБД персональных радиосетей диапазона 2,4–2,4835 ГГц [2]. К нему относится оборудование стандарта IEЕЕ 802.15, использующееся для персонального беспроводного достута к ПЭВМ, мобильным телефонам и другим устройствам, характеризующееся малым радиусом действия (в пределах единиц и десятков метров) и малой ЭИИМ.
* ОШБД локальных радиосетей диапазона 2,4–2,4835 ГГц [2]. К нему относится оборудование стандарта IEЕЕ 802.11 [3] и аналогичное, предназначенное для построения локальных сетей беспроводного доступа внутри и вне помещений на ограниченных территориях. Характеризуется радиусом действия в пределах десятков и сотен метров и ЭИИМ в пределах сотен милливатт.
* ОШБД локальных и региональных радиосетей, работающее в полосах радиочастот 5,15–6,425 ГГц. К нему относится оборудование стандартов IEЕЕ 802.11[3], IEЕЕ 802.16 [6], [7] и аналогичное, предназначенное для построения локальных и региональных сетей беспроводного доступа. Характеризуется радиусом действия в пределах от десятков метров до десятков километров и выходной мощностью радиопередатчика до 1 Вт (30 дБмВт).
* ОШБД региональных радиосетей диапазона 3,4–3,8 ГГц [8] – [13]. К нему относится оборудование стандарта IEЕЕ 802.16 [6], [7] и аналогичное, предназначенное для построения региональных сетей беспроводного доступа. Характеризуется радиусом действия в пределах от сотен метров до десятков километров и выходной мощностью радиопередатчика до 20 Вт (43 дБмВт).

# **5 Характеристики и параметры радиоизлучения оборудования широкополосного беспроводного доступа**

## **5.1 Общие положения**

**5.1.1 Представление оборудования на испытания**

Для испытания должен быть выбран типовой образец, соответствующий промышленному образцу. Программное обеспечение должно соответствовать испытуемому образцу. Изготовитель должен обеспечить испытания средствами управления параметрами оборудования и установить в оборудовании самый высокий разрешенный уровень мощности радиопередатчика в режиме передачи данных, а также радиочастоту (полосу радиочастот), на которой (в которой) будут проводиться испытания. Параметры радиоизлучений радиопередатчика должны быть проверены на максимально-доступной скорости передачи информации.

Примечания

1 При невозможности установки в испытуемом оборудовании максимальной скорости передачи информации допускается проводить измерения на установленной изготовителем скорости, с отметкой в протоколе испытаний.

2 В устройствах с АРМ проверка может осуществляться также на самом низком уровне мощности.

3 Если оборудование может эксплуатироваться с несколькими типами съемных антенн. имеющих разные параметры, измерение параметров радиоизлучения должно проводиться с каждой из этих антенн.

**5.1.2** На ОШБД персональных радиосетей диапазона 2,4–2,4835 ГГц и 5,15–6,425 ГГц поставщик должен предоставить следующие данные:

* состав оборудования;
* максимальную выходную мощность радиопередатчика (либо максимальную ЭИИМ);
* максимальный коэффициент усиления антенны;
* номинальное напряжение электропитания и потребляемый ток в рабочем режиме.

**5.1.3** На ОШБД локальных радиосетей диапазонов 2,4–2,4835 ГГц и 5,15–6,425 ГГц поставщик должен предоставить следующие данные:

* состав оборудования;
* диапазон рабочих радиочастот;
* метод формирования радиосигнала: FHSS, DSSS, ОFDM и др.
* виды модуляции,
* максимальную выходную мощность радиопередатчика (либо максимальную ЭИИМ);
* максимальный коэффициент усиления антенны;
* номинальные напряжения электропитания в рабочем режиме.

**5.1.4** На ОШБД региональных радиосетей диапазона 3,4–3,8 ГГц поставщик должен предоставить следующие данные:

* состав оборудования;
* диапазон рабочих радиочастот;
* метод формирования радиосигнала: одночастотный ипи многочастотный с OFDM;
* метод множественного доступа: FDМА, ТDМА или OFDMA;
* виды модуляции;
* метод организации дуплексной связи: TDD, FDD, H-FDD;
* номинальную полосу частот радиочастотного канала;
* максимальную выходную мощность радиопередатчика (либо максимальную ЭИИМ);
* максимальный коэффициент усиления антенны;
* номинальные напряжения электропитания в рабочем режиме.

## **5.2 Требования к параметрам радиооборудования сети персональной радиосвязи в полосе радиочастот 2,4–2,4835 ГГц**

**5.2.1 Общие требования**

Общие требования к параметрам радиооборудования стандарта IEEE 802.15 приведены в таблице 5.1.

При выполнении измерений параметров радиоизлучения ОШБД сети персональной радиосвязи должны использоваться методы, установленные на основании [2] или СТБ 2600-2021.

**Таблица 5.1**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Значение параметра |
| 1. Диапазон рабочих частот, ГГц | 2,400–2, 4835 |
| 1. Метод формирования радиосигнала | Технология расширения спектра (FHSS, DSSS, ОFDМ и т.д.) |
| 1. Максимальная ЭИИМ передатчика | Не более 20 дБмВт (100 мВт) |
| 1. Уровни внеполосных излучений | в соответствии с пунктом 5.2.3 |
| 1. Побочные излучения передатчика | в соответствии с пунктом 5.2.4 |
| **Требования к радиооборудованию**  **с методом расширения спектра FHSS** | |
| 1. Число несущих радиочастот (радиочастотных каналов) | Не менее 15 |
| 1. Ширина спектра | Не более 5 МГц |
| **Требования к радиооборудованию**  **с другими методами расширения спектра (DSSS, OFDM и т. д.)** | |
| 1. Максимальная спектральная плотность мощности | Не более 20 дБмВт/МГц |
| 1. Ширина спектра | Не более 20 МГц |

**5.2.2 Занимаемая полоса радиочастот**

Занимаемая радиосигналом полоса радиочастот fH–fВ радиопередатчика должна укладываться в отведенный диапазон частот 2,4–2,4835 ГГц по уровню минус 30 дБмВт в полосе пропускания радиофильтра анализатора спектра 100 кГц (минус 80 дБмВт/Гц) [2].

**5.2.3 Уровни внеполосных излучений**

Уровни внеполосных излучений не должны выходить за пределы маски, приведенной на рисунке 5.1.



**Рисунок 5.1 – Маска спектра сигнала радиооборудования стандарта IEEE 802.15**

**5.2.4 Побочные излучения радиопередатчика**

Уровни побочных излучений в режиме передачи не должны превышать пределы, приведенные в таблице 5.2.

**Таблица 5.2**

|  |  |
| --- | --- |
| Полоса радиочастот | Требования |
| 30 МГц ≤ f < 47 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 47 МГц ≤ f < 74 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 74 МГц ≤ f < 87,5МГЦ | -36 дБмВт/100 кГц |
| 87,5мгц ≤ f < 118 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 118 МГц ≤ f < 174 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 174 МГц ≤ f < 230 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 230 МГц ≤ f < 470 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 470 МГц ≤ f < 862 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 862 МГц ≤ f < 1 ГГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 1 000 МГц ≤ f < 2397,5 МГц | -30 дБмВт/1 МГц |
| 2 486 МГц ≤ f < 12,75 ГГц 1) | -30 дБмВт/1 МГц |
| 1) При выполнении измерений допускается верхнюю радиочастоту полосы радиочастот побочных излучений ограничить 12,42 ГГц при измерении на антенном разъеме и 12 ГГц при выполнении измерений на площадке с отметкой об ограничении в протоколе испытаний. | |
| Примечание – При измерении побочных излучений допускается применять методы, приведенные в СТБ 1692. | |

## **5.3 Требования к параметрам радиооборудования локальных сетей радиосвязи в полосе радиочастот 2,4–2,4835 ГГц**

**5.3.1 Общие требования к испытаниям радиооборудования**

Данный пункт устанавливает требования к параметрам радиооборудования стандарта IEEE 802.11ТМ, работающего в полосе радиочастот 2,4–2,4835 ГГц.

Измерения должны проводиться на двух крайних радиочастотных каналах для каждой заявленной номинальной занимаемой полосы частот радиочастотного канала. Методы проведения испытаний и режимы работы, в которых должны проводиться испытания, устанавливаются на основании [2] или СТБ 2600-2021, [3], [12].

**5.3.2 Занимаемая полоса радиочастот**

Занимаемая полоса радиочастот fH – fB радиопередатчика должна укладываться в отведенную полосу радиочастот 2,4–2,4835 ГГц по уровню минус 30 дБмВт в полосе пропускания радиофильтра анализатора спектра 100 кГц (минус 80 дБмВт/Гц).

**5.3.3 Занимаемая полоса частот радиочастотного канала**

Занимаемая полоса частот радиочастотного канала должна составлять от 80 % до 100 % номинальной полосы частот радиочастотного канала.

**5.3.4 Допустимое отклонение частоты радиопередатчика**

Допустимое абсолютное отклонение частоты радиопередатчика в произвольно выбранном радиочастотном канале для FHSS – не более ±60 кГц.

Примечание – Проверяется в режиме отсутствия скачков частоты на фиксированной радиочастоте.

Допустимое относительное отклонение частоты радиопередатчика в произвольно выбранном радиочастотном канале для других методов формирования радиочастотного спектра (отличных от FHSS) не должно превышать ±25·10-6.

**5.3.5 Максимальная ЭИИМ радиопередатчика**

Максимальная ЭИИМ и максимальная спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчика не должны превышать предельные значения, соответствующие [2] и приведенные в таблице 5.3.

**Таблица 5.3**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Пределы |
| Максимальная ЭИИМ, дБмВт (мВт) | 20 (100)1) |
| Максимальная спектральная плотность ЭИИМ:   * при использовании FHSS, дБмВт/100 кГц; * при использовании других методов формирования радиосигнала, дБмВт/1 МГц | 10 1)  10 |
| 1) По решению Комиссии максимальные значения ЭИИМ и спектральной плотности ЭИИМ могут быть увеличены. | |

**5.3.6 Маска спектральной плотности ЭИИМ радиопередатчика**

В режиме работы с FHSS спектральная плотность мощности излучаемого радиосигнала должна соответствовать требованиям, приведенным в таблице 5.4.

**Таблица 5.4**

|  |  |
| --- | --- |
| Сдвиг радиочастоты ∆f = |f0 – f| относительно центральной частоты радиочастотного канала 1) | Спектральная плотность ЭИИМ, не более |
| 2,0 N ≤∆f < 3,0 N | -40 дБ 2) |
| ∆f ≥ 3,0 N | -60 дБ 2) |
| 1) Спектральная плотность ЭИИМ измеряется при отключенном режиме скачков частоты.  2) Уровни указаны относительно пиковой мощности. | |

Спектральная плотность ЭИИМ радиосигнала в одночастотном режиме работы с расширением спектра прямой последовательностью DSSS, в том числе с использованием ССК и РВСС, не должна выходить за пределы спектральной маски, приведенной на рисунке 5.2.

|  |
| --- |
|  |
| **Рисунок 5.2 – Распределение относительной спектральной плотности мощности**  **для одночастотных режимов работы оборудования с DSSS** |

Спектральная плотность ЭИИМ излучаемого радиосигнала в многочастотном режиме с OFDM, а также при использовании комбинированного режима OFDM-CCK не должна выходить за пределы спектральной маски, приведенной на рисунке 5.3.

|  |
| --- |
|  |
| **Рисунок 5.3 – Распределение относительной спектральной плотности**  **мощности для многочастотного режима с ОFDM** |

**5.3.7 Побочные излучения радиопередатчика**

Уровни побочных излучений радиопередатчика не должны превышать пределы, приведенные в таблице 5.5.

**Таблица 5.5**

|  |  |
| --- | --- |
| Полоса радиочастот 1) | Требования |
| 30 МГц ≤ f < 47 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 47 МГц ≤ f < 74 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 74 МГц ≤ f < 87,5МГЦ | -36 дБмВт/100 кГц |
| 87,5 МГц ≤ f < 118 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 118 МГц ≤ f < 174 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 174 МГц ≤ f < 230 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 230 МГц ≤ f < 470 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 470 МГц ≤ f < 862 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 862 МГц ≤ f < 1 ГГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 1 000 МГц ≤ f < 2397,5 МГц | -30 дБмВт/1 МГц |
| 2 486 МГц ≤ f < 26 ГГц 2) | -30 дБмВт/1 МГц |
| 1) При выполнении измерений в режимах DSSS и OFDM, а также их комбинациях исключенная полоса радиочастот: f0 ± 2,5 х N.  2) При выполнении измерений допускается верхнюю радиочастоту полосы радиочастот побочных излучений ограничить 12,42 ГГц при измерении на антенном разъеме и 12 ГГц при выполнении измерений на площадке с отметкой об ограничении в протоколе испытаний. | |
| Примечание – При измерении побочных излучений допускается применять методы, приведенные в СТБ 1692. | |

## **5.4 Требования к параметрам радиооборудования локальных сетей радиосвязи в полосе радиочастот 5,15–6,425 ГГц**

**5.4.1 Общие требования к испытаниям радиооборудования**

Данный пункт устанавливает требования к параметрам радиооборудования стандарта IEEE 802.11ТМ, работающего в полосе радиочастот 5,15–6,425 ГГц.

Измерения должны проводиться на двух крайних радиочастотных каналах для каждой заявленной номинальной занимаемой полосы частот радиочастотного канала. Методы проведения испытаний и режимы работы, в которых должны проводиться испытания, устанавливаются на основании [3], [4] или СТБ 2548-2019, [5], [12] и [13].

**5.4.2 Занимаемая полоса радиочастот**

Занимаемая полоса радиочастот fH–fB радиопередатчика не должна превышать требования, приведенные в таблице 5.6, по уровню минус 30 дБмВт в полосе пропускания радиофильтра анализатора спектра 100 кГц (минус 80 дБмВт/Гц).

**Таблица 5.6**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Значение параметра |
| 1 Полосы рабочих радиочастот для применения внутри помещений, ГГц | 5,150–5,350  5,470–5,725  5,945–6,425 |
| 2 Полосы рабочих радиочастот для применения вне помещений, ГГц | 5,650–5,710 |

**5.4.3 Занимаемая полоса частот радиочастотного канала**

Занимаемая полоса частот радиочастотного канала должна составлять от 80 % до 100 % номинальной полосы частот радиочастотного канала.

Примечания

1. Требование к занимаемой полосе радиочастот радиочастотного канала не применимо для устройства с номинальной полосой радиочастот, равной 40 МГц, когда оно временно работает в режиме передачи исключительно в верхнем или нижнем поддиапазоне шириной 20 МГц радиочастотного канала с шириной полосы частот 40 МГц.
2. Для устройства, имеющего несколько трактов передачи и управляемую антенную систему, каждый из трактов передачи должен соответствовать этому требованию.

**5.4.4 Допустимое отклонение радиочастоты радиопередатчика**

Допустимое относительное отклонение радиочастоты радиопередатчика в произвольно выбранном радиочастотном канале не должно превышать ±20·10-6

**5.4.5 Максимальная ЭИИМ радиопередатчика**

Максимальная ЭИИМ и максимальная спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчика не должны превышать предельные значения, приведенные в таблице 5.7.

**Таблица 5.7**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Полоса радиочастот, ГГц | Предел ЭИИМ, дБмВт (мВт) | Предел спектральной плотности ЭИИМ, дБмВт/МГц |
| 5,150–5,250 | 23 (200) | 10 |
| 5,250–5,350 | 23 (200) | 10 |
| 5,470–5,725 | 23 (200) | 10 |
| 5,650–5,710 | 27 (500) | 14 |
| 5,945–6,425 | 23 (200) | 10 |
| Примечания  1 Приведенные в таблице значения соответствуют работе ОШБД в радиочастотном канале с номинальной шириной полосы частот 20 МГц.  2 В особых случаях Комиссия может принимать решения, устанавливающие конкретные полосы радиочастот, ЭИИМ и другие параметры оборудования беспроводного доступа, работающего в диапазоне радиочастот 5,15 – 6,425 ГГц. | | |

**5.4.6 Маска спектральной плотности ЭИИМ радиопередатчика**

Спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчика не должна выходить за пределы маски спектра, приведенной на рисунке 5.4.

Примечание – Режим измерений:

– ширина полосы радиофильтра – 100 кГц;

– ширина полосы частот видеофильтра – 300 кГц



**Рисунок 5.4 – Маска спектральной мощности передачи**

**5.4.7 Побочные излучения радиопередатчика**

Уровни побочных излучений в режиме передачи не должны превышать пределы, приведенные в таблице 5.8.

**Таблица 5.8**

|  |  |
| --- | --- |
| Полоса радиочастот 1) | Требования |
| 30 МГц ≤ f < 47 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 47 МГц ≤ f < 74 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 74 МГц ≤ f < 87,5МГЦ | -36 дБмВт/100 кГц |
| 87,5МГц ≤ f < 118 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 118 МГц ≤ f < 174 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 174 МГц ≤ f < 230 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 230 МГц ≤ f < 470 МГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 470 МГц ≤ f < 862 МГц | -54 дБмВт/100 кГц |
| 862 МГц ≤ f < 1 ГГц | -36 дБмВт/100 кГц |
| 1 ГГц ≤ f < 5,15 ГГц | -30 дБмВт/1 МГц |
| 5,35 ГГц ≤ f < 5,47 ГГц | -30 дБмВт/1 МГц |
| 5,725 ГГц ≤ f < 26 ГГц 2) | -30 дБмВт/1 МГц |
| 1) Исключенная полоса радиочастот: f0 ± 2,5 × N.  2) При выполнении измерений допускается верхнюю радиочастоту полосы радиочастот побочных излучений ограничить 12,42 ГГц при измерении на антенном разъеме и 12 ГГц при выполнении измерений на площадке с отметкой об ограничении в протоколе испытаний. | |
| Примечание – При измерении побочных излучений допускается применять методы, приведенные в СТБ 1692. | |

## **5.5 Требования к параметрам радиооборудования региональных сетей радиосвязи в полосах радиочастот 2,3–2,4 ГГц, 2,5–2,7 ГГц, 3,4–3,8 ГГц, 5,47–6,425 ГГц**

**5.5.1 Общие требования к радиооборудованию**

Общие требования к параметрам ОШБД приведены в таблице 5.9.

При выполнении измерений параметров радиоизлучения ОШБД должны использоваться методы, установленные на основании [10], [11].

Примечание – Комиссия может принимать решения, имеющие приоритет над требованиями 5.5.1–5.5.6 и устанавливающие конкретные полосы радиочастот, ЭИИМ и другие параметры ОШБД.

**Таблица 5.9**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Значение параметра |
| 1 Типы станций | БС, АС,  АСП, РС |
| 2 Полосы рабочих радиочастот, ГГц | 2,3–2,4  2,5–2,7  3,4–3,6  3,6–3,8  5,47–6,425 |
| 3 Метод формирования радиосигнала | SC, ОFDМ, ОFDМА |
| 4 Номинальная ширина спектра радиосигнала (радиочастотный канальный разнос), МГц | 1,75; 3,5; 5; 7; 8,75; 10; 14; 20; 28; (30) 1) |
| 5 Ширина спектра радиосигнала, % от номинальной ширины спектра | 80 – 100 |
| 6 Виды модуляции | BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM 2) |
| 7 Шаг сетки радиочастот, МГц | 0,25 |
| 1) По решению Комиссии могут использоваться другие значения полос радиочастот в пределах от 1,25 до 28 МГц, кратные 0,25 МГц.  2) В одночастотном режиме допускается использование 256-QAM. | |

**5.5.2 Занимаемая полоса частот радиочастотного канала**

Занимаемая полоса частот радиочастотного канала должна составлять от 80 % до 100 % номинальной полосы частот радиочастотного канала. Для устройства, имеющего несколько трактов передачи и управляемую антенную систему, каждый из трактов передачи должен соответствовать этому требованию.

**5.5.3 Допустимое отклонение частоты радиопередатчика**

Относительное допустимое отклонение частоты радиопередатчика БС, РС, АС, АСП в произвольно выбранном радиочастотном канале не должно превышать значения, установленные в таблице 5.10.

**Таблица 5.10**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Режим работы |  | Требования |
| БС | АС, АСП, РС |
| SC | ±8·10-6 | ±15·10-6 |
| ОFDМ | ±8·10-6 | 2 % от частотного разноса поднесущих |
| OFDMA | ±2·10-6 | 2 % от частотного разноса поднесущих |

**5.5.4 Максимальная выходная мощность и спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчика**

Максимальная выходная мощность радиопередатчика, измеренная на его антенном разъеме, не должна превышать предельные значения, приведенные в таблице 5.11.

Максимальная спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчика не должна превышать предельные значения, приведенные в таблице 5.12.

Примечания

1. Для устройств с несколькими трактами передачи приведенные значения максимальной выходной мощности и спектральной плотности ЭИИМ соответствуют суммарной выходной мощности и суммарной спектральной плотности ЭИИМ соответственно.
2. Механизм АРМ должен обеспечить снижение мощности не менее чем на 14 дБ.

3 Комиссия может изменять уровни спектральной плотности ЭИИМ для АС. Однако это должно быть достигнуто без увеличения выходной мощности радиопередатчика за счет использования направленных антенн с высоким коэффициентом усиления.

**Таблица 5.11**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Пределы | | |
| БС | АС | АСП |
| Максимальная выходная мощность радиопередатчика, дБмВт | 35 1) | 22 2) | 20 |
| 1) Допускается увеличение мощности до 43 дБмВт при развертывании сети с переносным оборудованием.  2) Для увеличения пропускной способности АС допускается увеличивать выходную мощность до 30 дБмВт. | | | |

**Таблица 5.12**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр |  | Пределы |  |
| БС, РС 1) | АС 2) , РС З) | АС 4) |
| Максимальная спектральная плотность ЭИИМ, дБмВт/МГц | 23 | 20 | 12 |
| 1) Ретрансляция от БС к РС.  2) Терминальная (абонентская) станция расположена вне помещения.  3) Ретрансляция от РС к БС.  4) Терминальная (абонентская) станция расположена внутри помещения. | | | |

**5.5.5 Маска спектральной плотности ЭИИМ радиопередатчика**

Спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчиков всех типов станций в одночастотном режиме с ТDМА не должна выходить за пределы спектральной маски, приведенной на рисунке 5.5.

Значения сдвига радиочастоты ∆f контрольных точках, МГц, определяются из таблицы 5.13.

|  |
| --- |
|  |
| **Рисунок 5.5 – Распределение относительной спектральной плотности мощности**  **для одночастотного режима с ТDМА** |

**Таблица 5.13 – Опорные радиочастоты для спектральной маски**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Канальный разнос, МГц | МСБСП, Мбит/с | | | Сдвиг радиочастоты ∆f, МГц | | | | |
| QPSK | 16-QAM | 64-QAM | ∆fA | ∆fB | ∆fC | ∆fD | ∆fE |
| 1,75 | 2 | 4 | 6 | 0,8 | 1,4 | 1,85 | 3,5 | 4,375 |
| 3,5 | 4 | 8 | 12 | 1,5 | 2,5 | 3,7 | 6,8 | 8,75 |
| 7 | 8 | 16 | 24 | 2,8 | 5,6 | 7 | 14 | 17,5 |
| 14 | 16 | 32 | 48 | 5,6 | 11,2 | 14 | 28 | 35 |
| 28/30 | 32 | 64 | 96 | 11,2 | 22,4 | 28 | 56 | 70 |
| Примечания  1) Для сдвига радиочастоты 1,75 МГц и МСБСП < 2 Мбит/с поставщик должен заявить скорость передачи символов и канальный разнос, из которых рассчитываются опорные радиочастоты спектральной маски [1З].  2) Для величин канального разноса, не указанных в таблице 5.13, значения опорных радиочастот рассчитывают по таблицам Б.1–Б.3 (приложение Б) | | | | | | | | |

Спектральная плотность ЭИИМ радиопередатчиков всех типов станций в многочастотном режиме с OFDM-TDMA и OFDMA не должна выходить за пределы спектральной маски, приведенной на рисунке 5.6.

Значения сдвига радиочастоты ∆f в контрольных точках, МГц, определяются из таблицы 5.14.

**Таблица 5.14**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Канальный разнос, МГц | МСБСП, Мбит/с | | | Сдвиг радиочастоты ∆f, МГц | | | | | |
| QPSK | 16-QAM | 64-QAM | ∆fA | ∆fB | ∆fC | ∆fD | ∆fE | QPSK |
| 1,75 | 2 | 4 | 6 | 0,8 | 1,4 | 1,85 | 3,5 | 4,375 | 1,75 |
| 3,5 | 4 | 8 | 12 | 1,5 | 2,5 | 3,7 | 6,8 | 8,75 | 3,5 |
| 7 | 8 | 16 | 24 | 2,8 | 5,6 | 7 | 14 | 17,5 | 7 |
| 14 | 16 | 32 | 48 | 5,6 | 11,2 | 14 | 28 | 35 | 14 |
| 28/30 | 32 | 64 | 96 | 11,2 | 22,4 | 28 | 56 | 70 | 28/30 |
| Примечание – для величин канального разноса N, не указанных в таблице, значения опорных радиочастот рассчитывают: ∆f A,B =0,5 N; ∆f C = 0,714 N; ∆f D = 1,057 N; ∆f E = 2,0 N; ∆f F = 2,5 N. | | | | | | | | | |

|  |
| --- |
|  |
| **Рисунок 5.6 – Распределение относительной спектральной плотности мощности**  **для многочастотных режимов** |

**5.5.6 Побочные излучения радиопередатчика и радиоприемника**

Уровень мощности побочных и внеполосных излучений радиопередатчика и радиоприемника для всех типов станций не должен превышать пределы, приведенные в таблице 5.15.

**Таблица 5.15**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Полоса радиочастот | Тип оборудования | Пределы 3) |
| 30 МГц – 5·f0 1, 2) | Радиопередатчик/радиоприемник БС | -50 дБмВт/1 МГц |
| 30 МГц – 5·f0 1, 2) | Радиопередатчик/радиоприемник АС, РС | -40 дБмВт/1 МГц |
| 1)  f0 – центральная частота радиочастотного канала.  2) Исключенная полоса радиочастот: f0 ± 2,5·N.  3) Значения приведены для оборудования фиксированной службы. Для всех типов оборудования подвижной службы уровень мощности побочных и внеполосных излучений не должен превышать минус 36 дБмВт / 100 кГц в диапазоне частот до 1 ГГц и минус 30 дБмВт / 1 МГц – в диапазоне частот свыше 1 ГГц. | | |
| Примечания   1. В случае установки оборудования РС совместно с оборудованием БС уровень побочных излучений РС должен соответствовать требованиям, предъявляемым к БС. 2. Пределы побочных излучений даны при выполнении измерений на измерительной площадке. При измерении побочных излучений на антенном разъеме радиопередатчика пределы должны быть увеличены на 10 дБ. | | |

**5.5.7 Эффективность работы АРМ**

Рекомендуемые динамические диапазоны АРМ для БС, АС в разных режимах работы приведены в таблице 5.16.

**Таблица 5.16**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Режим работы | Динамический диапазон регулировки мощности радиопередатчика, дБ | |
| БС | АС |
| SC | 20 | 30 |
| OFDM | 14 | 30 |
| OFDMA | 45 | 50 |
| Примечания   1. Для всех режимов минимальный шаг регулировки – 1 дБ. 2. Для режима SC относительная погрешность шага регулировки – ±25 %, но не более 4 дБ. 3. Для режимов OFDM, OFDMA относительная погрешность шага регулировки – ±50 %, но не более 4 дБ. | | |

## **5.6 Параметры качества формирования сигнала для оборудования IEEE 802.11 TM**

**5.6.1 Параметры качества формирования сигнала радиооборудования IEEE 802.11TM в полосе радиочастот 2,4–2,4835 ГГц**

Общие требования к параметрам ОШБД приведены в таблице 5.17.

При выполнении измерений параметров формирования сигнала оборудования ОШБД должны использоваться методы, установленные на основании [2], [3] и [12].

**Таблица 5.17**

| Наименование параметра | Значение параметра |
| --- | --- |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11b** | |
| 1. Отклонение частоты передачи символов от номинального значения | Не более ±25 · 10-6 |
| 1. Длительность фронта и спада импульса, мкс | Не более 2 |
| 1. Ослабление уровня сигнала центральной радиочастоты, дБ | Не менее 15 |
| 1. Пиковое значение вектора ошибки модуляции | Не более 0,35 |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11g/n** | |
| 1. Неравномерность спектра радиосигнала передатчика, дБ, для поднесущих:   16...-1, 1...16;  26...-17, 17...26 | Не более  ±2  +2/-4 |
| 1. Ослабление уровня сигнала центральной радиочастоты, дБ | Не менее 15 |
| 1. Среднеквадратическое значение вектора ошибки модуляции, дБ, для вида модуляции (скорости кодирования): | Не более |
| BPSK (1/2) | -5 |
| BPSK (3/4) | -8 |
| QPSK (1/2) | -10 |
| QPSK (3/4) | -13 |
| 16-QAM (1/2) | -16 |
| 16-QAM (3/4) | -19 |
| 64-QAM (2/3) | -22 |
| 64-QAM (3/4) | -25 |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11ах** | |
| 1. Неравномерность спектра радиосигнала передатчика, дБ, для поднесущих:   16...-1, 1...16;  26...-17, 17...26 | Не более  ±2  +2/-4 |
| 1. Ослабление уровня сигнала центральной радиочастоты, дБ | Не менее 15 |
| 1. Среднеквадратическое значение вектора ошибки модуляции, дБ, для вида модуляции (скорости кодирования): | Не более |
| BPSK (1/2) | -5 |
| QPSK (1/2) | -10 |
| QPSK (3/4) | -13 |
| 16-QAM (1/2) | -16 |
| 16-QAM (3/4) | -19 |
| 64-QAM (2/3) | -22 |
| 64-QAM (3/4) | -25 |
| 64-QAM (5/6) | -27 |
| 256-QAM (3/4) | -30 |
| 256-QAM (5/6) | -32 |
| 1024-QAM (3/4) | -35 |
| 1024-QAM (5/6) | -35 |

**5.6.2 Параметры качества формирования сигнала радиооборудования IEEE 802.11TM в полосе радиочастот 5,15–6,425 ГГц**

Общие требования к параметрам ОШБД приведены в таблице 5.18.

При выполнении измерений параметров формирования сигнала оборудования ОШБД должны использоваться методы, установленные на основании [3], [4], [12] и [13].

**Таблица 5.18**

| Наименование параметра | Значение параметра |
| --- | --- |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11 а** | |
| 1. Количество поднесущих в канале | 52 |
| 1. Неравномерность спектра радиосигнала передатчика, дБ | Не более +4/-6 |
| 1. Ослабление уровня сигнала центральной радиочастоты, дБ | Не менее 15 |
| 1. Среднеквадратическое значение вектора ошибки модуляции, для вида модуляции (скорости кодирования), не более, дБ: |  |
| BPSK (1/2) | -5 |
| BPSK (3/4) | -8 |
| QPSK (1/2) | -10 |
| QPSK (3/4) | -13 |
| 16-QAM (1/2) | -16 |
| 16-QAM (3/4) | -19 |
| 64-QAM (2/3) | -22 |
| 64-QAM (3/4) | -25 |
| 64-QAM (5/6) | -27 |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11 n** | |
| 1. Число потоков МIМО, не менее | 2 – в беспроводной точке доступа  1 – в оконечной аппаратуре |
| 1. Число потоков МIМО, не более | 4 |
| 1. Количество поднесущих в канале | 56 – при ширине канала 20 МГц  114– при ширине канала 40 МГц |
| 1. Неравномертность спектра радиосигнала передатчика, дБ | Не более +4/-6 |
| 1. Среднеквадратическое значение вектора ошибки модуляции для вида модуляции (скорости кодирования), дБ, не более |  |
| BPSK (1/2) | -5 |
| QPSK (1/2) | -10 |
| QPSK (3/4) | -13 |
| 16-QAM (1/2) | -16 |
| 16-QAM (3/4) | -19 |
| 64-QAM (2/3) | -22 |
| 64-QAM (3/4) | -25 |
| 64-QAM (5/6) | -28 |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11 ас** | |
| 1. Число потоков МIМО, не менее | 2 – в беспроводной точке доступа  1 – в оконечной аппаратуре |
| 1. Число потоков МIMO, не более | 8 |
| 1. Количество поднесущих в канале | 56 – при ширине канала 20 МГц;  114 – при ширине канала 40 МГц;  242– при ширине канала 80 МГц;  242 – в каждом сегменте (при ширине канала (80 + 80) МГц);  484– при ширине канала 160 МГц |
| 1. Расстояние между поднесущими | 312,5 кГц |
| 1. Неравномерность спектра сигнала передатчика, дБ | Не более +4/-6 |
| 1. Среднеквадратическое значение вектора ошибки модуляции для вида модуляции (скорости кодирования), дБ, не более: |  |
| BPSK (1/2) | -5 |
| QPSK (1/2) | -10 |
| QPSK (3/4) | -13 |
| 16-QAM (1/2) | -16 |
| 16-QAM (3/4) | -19 |
| 64-QAM (2/3) | -22 |
| 64-QAM (3/4) | -25 |
| 64-QAM (5/6) | -27 |
| 256-QAM (3/4) | -30 |
| 256-QAM (5/6) | -32 |
| **Параметры радиооборудования стандарта IEЕЕ 802.11 ах** | |
| 1. Число потоков МIМО, не менее | 2 – в беспроводной точке доступа  1 – в оконечной аппаратуре |
| 1. Число потоков МIMO, не более | 8 |
| 1. Количество поднесущих в канале | 56 – при ширине канала 20 МГц;  114 – при ширине канала 40 МГц;  242 – при ширине канала 80 МГц;  242 – в каждом сегменте (при ширине канала (80 + 80) МГц);  484 – при ширине канала 160 МГц |
| 1. Расстояние между поднесущими | 78,125 кГц |
| 1. Неравномерность спектра сигнала передатчика, дБ | Не более +4/-6 |
| 1. Среднеквадратическое значение вектора ошибки модуляции, дБ, для вида модуляции (скорости кодирования): | Не более |
| BPSK (1/2) | -5 |
| QPSK (1/2) | -10 |
| QPSK (3/4) | -13 |
| 16-QAM (1/2) | -16 |
| 16-QAM (3/4) | -19 |
| 64-QAM (2/3) | -22 |
| 64-QAM (3/4) | -25 |
| 64-QAM (5/6) | -27 |
| 256-QAM (3/4) | -30 |
| 256-QAM (5/6) | -32 |
| 1024-QAM (3/4) | -35 |
| 1024-QAM (5/6) | -35 |

# **Приложение А**

**(справочное)**

**Системы широкополосного беспроводного доступа**

**А.1** Системы широкополосного беспроводного доступа (далее – СШБД), являющиеся подгруппой систем беспроводного доступа (WAS), предназначены главным образом для обеспечения беспроводного соединения абонента либо абонентского пункта с фиксированной сетью электросвязи. Также возможно использование СШБД для создания замкнутых (локальных) радиосетей различного масштаба и применения.

В соответствии с классификацией lTU-R СШБД делятся на три категории: системы фиксированного беспроводного доступа (FWА), обеспечивающие связь только между стационарными базовыми и абонентскими пунктами (станциями), позиции которых фиксированы; системы передвижного (кочевого) доступа (NWА) на базе переносного оборудования, обеспечивающие радиосвязь в любой точке в пределах радиуса зоны обслуживания сети при условии неподвижности в течение сеанса связи; системы мобильного доступа (МWА), обеспечивающие подвижную радиосвязь.

Требования к параметрам радиоизлучения оборудования СШБД зависят от частотного диапазона, в котором это оборудование работает, и определяются европейскими стандартами [2], [4], [9], [13].

СШБД могут использоваться для построения персональных (РАN), локальных (LAN) и региональных (городских, районных) (МАN) радиосетей. Перечень основных стандартов, регламентирующих параметры оборудования СШБД, приведен в таблице А. 1.

Таблица А. 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип (масштаб) сети | Диапазон рабочих радиочастот | стандарт \* |
| РАN | 2,4–2,4835 ГГц | IEEE 802.15.1 |
| LAN | 2,4–2,4835 ГГц | IEEE 802.11(IEEE 802.11b/g/n/ax) |
| LAN  MAN | 5,15–6,425 ГГц  5,47–6,425 ГГц | IEEE 802.11 (IEEE 802.11а/n/ac/ax)  IEEE 802.16 |
| MAN | 2,4–2,4 ГГц  2,5–2,7 ГГц  3,4–3,8 ГГц | IEEE 802.16, IEEE 802.16e |
| \* Допустимо также использование иного оборудования, параметры которого не удовлетворяют стандартам IЕЕЕ, но соответствуют требованиям настоящего стандарта. | | |

Классификация СШБД по масштабу сети является условной, т.е. допускается использование, например, оборудования [3] для построения персональных сетей, оборудования [6] для построения локальных сетей и т.п.

Типовые персональные и локальные СШБД имеют общественное и частное применение, строятся в основном внутри помещений и обеспечивают беспроводную связь между персональными компьютерами, серверами, принтерами и другим оборудованием. Характеризуются малым радиусом действия, не превышающим нескольких сотен метров (на открытом пространстве), и малой излучаемой мощностью (не более 30 дБмВт).

**А.2** Системы широкополосного беспроводного доступа (СШБД) предназначены для развертывания сетей беспроводного доступа регионального или локального масштаба.

В большинстве случаев для построения сетей используется топология «точка – многоточка» с базовой станцией, обслуживающей абонентов в соте, размер которой может достигать десятков километров. Оборудование СШБД соответствует операторскому классу с поддержкой сервисных потоков передачи информации и обеспечивает требования QoS (в отличие от оборудования PAN/LAN, ориентированного на работу в безлицензионном диапазоне).

В зависимости от полосы радиочастот и особенностей реализации оборудование СШБД может использоваться как в качестве сетей операторского класса на национальном и (или) региональном уровне, так и в качестве технологических сетей на предприятиях в организациях, а также в домашних условиях в городской, пригородной и сельской местности. АС используются для предоставления широкополосного беспроводного доступа офисам, жилым домам, интернет-кафе, переговорным пунктам (телецентрам) и т.д. Возможно также обеспечение передвижного (кочующего) и мобильного доступа на переносные терминалы (ноутбуки, смартфоны, USB-модемы и т.д). При этом в сетях мобильного доступа обеспечивается непрерывность соединения при перемещении из зоны действия одной базовой станции в зону действия другой станции (хэндовер).

Требования к оборудованию региональных СШБД определяются главным образом [6] и [7], регламентирующими физический уровень (РНY) и уровень управления доступом к среде (МАС). Физический уровень определяет параметры приемо-передающего тракта; МАС-уровень обеспечивает многостанционный доступ с предоставлением каналов по требованию, при котором передача осуществляется в соответствии с приоритетностью и доступностью. Использование данной модели вызвано необходимостью поддержки различных протоколов достута к фиксированным сетям электросвязи как асинхронных (IР, Ethernet, АTM), так и синхронных (SDH и др.).

Оборудование СШБД обеспечивает дуплексную связь с временным (TDD) либо частотным (FDD) разделением, использует многоуровневое помехоустойчивое кодирование и спектрально-эффективные методы формирования радиосигнала, возможно также использование прстранственного разделения каналов (технология МIМО) и управляемых антенных систем. В зависимости от ширины радиочастотного канала (от 1,75 до 28 МГц) и вида модуляции скорость физического потока данных меняется от 2 до 134,4 Мбит/с.

В режиме ОFDМ может обеспечиваться многостанционный доступ как с временным разделением (ТDМА), так и с выделением отдельных частотных подканалов (OFDMA), если центральная и абонентская станция поддерживают такую возможность. Одним из наиболее важных применений такой опции являются сети со смешанной топологией (Mesh-сети). Меsh-сеть характеризуется тем, что абонентские станции могут связываться как с базовой станцией, так и друг с другом, обеспечивая эстафетную передачу (ретрансляцию) трафика, напрмер при отсутствии прямой радиовидимости.

# **Приложение Б**

**(обязательное)**

**Таблицы расчета опорных радиочастот для построения спектральной маски**

Опорная радиочастота в точке Х (см. рисунки 5.5 и 5.6 настоящего стандарта) определяется как ∆fX = |fX- f0|.

Если канальный разнос находится в пределах 1,75 МГц ≤ N < 3,5 МГц, то для расчета опорных радиочастот необходимо использовать таблицу Б.1.

**Таблица Б.1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид модуляции | ∆fA, МГц | ∆fB, МГц | ∆fC, МГц | ∆fD, МГц |
| QPSK | 0,429 N | 1,15 + 1,35 (0,571 N - 1) | 1,6 + 2,17 (0,571 N - 1) | 0,8 + 0,7 (0,571 N - 1) |
| 16QAM | 0,8 + 0,7 (0,571 N - 1) | 1,4 + 1,1 (0,571 N - 1) | 1,057 N | 2,0 N |
| 64QAM | 0,8 + 0,7 (0,571 N - 1) | 1,4 + 1,5 (0,571 N - 1) | 1,057 N | 2,0 N |
| Примечание — для всех видов модуляции опорная радиочастота ∆fЕ = 2,5 N, МГц. | | | | |

Если 3,5 МГц ≤ N < 7,0 МГц, то для расчета опорных радиочастот необходимо использовать таблицу В.2.

**Таблица Б.2**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид модуляции | ∆fA, МГц | ∆fB, МГц | ∆fC, МГц | ∆fD, МГц |
| QPSK | 1,5 + 1,3 (0,286 N - 1) | 2,5 + 3,1 (0,286 N - 1) | 3,7 + 3,3 (0,286 N - 1) | 6,8 + 7,2 (0,286 N - 1) |
| 16QAM | 1,5 + 1,3 (0,286 N - 1) | 2,5 + 3,1 (0,286 N - 1) | 3,7 + 3,3 (0,286 N - 1) | 2,0 N |
| 64QAM | 1,5 + 1,3 (0,286 N - 1) | 2,9 + 2,7 (0,286 N - 1) | 3,7 + 3,3 (0,286 N - 1) | 2,0 N |
| Примечание — Для всех видов модуляции опорная радиочастота ∆fЕ = 2,5 N, МГц. | | | | |

Если 7 МГц ≤ N, то для расчета опорных радиочастот необходимо использовать таблицу В3.

**Таблица Б.3**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид модуляции | ∆fA, МГц | ∆fB, МГц | ∆fC, МГц | ∆fD, МГц | ∆fЕ, МГц |
| QPSk, 16QAM, 64QAM | 0,4 N | 0,8 N | 1,0 N | 2,0 N | 2,5 N |

# **Библиография**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] | Регламент радиосвязи МСЭ. Том 1. | – Женева, 2004 |
| [2] | ETSI EN 300 328:2019 | Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz band; Harmonised Standard for access to radio spectrum  (Широкополосные системы передачи. Оборудование передачи данных работающее в 2,4 ГГц ISM диапазоне и использующее технологии модуляции с несколькими несущими. Гармонизированный стандарт доступа к радиочастотному спектру) |
| [3] | IEЕЕ Std 802.11ТМ:2016 | IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and Information Exchange between Systems-Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications  Стандарт IEEE для информационных технологий – (Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Локальные и городские сети. Особые требования. Часть 11. Технические требования к протоколу управления доступом к среде (МАС) и физическому уровню (РНУ) |
| [4] | ETSI EN 301 893:2017 | 5 GHz RLAN; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU (RLAN 5 ГГц.  (Гармонизированный стандарт, охватывающий основные требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/ЕС) |
| [5] | ETSl EN 302 502:2017 | Wireless Access Systems (WAS); 5,8 GHz fixed broadband data transmitting systems; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU  (Системы беспроводного доступа (WAS); Системы фиксированной широкополосной передачи данных 5,8 ГГц; Гармонизированный стандарт, охватывающий основные требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/ЕС) |
| [6] | IEЕЕ Std 802.16™:2004 | IEЕЕ Standard for Lосаl and metropolitan area networks. Part 16: Air lnterface for Fixed Broadband Wireless Access Systems  (Стандарт IEЕЕ для локальных и городских сетей. Часть 16: Радиоинтерфейс для фиксированных и мобильных широкополосных сетей беспроводного доступа.) |
| [7] | IEЕЕ Std 802.16e™:2005 and  IEЕЕ Std 802.16™:2004/Cor1-2005 | IEЕЕ Standard for Lосаl and metropolitan area networks. Part 16: Air lnterface for Fixed Broadband Wireless Access Systems. Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1  (Стандарт IEЕЕ для локальных и городских сетей. Часть 16: Радиоинтерфейс для фиксированных и мобильных широкополосных сетей беспроводного доступа. Дополнение 2: Физический уровень и управление доступом к среде для осуществления комбинированной (фиксированной и мобильной) работы в лицензируемых диапазонах радиочастот; Исправление 1) |
| [8] | ЕСС Report 100 | ЕСС Report оn Compatibility studies in the band 3400–3800 MHz between broadband wireless access (BWA) systems and other services. Bern, February 2007  (Отчет ЕСС об исследованиях совместимости в полосе 3400–3800 МГц между системами беспроводного широкополосного доступа (BWA) и другими службами, Берн, февраль 2007 г.) |
| [9] | ETSl TS 301 021:2003 | Fixed radio systems; Point-to-multipoint equipment; Time division multiple access (ТDМА); Point-to-multipoint digital radio systems in frequency bands in the range З GHz to 11 GHz  (Фиксированные радиосистемы; Оборудование многоточечной связи; Множественный доступ с временным разделением каналов (ТDМА); Цифровые радиосистемы топологии «точка – многоточка» диапазона 3–11 ГГц) |
| [10] | ETSl TS 102 021 V1.4.1 (2007-11) | Broadband Radio Access Networks (BRAN); HiperMAN; Physical (РНY) layer  (Сети широкополосного радуюдоступа (BRAN);  HiperMAN; физический уровень (PHY)) |
| [11] | IEЕЕ Std 802.16-2009 | Аiг lnterface for Broadband Wireless Access Systems  (Воздушный интерфейс для широкополосных систем беспроводного доступа) |
| [12] | IEEE 802.11ax-2021 | IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: Enhancements for High-Efficiency WLAN  (Стандарт IEEE для информационных технологий – Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Локальные и городские сети. Особые требования Часть 11: Спецификации управления доступом к среде (MAC) и физическому уровню (PHY) беспроводной локальной сети Поправка 1: Усовершенствования для высокоэффективной беспроводной локальной сети) |
| [13] | ETSI EN 303 687:2023 | 6 GHz WAS/RLAN; Harmonised Standard for access to radio spectrum  (WAS/RLAN 6 ГГц; Гармонизированный стандарт доступа к радиочастотному спектру) |

Директор

ОАО «Гипросвязь» А.Е.Алексеев

Начальник НИИЛ ЭМИ НИИЦ

ОАО «Гипросвязь» Д.В.Демьянюк

Мл. научн. сотр. НИИЛ ЭМИ НИИЦ

ОАО «Гипросвязь» Н.А.Тарабаш