

Александр Константинов

---

# **Методы тестирования радиооборудования сети LTE**

Подробный анализ

Александр Константинов

**Методы тестирования  
радиооборудования  
сети LTE. Подробный анализ**

«Издательские решения»

**Константинов А. С.**

Методы тестирования радиооборудования сети LTE. Подробный анализ / А. С. Константинов — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-44-833011-7

В книге произведён анализ методов тестирования радиооборудования сети LTE с подробным описанием особенностей проведения тестирования. В первой главе описан набор показателей, позволяющих оценивать качество функционирования радиооборудования. Во второй главе произведен подробный анализ типовых параметров и характеристик, проанализированы особенности процессов тестирования и измерений. В третьей главе сделан обзор основных видов контрольно-измерительного оборудования для тестирования.

ISBN 978-5-44-833011-7

© Константинов А. С.  
© Издательские решения

# Содержание

Предисловие	6
1. Обзор и анализ нормативной документации	7
1.1. Обзор нормативной документации	8
1.2. Анализ нормативной документации	13
2. Методы тестирования радиооборудования стандарта LTE	27
2.1. Особенности проведения тестирования радиооборудования базовых станций	28
2.1.1. Особенности настройки базовой станции перед проведением тестирования	29
2.1.2. Особенности проведения тестирования при различных конфигурациях базовых станций	36
Конец ознакомительного фрагмента.	37

**Методы тестирования  
радиооборудования сети LTE  
Подробный анализ**

**Александр Сергеевич Константинов**

© Александр Сергеевич Константинов, 2016

ISBN 978-5-4483-3011-7

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

## Предисловие

Проектирование, создание и тестирование систем мобильной связи (СМС) требуют грамотного анализа происходящих процессов. Помимо того, что характеристики радиоподсистем современных сетей мобильной связи строго определены спецификациями, они также должны удовлетворять требованиям, изложенным в соответствующих нормативно-правовых документах. На современном этапе развития сетей от них требуется не просто наличие самого факта функционирования, но обеспечение наилучшего качества предоставляемых услуг. В связи с этим тестирование радиооборудования и оптимизацию СМС необходимо проводить в течение всего их жизненного цикла. В зависимости от этапа жизненного цикла СМС осуществляются необходимые тестовые испытания, проведению которых предшествуют предварительные испытания на соответствие стандарту. При предварительных испытаниях не обязательно проводить полный набор тестов, указанных в спецификациях: достаточно провести только те тесты, результаты которых в совокупности будут доказывать оптимальность реализованного проекта, обеспечивать надежную работу системы с высоким качеством и соответствие требованиям нормативных документов.

Следует отметить, что публикации на русском языке, посвященные определению и анализу используемых в современной инженерной практике параметров и характеристик радиочастотного оборудования мобильной связи, а также методов тестирования радиоподсистем СМС, крайне немногочисленны.

При написании настоящей книги были поставлены следующие задачи:

- сделать аналитический обзор радиоинтерфейса сети LTE;
- выделить основные тенденции в развитии стандарта LTE;
- с использованием соответствующих нормативных документов сформировать набор показателей, позволяющих всесторонне оценивать качество функционирования радиооборудования стандарта LTE, и привести их краткое описание;
- провести полный анализ методов тестирования радиооборудования стандарта LTE;
- сделать обзор основных видов контрольно-измерительного оборудования, в том числе современных программно-аппаратных комплексов, используемых для тестирования радиоподсистем мобильной связи.

# **1. Обзор и анализ нормативной документации**

## 1.1. Обзор нормативной документации

LTE (Long-Term Evolution) – цифровой стандарт сотовой мобильной связи, сменивший UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). LTE обладает обратной совместимостью со стандартами мобильной связи второго и третьего поколений. Главной особенностью, присущей исключительно LTE, является использование эволюционной системной архитектуры сети (SAE, System Architecture Evolution), схематичное изображение которой приведено на рисунке 1.1.

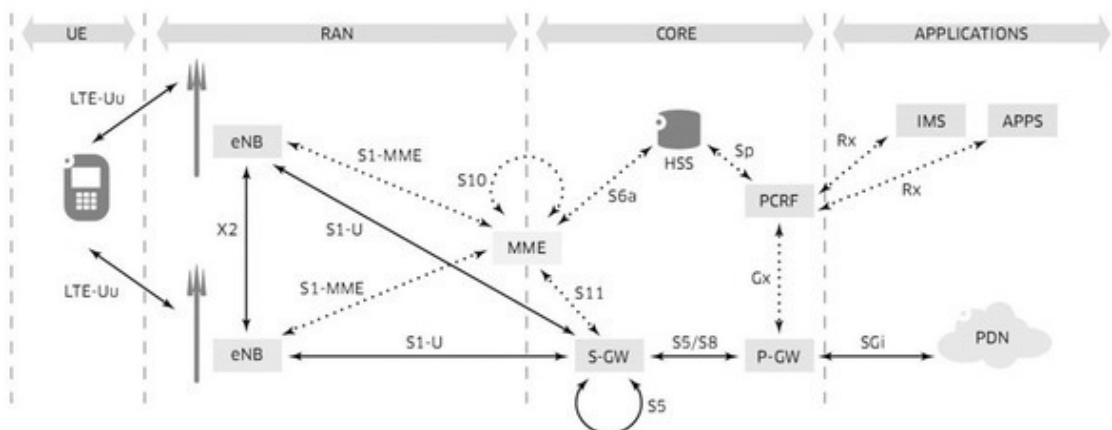


Рисунок 1.1. Архитектура сети LTE

На рисунке 1.1 приведены следующие обозначения:

APPLICATIONS – уровень приложений и услуг, предоставляемых на базе протокола IP (Internet Protocol);

APPS – различные сервисные приложения;

CORE – ядро сети LTE, которое также называется усовершенствованным пакетным ядром (EPC, Evolved Packet Core);

eNB – Evolved Node B, базовая станция сети LTE;

Gx – интерфейс взаимодействия между P-GW и PCRF, предназначенный для передачи правил тарификации от PCRF к шлюзу PDN;

HSS – Home Subscriber Server, сервер хранения абонентских данных;

IMS – IP Multimedia Subsystem, система предоставления мультимедийных услуг;

LTE-Uu – радиointерфейс, посредством которого абонент получает доступ к сети радиодоступа;

MME – Mobility Management Entity, узел управления мобильностью абонентов сети LTE;

PCRF – Policy and Charging Rules Function, узел управления тарификацией и выставления счетов абонентам за оказанные услуги;

PDN – Public Data Network, внешние IP – сети;

P-GW – Public Data Network SAE Gateway, шлюз доступа к сетям других операторов;

S-GW – Serving SAE Gateway, обслуживающий шлюз сети LTE, который предназначен для обработки и маршрутизации пакетных данных, поступающих в подсистему базовых станций или из нее;

RAN – Radio Access Network, сеть радиодоступа;

Rx – интерфейс, посредством которого на узел PCRF передается информация о порядке тарификации за пользование мультимедийными приложениями и сервисами;



S1-MME – интерфейс взаимодействия между базовыми станциями сети LTE и узлом MME;

S1-U – интерфейс взаимодействия между сетью радиодоступа и ядром сети LTE; по нему передаются пользовательские данные;

S5 – интерфейс взаимодействия между различными шлюзами S-GW, либо между шлюзами S-GW и P-GW, предназначенный для передачи пользовательских данных;

S6a – интерфейс взаимодействия между MME и HSS, используемый для передачи данных абонентского профиля, а также осуществления процедур аутентификации в сети LTE;

S8 – интерфейс, аналогичный S5, который используется вместо последнего, если P-GW и S-GW находятся в разных сетях (например, при обслуживании абонента в роуминге);

S10 – интерфейс взаимодействия между различными узлами MME, позволяющий обслуживать абонента при его перемещениях или при нахождении в роуминге;

S11 – интерфейс взаимодействия между узлом MME и шлюзом S-GW;

SGi – интерфейс взаимодействия между P-GW и внешними IP – сетями;

Sp – интерфейс взаимодействия сервера HSS и узла PCRF;

UE – уровень пользователя;

X2 – интерфейс взаимодействия между различными базовыми станциями; базовые станции в сети LTE соединены по принципу «каждый с каждым».

На рисунке 1.1 пунктирными линиями обозначены пути передачи сигнализации, а сплошными – пути передачи пользовательского трафика.

На настоящее время выпущен целый ряд нормативных документов, описывающих все аспекты LTE. Основной вклад в их разработку был внесен консорциумом 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project, основан в декабре 1998 г.), непосредственно определившим стандарт в серии спецификаций восьмой редакции (release 8), полная версия которых была утверждена в марте 2009 года. Дальнейшее развитие стандарта в девятой редакции является незначительным, представляя собой доработку и улучшение предыдущей редакции: введена полная интеграция концепции фемтосот (Home eNB, Home Evolved Node B), в аспекте SON (Self-Organizing Networks) добавлены новые функции оптимизации, в аспекте MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Services) добавлены спецификации для высокоуровневых слоев радиоинтерфейса (Uu, UMTS air interface), добавлен режим передачи с двухуровневым формированием диаграммы направленности (Dual-Layer Beam Forming), расширены услуги, основанные на данных о местоположении абонентской станции (UE, User Equipment), в стандарт добавлены новые полосы частот в диапазонах 800 МГц и 1500 МГц. Полная версия спецификаций девятой редакции была утверждена в марте 2010 г.

Начиная с десятой редакции стандарт LTE претерпел ряд значительных модификаций, и было принято решение с этой редакции называть стандарт LTE-Advanced. Основные отличия LTE-Advanced: добавлена функция объединения несущих (CA, Carrier Aggregation) с целью значительного расширения полосы пропускания, улучшена технология множественного доступа в восходящем канале за счет принятия кластерного SC-FDMA, добавлена возможность координированной передачи/приема CoMP для улучшения качества связи на границе соты, антенные системы базовых станций (БС) MIMO (Multiple Input Multiple Output) стали поддерживать до восьми уровней передачи в нисходящем канале, антенные системы абонентских станций MIMO стали поддерживать до четырех уровней передачи в восходящем канале, стала поддерживаться функция ретрансляции, введена расширенная поддержка гетерогенных сетей HetNet (Heterogeneous Networks). Основной целью введения данных модификаций являлось соответствие требованиям МСЭ (Международный Союз Электросвязи) по скорости передачи данных, допустимой полосе пропускания и спектральной эффективности, определенным для нового поколения мобильной связи 4G. Поставленная цель была достигнута: улучшенный стандарт LTE Advanced, в отличие предыдущих редакций LTE, был

утвержден МСЭ в качестве стандарта связи четвертого поколения в январе 2012 г. На настоящее время утверждены полные версии спецификаций LTE-Advanced одиннадцатой (в марте 2013 г.) и двенадцатой редакций (в марте 2015 г.). В одиннадцатой редакции усовершенствованы технологии объединения несущих, MBMS, SON, CoMP и FeICIC (Further Enhanced Inter-Cell Interference Coordination), усовершенствован канал физического уровня PDCCCH (E-PDCCCH), улучшена поддержка фемтосот, усовершенствован процесс контроля качества обслуживания QoS (Quality of Service), добавлены спецификации, нацеленные на оптимизацию работы батареи абонентской станции и дополнительную защиту сети радиодоступа RAN (Radio Access Network) от перегрузок, улучшено межсетевое взаимодействие с сетями Wi-Fi. В двенадцатой редакции продолжены работы по усовершенствованию стандарта LTE-Advanced, а также появилась возможность объединения несущих парных (FDD, Frequency Division Duplex) и непарных (TDD, Time Division Duplex) участков спектра.

В таблице 1.1 представлены параметры радиоинтерфейса LTE-Advanced.

<b>Максимальная ширина полосы частот</b>	100 МГц (используется технология объединения частотных каналов с шириной 1.4; 3; 5; 10; 15 и 20 МГц)
<b>Технология множественного доступа</b>	В нисходящем направлении: OFDMA; в восходящем направлении: SC-FDMA
<b>Тип дуплекса</b>	FDD/TDD
<b>Виды модуляции</b>	ФМ-4, КАМ-16, КАМ-64
<b>Возможность использования технологии MIMO</b>	В нисходящем направлении: 8x8; в восходящем направлении: 4x4
<b>Метод передачи данных</b>	Коммутация пакетов
<b>Пиковая скорость передачи данных</b>	В нисходящем направлении: 1 Гбит/с; в восходящем направлении: 0.5 Гбит/с
<b>Пиковая спектральная эффективность</b>	В нисходящем направлении: 30 бит/с/Гц; в восходящем направлении: 15 бит/с/Гц

Таблица 1.1. Параметры радиоинтерфейса LTE-Advanced

В таблице 1.2 представлены рабочие полосы частот и соответствующие им частотные диапазоны стандарта LTE двенадцатой редакции (подпункт 5.5 спецификации ETSI TS 136.141). По данным, приведенным в этой таблице, можно сделать вывод о высокой степени гибкости стандарта в этом аспекте.

Номер рабочей полосы частот	Диапазон частот восходящего направления, МГц	Диапазон частот нисходящего направления, МГц	Тип дуплекса
1	1920 - 1980	2110 - 2170	FDD
2	1850 - 1910	1930 - 1990	FDD
3	1710 - 1785	1805 - 1880	FDD
4	1710 - 1755	2110 - 2155	FDD
5	824 - 849	869 - 894	FDD
6 (не применяется)	830 - 840	875 - 885	FDD
7	2500 - 2570	2620 - 2690	FDD
8	880 - 915	925 - 960	FDD
9	1749.9 - 1784.9	1844.9 - 1879.9	FDD
10	1710 - 1770	2110 - 2170	FDD
11	1427.9 - 1447.9	1475.9 - 1495.9	FDD
12	699 - 716	729 - 746	FDD
13	777 - 787	746 - 756	FDD
14	788 - 798	758 - 768	FDD
15 (зарезервирована)	-	-	FDD
16 (зарезервирована)	-	-	FDD
17	704 - 716	734 - 746	FDD
18	815 - 830	860 - 875	FDD
19	830 - 845	875 - 890	FDD
20	832 - 862	791 - 821	FDD
21	1447.9 - 1462.9	1495.9 - 1510.9	FDD
22	3410 - 3490	3510 - 3590	FDD
23	2000 - 2020	2180 - 2200	FDD
24	1626.5 - 1660.5	1525 - 1559	FDD
25	1850 - 1915	1930 - 1995	FDD
26	814 - 849	859 - 894	FDD
27	807 - 824	852 - 869	FDD
28	703 - 748	758 - 803	FDD
29	-	717 - 728	FDD
30 (используется в режиме объединения несущих)	2305 - 2315	2350 - 2360	FDD
31	452.5 - 457.5	462.5 - 467.5	FDD
32 (используется в режиме объединения несущих)	-	1452 - 1496	FDD
33		1900 - 1920	TDD
34		2010 - 2025	TDD
35		1850 - 1910	TDD
36		1930 - 1990	TDD
37		1910 - 1930	TDD
38		2570 - 2620	TDD
39		1880 - 1920	TDD
40		2300 - 2400	TDD
41		2496 - 2690	TDD
42		3400 - 3600	TDD
43		3600 - 3800	TDD
44		703 - 803	TDD

Таблица 1.2. Поддерживаемые диапазоны частот LTE двенадцатой редакции

Технические спецификации вышеуказанных редакций описывают стандарт LTE/LTE-Advanced и публикуются независимо шестью партнерами (Organizational Partners) консорциума 3GPP: ARIB (The Association of Radio Industries and Businesses, Japan), ATIS (The Alliance for Telecommunications Industry Solutions, USA), CCSA (China Communications Standards Association), ETSI (The European Telecommunications Standards Institute), TSDSI (Telecommunications Standards Development Society, India), TTA (Telecommunications Technology Association, Korea) и TTC (Telecommunication Technology Committee, Japan). Опубликованные таким образом документы являются теми же спецификациями 3GPP, но выпущенными в различных форматах. На официальном сайте 3GPP доступной для скачивания является версия спецификаций в формате ETSI. В России стандарт LTE описан в приказах

Минкомсвязи №128, №129 и №130 от 06.06.2011 г. на основе вышеуказанных спецификаций 3GPP.

## 1.2. Анализ нормативной документации

В соответствии с классификацией 3GPP, приведенной в таблице 1.3, технологии радиодоступа LTE-Advanced двенадцатой редакции описаны спецификациями 36-й серии.

Тематика серии	3G и последующие / GSM (редакция 99 и последующие)	GSM (редакция 4 и последующие)	GSM (до редакции 4)
Общая информация	-	-	0 серия
Требования	21 серия	41 серия	1 серия
Аспекты обслуживания ("этап 1")	22 серия	42 серия	2 серия
Техническая реализация ("этап 2")	23 серия	43 серия	3 серия
Протоколы сигнализации ("этап 3"): UE - CN	24 серия	44 серия	4 серия
Радиочастотные (РЧ) аспекты	25 серия	45 серия	5 серия
Кодеки	26 серия	46 серия	6 серия
Данные	27 серия	47 серия (не существует)	7 серия
Протоколы сигнализации ("этап 3"): RSS - CN, OAM&P и Charging	28 серия	48 серия	8 серия
Протоколы сигнализации ("этап 3"): внутри фиксированной сети	29 серия	49 серия	9 серия
Программное управление	30 серия	50 серия	10 серия
Subscriber Identity Module (SIM/ USIM), IC Cards - тестовые спецификации	31 серия	51 серия	11 серия
OAM&P и Charging	32 серия	52 серия	12 серия
Требования доступа и тестовые спецификации	-	13 серия	13 серия
Аспекты безопасности	33 серия	Данные характеристики описаны в различных спецификациях	Данные характеристики описаны в различных спецификациях
UE и (U)SIM тестовые спецификации	34 серия	Данные характеристики описаны в различных спецификациях	11 серия
Алгоритмы безопасности	35 серия	55 серия	-
LTE (Evolved UTRA) и LTE-Advanced технологии радиодоступа	36 серия	-	-
Аспекты технологии множественного радиодоступа	37 серия	-	-

Таблица 1.3. Классификация спецификаций 3GPP

Спецификации любой из серий являются либо техническими спецификациями TS (Technical Specifications), либо техническими отчетами TR (Technical Reports). Технические спецификации определяют стандарт и являются конечным продуктом деятельности 3GPP, в то время как технические отчеты представляют собой рабочие документы на промежуточной стадии разработки. На настоящее время в 36 серию входит более 200 спецификаций, но только

69 из них являются техническими спецификациями. В аспекте тестирования радиооборудования (РО) сети LTE особый интерес представляют следующие технические спецификации: ETSI TS 136.101 (описывает предельно допустимые параметры абонентских станций), ETSI TS 136.508 (описывает исходные условия и тестовые модели, применяемые по умолчанию для тестирования абонентских станций, если в методике не указано другое), ETSI TS 136.521—1 (описывает методы тестирования абонентских станций, является основной спецификацией), ETSI TS 136.104 (описывает предельно допустимые параметры eNB) и ETSI TS 136.141 (описывает исходные условия, тестовые конфигурации, тестовые модели и методы тестирования eNB, является основной спецификацией). Следует отметить, что именно eNB образуют усовершенствованную универсальную наземную подсистему радиодоступа (E-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) сети LTE. Проанализируем поочередно спецификации, относящиеся к eNB, и спецификации, относящиеся к абонентским станциям.

Согласно ETSI TS 136.141 при аттестационных испытаниях eNB следует проверять три типа параметров: радиочастотные характеристики передатчиков, приемников и параметры производительности uplink-каналов (UL-каналов) физического уровня (Physical Layer) радиointерфейса PUSCH (Physical Uplink Shared Channel), PUCCH (Physical Uplink Control Channel) и PRACH (Physical Random Access Channel). К параметрам радиооборудования относятся первые два типа, третий тип относится к сетевым аспектам.

К тестируемым параметрам передатчиков относятся: выходная мощность, динамический диапазон полной мощности, уровень мощности передатчика в выключенном состоянии, время перехода передатчика между состояниями ON/OFF, погрешность частоты, величина вектора ошибки (EVM, Error Vector Magnitude), ошибка выравнивания радиочастотных сигналов по времени, мощность ресурсного элемента опорного символа в нисходящем канале, используемая ширина полосы частот, коэффициент утечки мощности в соседний канал, величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот (band), величина побочных излучений и уровень интермодуляций. Тестируемые параметры, их номинальные значения и величины максимальных погрешностей для каждого вида теста передатчиков указаны в таблице 1.4.



Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.104	Максимально допустимое по ETSI TS 136.141 отклонение от минимальных требований	Примечание
Выходная мощность (ETSI TS 136.141, пп. 6.2)	Максимальная выходная мощность должна оставаться в пределах: при НУ: $\pm 2$ дБм от номинальной мощности, заявленной производителем eNB в дБм; при ЭУ: $\pm 2.5$ дБм от номинальной мощности, заявленной производителем eNB в дБм	$\pm 0.7$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.0$ дБм, $3.0$ ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Погрешности указаны для НУ и ЭУ. Номинальные значения выходной мощности для различных типов eNB указаны в ETSI TS 136.141, пп. 6.2.1. Для eNB, обслуживающих макросоты большого радиуса, верхний предел мощности отсутствует
Динамический диапазон полной мощности (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.2)	Для 1.4 МГц: 7.7 дБ; Для 3 МГц: 11.7 дБ; Для 5 МГц: 13.9 дБ; Для 10 МГц: 16.9 дБ; Для 15 МГц: 18.7 дБ; Для 20 МГц: 20 дБ	$\pm 0.4$ дБ	Имеется в виду разница между максимальным и минимальным уровнями мощности при передаче одного OFDM символа
Уровень мощности передатчика в состоянии OFF (ETSI TS 136.141, пп. 6.4.1)	-85 дБм/МГц	$\pm 2.0$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 2.5$ дБм, $3.0$ ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Имеется в виду состояние, когда передатчик не передает информацию или не осуществляется передача подкадра. Требование применимо только для TDD
Длительность перехода между состояниями ON/OFF (ETSI TS 136.141, пп. 6.4.2)	17 мкс	-	Требование применимо только для TDD
Погрешность частоты (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.1)	$\pm 0.05 \cdot 10^{-6} \cdot f$ , Гц	$\pm 12$ Гц	Требование применимо только для передатчика в состоянии ON. Проверяется при тесте на EVM.
EVM (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.2)	ФМ-4: 17.5 % КАМ-16: 12.5 % КАМ-64: 8 % КАМ-256: 3.5 %	$\pm 1$ %	Требование применимо только для передатчика в состоянии ON.
Погрешность выравнивания РЧ сигналов по времени (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.3)	65 нс	$\pm 25$ нс	Возникает вследствие погрешностей синхронизации кадров РЧ сигналов, поступающих на антенный порт. Требование применимо только для передатчиков, поддерживающей TX Diversity, MIMO, CA и их комбинации.

Таблица 1.4. Тестируемые параметры передатчиков eNB

Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.104	Максимально допустимое по ETSI TS 136.141 отклонение от минимальных требований	Примечание
Мощность ресурсного элемента опорного символа в нисходящем канале (DL RS power) (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.4)	$\pm 2.1$ дБ	$\pm 0.8$ дБ, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.1$ дБ, $3.0$ ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Требование применимо только для передатчика в состоянии ON. Минимальные требования относятся к максимально допустимой разнице между значением, измеренным на антенном коннекторе eNB, и абсолютным значением, определенным на канале DL-SCH
Используемая ширина полосы частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.1)	1.4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц	Для 1.4 МГц и 3 МГц: 30 кГц; Для 5 МГц и 10 МГц: 100 кГц; Для 15 МГц, $\geq 20$ МГц: 300 кГц	В ней находится 99 % энергии сигнала
Коэффициент утечки мощности в соседний канал (Adjacent Channel Leakage power Ratio, ACLR) (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.2)	45 дБ	$\pm 0.8$ дБ;	Вычисляется как отношение средних значений излучаемой мощности, определенных с использованием измерительного фильтра на центральных частотах рабочего и соседнего каналов. Указаны требования для ACLR и совокупного значения ACLR
Величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.3)	Зависят от типа eNB, от ширины полосы частот, от частоты отстройки и от полосы измерения	$\pm 1.5$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.8$ дБм, $3.0$ ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Конкретные значения указаны в пп. 6.6.3.5
Величина побочных излучений (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.4.5)	Зависят от типа eNB, от частотного диапазона, от ширины полосы частот и от полосы измерения. Минимальные требования для сосуществования с БС других стандартов зависят от рабочей полосы и от стандарта соседней БС	-	Конкретные значения указаны в пп. 6.6.4.5
Уровень ослабления интермодуляционных составляющих на выходе передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.7)	30 дБ	-	Указана разница между уровнями мощности полезного сигнала и помехи

Продолжение таблицы 1.4. Тестируемые параметры передатчиков eNB

К тестируемым параметрам приемников относятся: эталонная чувствительность, динамический диапазон, внутриканальная избирательность, избирательность по соседнему каналу (ACS, Adjacent Channel Selectivity), уровень блокирования, уровень паразитных излучений и уровень интермодуляций нелинейных элементов приемника. Тестируемые параметры, их номинальные значения и величины максимальных погрешностей для каждого вида теста приемников указаны в таблице 1.5.



Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.104	Максимально допустимое по ETSI TS 136.141 отклонение от минимальных требований	Примечание
Эталонная чувствительность (P <sub>ref</sub> sens) (ETSI TS 136.141, пп. 7.2)	Для 1.4 МГц: -106.8 дБм; Для 3 МГц: -103.0 дБм; Для 5 МГц: -101.5 дБм; Для 10 МГц: -101.5 дБм; Для 15 МГц: -101.5 дБм; Для 20 МГц: -101.5 дБм	$\pm 0.7$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц;  $\pm 1.0$ дБм, $3.0$ ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Эталонная чувствительность определяется как минимальный уровень сигнала на входе антенны, при котором пропускная способность (ПП) должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала
Динамический диапазон (ETSI TS 136.141, пп. 7.3)	Уровень средней мощности полезного сигнала для eNB большого радиуса действия:  Для 1.4 МГц: -76.3 дБм; Для 3 МГц: -72.4 дБм; Для 5 МГц: -70.2 дБм; Для 10 МГц: -70.2 дБм; Для 15 МГц: -70.2 дБм; Для 20 МГц: -70.2 дБм	$\pm 0.3$ дБм	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала
Внутриканальная избирательность (ETSI TS 136.141, пп. 7.4)	Уровень средней мощности полезного сигнала для eNB большого радиуса действия:  Для 1.4 МГц: -106.9 дБм; Для 3 МГц: -102.1 дБм; Для 5 МГц: -100.0 дБм; Для 10 МГц: -98.5 дБм; Для 15 МГц: -98.5 дБм; Для 20 МГц: -98.5 дБм	$\pm 1.4$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц;  $\pm 1.8$ дБм, $3.0$ ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала
Избирательность по соседнему каналу (ETSI TS 136.141, пп. 7.5)	Уровень средней мощности полезного сигнала для eNB большого радиуса действия: Для 1.4 МГц: (P <sub>ref</sub> sens + 11 дБм); Для 3 МГц: (P <sub>ref</sub> sens + 8 дБм); Для 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц: (P <sub>ref</sub> sens + 6 дБм)	-	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала

Таблица 1.5. Тестируемые параметры приемников eNB

Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.104	Максимально допустимое по ETSI TS 136.141 отклонение от минимальных требований	Примечание
Блокирование (ETSI TS 136.141, пп. 7.6)	Минимальные требования для базовых станций большого, среднего и локального радиусов действия: <u>Внутриполосное и узкополосное блокирование, помеха является модулированным сигналом:</u> Уровень полезного сигнала: (P <sub>ref</sub> + 6 дБм); <u>Внеполосное блокирование, помеха является монотонным сигналом:</u> Уровень полезного сигнала: (P <sub>ref</sub> + 6 дБм)	-	Имеются в виду нелинейные искажения принимаемого сигнала, возникающие по причине воздействия сильной помехи на частоте, отличной от побочного канала приема или соседних каналов, и приводящие к снижению чувствительности приемника. Пропускная способность должна быть $\geq 95\%$ максимальной пропускной способности канала
Уровень паразитных излучений (ETSI TS 136.141, пп. 7.7)	$30 \text{ МГц} \leq \text{физл} < 1 \text{ ГГц}$ : -57 дБм для полосы измерения 100 кГц;  $\text{физл} \geq 1 \text{ ГГц}$ : -47 дБм для полосы измерения 1 МГц	-	Для базовых станций, работающих в режиме FDD с использованием общего приемно-передающего антенного порта, данный параметр не тестируется, вместо этого производится тестирование передатчика на уровень побочных излучений
Уровень интермодуляций (ETSI TS 136.141, пп. 7.8)	Уровень полезного сигнала: (P <sub>ref</sub> + 6 дБм);  Уровень монотонного мешающего сигнала: -52 дБм;  Уровень модулированного мешающего сигнала: -52 дБм	-	Пропускная способность должна быть $\geq 95\%$ максимальной пропускной способности канала

Продолжение таблицы 1.5. Тестируемые параметры приемников eNB

Согласно ETSI TS 136.521—1 при аттестационных испытаниях абонентских станций следует проверять следующие параметры: радиочастотные характеристики передатчиков, приемников, параметры производительности downlink-каналов физического уровня радиointерфейса Uu PD SCH (Physical Downlink Shared Channel), PCFICH (Physical Control Format Indicator Channel), PDCCH (Physical Downlink Control Channel), PHICH (Physical Hybrid ARQ Indicator Channel), PBCH (Physical Broadcast Channel), EPDCCH (Evolved PDCCH), индикаторы состояния канала CQI (Channel Quality Indicator), индикаторы выбора прекодирующей матрицы PMI (Precoding Matrix Indicator), индикаторы приоритетности (ранга) RI (Rank Indicator) и параметры производительности мультимедийных сервисов MBMS. Необходимо отметить, что описанию тестирования радиооборудования отведен значительно меньший объем документа. Большая часть описывает сетевые процедуры, связанные с необходимостью осуществления полномасштабной обратной связи относительно eNB посредством сигнализации абонентских станций, значение которой трудно переоценить, однако далее будут рассмотрены только первые два проверяемых пункта, относящиеся к передатчикам и приемникам, как имеющие непосредственное отношение к тестированию радиооборудования.

К тестируемым параметрам передатчиков абонентских станций относятся: выходная мощность, предел снижения мощности (MPR, Maximum Power Reduction; снижение максимальной выходной мощности происходит при переходе на более высокий порядок модуля-

ции и/или при увеличении числа ресурсных блоков), точность настройки выходной мощности (учитывается параметр MPR), минимальная выходная мощность, уровень мощности передатчика в состоянии OFF, уровни мощности временной маски, точность управления выходной мощностью, погрешность частоты, величина вектора ошибки, утечка мощности несущей, внутриполосные излучения нераспределенных ресурсных блоков, EVM-коррекция плоскостности спектра (определяется при помощи корректировочных коэффициентов, полученных в ходе измерения EVM), используемая ширина полосы частот, спектральная маска, коэффициент утечки мощности в соседний канал, величина побочных излучений, уровень интермодуляций и ошибка времени выравнивания (TAE, Time Alignment Error).

Следует отметить, что структура спецификации ETSI TS 136.521—1 содержит дополнительные разделы, описывающие методику тестирования параметров мощности передатчиков для HPUE (High Power UE; имеются в виду все типы абонентских станций класса мощности 1, определенные в спецификациях, начиная с редакции 10). Также следует отметить, что присутствует разделение методик тестирования всех параметров передатчиков (за одним исключением) для абонентских станций, абонентских станций, использующих CA, и абонентских станций, использующих UL-MIMO. Исключение – ошибка времени выравнивания (методика тестирования данного параметра приведена исключительно для абонентских станций, использующих UL-MIMO). Тестируемые параметры, их номинальные значения и величины максимальных погрешностей для каждого вида теста передатчиков указаны в таблице 1.6.

Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.101	Максимально допустимое по ETSI TS 136.521-1 отклонение от минимальных требований	Примечание
Выходная мощность (P <sub>out</sub> ) (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.2.2)	Для класса мощности 3: (23 ± 2.0) дБм, f ≤ 3.0 ГГц; (23 + 2.0/-3.0) дБм, 3.0 ГГц < f ≤ 4.2 ГГц Для класса мощности 1: (31 + 2.0/-3.0) дБм, f ≤ 3.0 ГГц Для прочих классов: FFS	±0.7 дБм, f ≤ 3.0 ГГц; ±1.0 дБм, 3.0 ГГц < f ≤ 4.2 ГГц	Измерения производятся за период не менее одного подкадра (1 мс)
Предел снижения мощности (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.2.3)	Зависит от вида модуляции (см. ETSI TS 136.521-1, табл. 6.2.3-1). В общем случае для классов мощности 3 и 1: MPR ≤ 1 дБм; При КАМ-16 для классов мощности 3 и 1: MPR ≤ 2 дБм; Для прочих классов: FFS	±0.7 дБм, f ≤ 3.0 ГГц; ±1.0 дБм, 3.0 ГГц < f ≤ 4.2 ГГц	Оценка предела снижения мощности для каждого подкадра производится по максимальному значению из определенных для каждого слота пары слотов, составляющей подкадр
Точность настройки выходной мощности (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.2.5)	Для класса мощности 3: 21 дБм ≤ P <sub>out</sub> ≤ (23 ± 2) дБм 20 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (21 ± 2.5) дБм 19 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (20 ± 3.5) дБм 18 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (19 ± 4) дБм 13 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (18 ± 5) дБм 8 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (13 ± 6) дБм -40 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (8 ± 7) дБм Для класса мощности 1: 23 дБм < P <sub>out</sub> ≤ (33 ± 2) дБм 21 дБм ≤ P <sub>out</sub> ≤ (23 ± 2) дБм 20 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (21 ± 2.5) дБм 19 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (20 ± 3.5) дБм 18 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (19 ± 4) дБм 13 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (18 ± 5) дБм 8 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (13 ± 6) дБм -40 дБм ≤ P <sub>out</sub> < (8 ± 7) дБм Для прочих классов: FFS	±0.7 дБм, f ≤ 3.0 ГГц; ±1.0 дБм, 3.0 ГГц < f ≤ 4.2 ГГц	Расчет производится по формулам, приведенным в ETSI TS 136.521-1, пп. 6.2.5.3
Минимальная выходная мощность (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.2)	-40 дБм	±1.0 дБм, f ≤ 3.0 ГГц; ±1.3 дБм, 3.0 ГГц < f ≤ 4.2 ГГц	Данный параметр определяется как средняя минимальная мощность за период одного подкадра (1 мс)

Таблица 1.6. Тестируемые параметры передатчиков абонентских станций



Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.101	Максимально допустимое по ETSI TS 136.521-1 отклонение от минимальных требований	Примечание
Уровень мощности передатчика в состоянии OFF (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.3)	-50 дБм	$\pm 1.5$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.8$ дБм, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	Методика тестирования описана в ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.4
Уровни мощности временной маски (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.4.1)	Уровень мощности передачи в состоянии ON зависит от тестовых параметров, минимальные требования составляют: $\pm 6$ дБм	-	Уровни мощности временной маски должны соответствовать требованиям ETSI TS 136.101, пп. 6.3.4.1
Максимально допустимое отклонение абсолютной мощности (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.5.1)	Для классов мощности 3 и 1: При НУ: $\pm 9$ дБм При ЭУ: $\pm 12$ дБм Для прочих классов: FFS	$\pm 1.0$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.4$ дБм, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	-
Максимально допустимое отклонение относительной мощности (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.5.2)	$\Delta P_{out} < 2$ дБ: $\pm 2.5$ дБ; $2 \text{ дБ} \leq \Delta P_{out} < 3$ дБ: $\pm 3.0$ дБ; $3 \text{ дБ} \leq \Delta P_{out} < 4$ дБ: $\pm 3.5$ дБ; $4 \text{ дБ} \leq \Delta P_{out} < 10$ дБ: $\pm 4.0$ дБ; $10 \text{ дБ} \leq \Delta P_{out} < 15$ дБ: $\pm 5.0$ дБ; $\Delta P_{out} \geq 15$ дБ: $\pm 6.0$ дБ	$\pm 0.7$ дБ	Имеется в виду способность передатчика UE точно перестроить выходную мощность целевого подкадра относительно опорного подкадра. $\Delta P_{out}$ – отношение мощности целевого подкадра к мощности опорного подкадра

Продолжение таблицы 1.6. Тестируемые параметры передатчиков абонентских станций

Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.101	Максимально допустимое по ETSI TS 136.521-1 отклонение от минимальных требований	Примечание
Максимально допустимое отклонение совокупной мощности (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.3.5.3)	Максимально допустимое отклонение совокупной мощности несущих информацию подкадров в течение периода 21 мс: PUSCH: $\pm 2.5$ дБм PUSCH: $\pm 3.5$ дБм	$\pm 0.7$ дБм	-
Погрешность частоты (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.5.1)	$\pm 0.1 \cdot 10^{-6} \cdot f$ , Гц	$\pm 15$ Гц	Требование применимо только для передатчика в состоянии ON
Величина вектора ошибки (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.5.2.1)	ФМ-2: 17.5 % ФМ-4: 17.5 % КАМ-16: 12.5 %	$\pm 2.5$ %	Требование применимо только для передатчика в состоянии ON
Утечка мощности несущей (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.5.2.2)	-25 дБн, $P_{out} > 0$ дБм; -20 дБн, $-30 \text{ дБм} \leq P_{out} \leq 0 \text{ дБм}$ ; -10 дБн, $-40 \text{ дБм} \leq P_{out} \leq -30 \text{ дБм}$	$\pm 0.8$ дБ	Имеется ввиду изначальное отклонение мощности синфазной и квадратурной составляющих
Внутриполосные излучения нераспределенных ресурсных блоков (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.5.2.3)	-30 дБ	$\pm 0.8$ дБ	Для каждого оцениваемого ресурсного блока требование рассчитывается дополнительно в ETSI TS 136.101, пп. 6.5.2.3.1
EVM-коррекция плоскостности спектра (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.5.2.4)	При НУ (пиковая разница): Для диапазона 1: 4 дБ; Для диапазона 2: 8 дБ; При ЭУ (пиковая разница): Для диапазона 1: 4 дБ; Для диапазона 2: 12 дБ	$\pm 1.4$ дБ	Формулы расчета частотных диапазонов приведены в ETSI TS 136.521-1, пп. 6.5.2.4.3
Используемая ширина полосы частот (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.6.1)	1.4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц	Для 1.4 МГц и 3 МГц: 30 кГц; Для 5 МГц и 10 МГц: 100 кГц; Для 15 МГц и 20 МГц: 300 кГц	В полосе частот находится 99 % энергии сигнала

Продолжение таблицы 1.6. Тестируемые параметры передатчиков абонентских станций

Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.101	Максимально допустимое по ETSI TS 136.521-1 отклонение от минимальных требований	Примечание
Спектральная маска (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.6.2.1)	1.4 МГц: -10 дБм / 30 кГц От -25 дБм до -10 дБм / 1 МГц 3 МГц: -13 дБм / 30 кГц От -25 дБм до -10 дБм / 1 МГц 5 МГц: -15 дБм / 30 кГц От -25 дБм до -10 дБм / 1 МГц 10 МГц: -18 дБм / 30 кГц От -25 дБм до -10 дБм / 1 МГц 15 МГц: -20 дБм / 30 кГц От -25 дБм до -10 дБм / 1 МГц 20 МГц: -21 дБм / 30 кГц От -25 дБм до -10 дБм / 1 МГц	$\pm 1.5$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.8$ дБм, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	В случаях, когда используется сигнализация сети "NS_03", "NS_04", "NS_06", "NS_07", "NS_11", "NS_20" или "NS_21", должны выполняться дополнительные требования, указанные в пп. 6.6.2.2 спецификации ETSI TS 136.521-1 (пп. 6.6.2.2 спецификации ETSI TS 136.101)
Коэффициент утечки мощности в соседний канал (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.6.2.3)	30 дБ	$\pm 0.8$ дБ	Если мощность соседнего канала больше -50 дБм, то ACLR должен быть выше указанных значений
Величина побочных излучений (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.6.3.1)	9 кГц $\leq f < 150$ кГц: -36 дБм / 1 кГц 150 кГц $\leq f < 30$ МГц: -36 дБм / 10 кГц 30 МГц $\leq f < 1$ ГГц: -36 дБм / 100 кГц 1 ГГц $\leq f < 12.75$ ГГц: -30 дБм / 1 МГц 12.75 ГГц $\leq f < 19$ ГГц: -30 дБм / 1 МГц	$\pm 2.0$ дБм, 9.0 кГц $< f \leq 4.0$ ГГц; $\pm 4.0$ дБм, 4.0 ГГц $< f \leq 19.0$ ГГц	-
Уровень интермодуляций (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.7)	-29 дБн для ПП и смещения частоты сигнала помехи: 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц; -35 дБн для ПП и смещения частоты сигнала помехи: 10 МГц, 20 МГц, 30 МГц, 40 МГц	$\pm 2.6$ дБ, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 3.6$ дБ, 3.0 ГГц $< f \leq 4.2$ ГГц	Уровень монотонного сигнала помехи для всех случаев должен составлять -40 дБн
Ошибка времени выравнивания для UL-MIMO (ETSI TS 136.521-1, пп. 6.8B)	130 нс	$\pm 25$ нс	Превышение допустимого уровня ТАЕ приводит к временной рассинхронизации

Продолжение таблицы 1.6. Тестируемые параметры передатчиков абонентских станций

К тестируемым параметрам приемников абонентских станций относятся: эталонная чувствительность, максимальный уровень входного сигнала, избирательность по соседнему каналу, уровень блокирования, паразитный отклик (уровень паразитных составляющих), уровень интермодуляций и уровень паразитных излучений.

Следует отметить, что структура спецификации ETSI TS 136.521—1 содержит разделение методик тестирования параметров приемников (за одним исключением) для абонентских станций, абонентских станций, использующих СА, и абонентских станций, использующих UL-MIMO. Исключение – уровень паразитных излучений: методика тестирования данного параметра представлена без разделений. Тестируемые параметры, их номинальные значения и величины максимальных погрешностей для каждого вида теста приемников абонентских станций указаны в таблице 1.7.



Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.101	Максимально допустимое по ETSI TS 136.521-1 отклонение от минимальных требований	Примечание
Эталонная чувствительность (Prefsens-ue) (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.3)	Для ГП 1.4 МГц: -102.2 дБм; -103.2 дБм; -105.2 дБм; -106.2 дБм; Для ГП 3 МГц: -99.2 дБм; -100.2 дБм; -102.2 дБм; Для ГП 5 МГц: -97 дБм; -98 дБм; -98.5 дБм; -99 дБм; -100 дБм; Для ГП 10 МГц: -94 дБм; -95 дБм; -95.5 дБм; -96 дБм; -97 дБм; Для ГП 15 МГц: -92.2 дБм; -93.2 дБм; -93.7 дБм; -94.2 дБм; -95.2 дБм; Для ГП 20 МГц: -91 дБм; -92 дБм; -93 дБм; -94 дБм	$\pm 0.7$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц;  $\pm 1.0$ дБм, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала. Таблица соответствия данных полосам частот приведена в ETSI TS 136.521-1, табл. 7.3.1-1
Максимальный уровень входного сигнала (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.4)	-25 дБм	Для нисходящего направления: $\pm 0.7$ дБм, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.0$ дБм, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала
Избирательность по соседнему каналу (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.5)	Для 1.4 МГц, 3 МГц, 5 МГц и 10 МГц: 33 дБ; Для 15 МГц: 30 дБ; Для 20 МГц: 27 дБ	Для нисходящего направления: $\pm 1.1$ дБ, $f \leq 3.0$ ГГц; $\pm 1.5$ дБ, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала
Блокирование (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.6)	Уровень полезного сигнала (дБм): Для 1.4 МГц: Prefsens-ue + 6 дБм; Для 3 МГц: Prefsens-ue + 6 дБм; Для 5 МГц: Prefsens-ue + 6 дБм; Для 10 МГц: Prefsens-ue + 6 дБм; Для 15 МГц: Prefsens-ue + 7 дБм; Для 20 МГц: Prefsens-ue + 9 дБм; <u>Внутриполосное блокирование, помеха является модулированным сигналом:</u> Уровень помехи: -56 дБм или -44 дБм для двух случаев смещения частоты сигнала помехи (формулы указаны в ETSI TS 136.101, табл. 7.6.1.1-2); <u>Внеполосное блокирование, помеха является монотонным сигналом:</u> Уровень помехи: -44 дБм, -30 дБм или -15 дБм для трех случаев смещения частоты сигнала помехи (формулы указаны в ETSI TS 136.101, табл. 7.6.2.1-2); <u>Узкополосное блокирование, помеха является монотонным сигналом:</u> Уровень помехи: -55 дБм	Для восходящего направления:  0 дБм/-3.4 дБм, $f \leq 3.0$ ГГц;  0 дБм/-4 дБм, $3.0 \text{ ГГц} < f \leq 4.2 \text{ ГГц}$	Пропускная способность должна быть $\geq 95$ % максимальной пропускной способности канала

Таблица 1.7. Тестируемые параметры приемников абонентских станций



Тестируемый параметр	Минимальные требования по ETSI TS 136.101	Максимально допустимое по ETSI TS 136.521-1 отклонение от минимальных требований	Примечание
Паразитный отклик (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.7)	<p>Уровень полезного сигнала (дБм):</p> <p>Для 1.4 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 6 дБм;</p> <p>Для 3 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 6 дБм;</p> <p>Для 5 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 6 дБм;</p> <p>Для 10 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 6 дБм;</p> <p>Для 15 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 7 дБм;</p> <p>Для 20 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 9 дБм;</p> <p>Уровень монотонной помехи: -44 дБм</p>	<p>Для восходящего направления:</p> <p>0 дБм/-3.4 дБм, <math>f \leq 3.0</math> ГГц;</p> <p>0 дБм/-4 дБм, <math>3.0 \text{ ГГц} &lt; f \leq 4.2 \text{ ГГц}</math></p>	<p>Данный параметр показывает способность принимать полезный сигнал на назначенной канальной частоте без превышения заданного уровня деградации, возникающей из-за присутствия сигнала монотонной помехи на любой другой частоте, который также вызывает отклик приемника (т.е. для которого требование для пропускной способности, указанное для тестирования на внеполосные излучения в пп. 7.6.2, не выполняется).</p> <p>Пропускная способность должна быть <math>\geq 95</math> % максимальной пропускной способности канала</p>
Уровень интермодуляций (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.8)	<p>Уровень полезного сигнала (дБм):</p> <p>Для 1.4 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 12 дБм;</p> <p>Для 3 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 8 дБм;</p> <p>Для 5 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 6 дБм;</p> <p>Для 10 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 6 дБм;</p> <p>Для 15 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 7 дБм;</p> <p>Для 20 МГц: P<sub>refsens-ue</sub> + 9 дБм;</p> <p>Уровни монотонного и модулированного мешающих сигналов: -46 дБм</p>	<p>Для восходящего направления:</p> <p>0 дБм/-3.4 дБм, <math>f \leq 3.0</math> ГГц;</p> <p>0 дБм/-4 дБм, <math>3.0 \text{ ГГц} &lt; f \leq 4.2 \text{ ГГц}</math></p>	<p>Характеристики помех указаны в ETSI TS 136.101, пп. 7.8.1.</p> <p>Пропускная способность должна быть <math>\geq 95</math> % максимальной пропускной способности канала</p>
Уровень паразитных излучений (ETSI TS 136.521-1, пп. 7.9)	<p><math>30 \text{ МГц} \leq f_{\text{изл}} &lt; 1 \text{ ГГц}</math>: -57 дБм / 100 кГц</p> <p><math>1 \text{ ГГц} \leq f_{\text{изл}} \leq 19 \text{ ГГц}</math>: -47 дБм / 1 МГц</p>	-	<p>В качестве испытательного оборудования рекомендовано использовать анализатор спектра (анализатор сигналов)</p>

Продолжение таблицы 1.7. Тестируемые параметры приемников абонентских станций

Для оценки того или иного параметра необходимо использовать значение максимально допустимого отклонения применительно к значению, указанному в минимальных требованиях, с целью обеспечения более мягких условий теста. При тестировании радиооборудования сети LTE крайне важно ориентироваться на основные спецификации, разработанные 3GPP, поскольку производные документы (приказы министерства связи, правила эксплуатации и т.п.) часто выпускаются в сокращенном виде, содержат неточности перевода и имеют совершенно другую структуру описания, что делает данные документы непригодными для использования в качестве методики тестирования. Например, в приказах министерства связи, относящихся к абонентским станциям LTE, параметр эталонной чувствительности приемников опи-

сан в сокращении, а значения указаны уже с учетом допусков тестирования без пояснений. Таким образом, инженеру, взявшему данный документ с намерением протестировать приемники абонентских станций LTE, невозможно будет понять, какие допуски считать приемлемыми.

Важно отметить, что стандарт LTE, взявший название LTE-Advanced с редакции 10, является «живым», развивающимся на настоящее время стандартом мобильной связи. Наряду с выпускаемой редакцией уже ведутся работы над последующей редакцией, а между утверждениями окончательных версий предыдущей и последующей редакций редко проходит более полутора лет. Поэтому довольно часто можно наблюдать в спецификациях отсутствие требований к ряду параметров, которые должны быть определены, например, для дополнительных рабочих полос частот. В таких случаях указывается «FFS», «For Further Study», что означает «для дальнейших исследований».

Как можно видеть по приведенным выше основным различиям редакций с 8 по 12, с каждым выпуском очередной редакции редко добавляется что-то принципиально новое. Большая часть усовершенствований касается уже существующих технологий, что говорит о большом потенциале развития стандарта.

## **2. Методы тестирования радиооборудования стандарта LTE**

## **2.1. Особенности проведения тестирования радиооборудования базовых станций**

Методы тестирования параметров радиооборудования, приведенные в соответствующих спецификациях, не предполагают определения особенностей проведения тестирования какого-либо параметра, вследствие чего в процессе тестирования им может быть уделено недостаточное внимание и допущены соответствующие ошибки. Целью анализа, произведенного в настоящей главе, является определение особенностей тестирования всех параметров радиооборудования базовых и абонентских станций стандарта LTE и выделение их в отдельные подпункты, представляющие собой логические блоки с подробным описанием.

### **2.1.1. Особенности настройки базовой станции перед проведением тестирования**

Для возможности проведения конформного тестирования базовой станции требуются заявления производителя, включающие описания поддерживаемых рабочих полос частот и частотных диапазонов в них соответственно, поддерживаемых значений ширины полосы частот одного радиоканала, класса мощности базовой станции и номинальных значений выходной мощности для каждого из поддерживаемых значений ширины полосы частот одного радиоканала, категории побочных излучений передатчиков, соответствия дополнительным требованиям к величине нежелательных излучений в рабочей полосе частот в случае, если базовая станция предназначена для работы в регионах, предъявляющих данные требования, особенностей совместной работы и размещения с базовыми станциями других стандартов, а также дополнительные описания характеристик для определения поддерживаемых радиочастотных конфигураций. Согласно пп. 4.6.8 спецификации ETSI TS 136.141, к таким характеристикам относятся: возможность проведения различных операций с несмежными участками спектра частот (если такие операции не поддерживаются, то не требуется описание прочих характеристик для подобных операций), поддерживаемые рабочие полосы частот из списка в пп. 5.5 спецификации ETSI TS 136.141 и поддерживаемые в них частотные диапазоны соответственно, максимальное значение ширины полосы частот в каждой рабочей полосе частот при работе со смежными и несмежными участками спектра частот соответственно, поддерживаемые рабочие конфигурации для данной рабочей полосы частот (возможность работы с несколькими несущими, использования функции объединения несущих и/или работы с одной несущей частотой), поддерживаемые комбинации компонентов несущей частоты при номинальном разном числе каналов для данной рабочей полосы частот, номинальное значение выходной мощности для одной несущей при проведении различных операций со смежными и несмежными участками спектра частот, номинальное значение полной выходной мощности (совокупно для всех несущих) при проведении различных операций со смежными и несмежными участками спектра частот, а также максимальное число поддерживаемых несущих в данной рабочей полосе частот. Если номинальное значение полной выходной мощности не соответствует максимальному числу поддерживаемых несущих в какой-либо рабочей полосе частот, то для таких полос частот требуется дополнительно указать, насколько сокращается число несущих при номинальном значении полной выходной мощности, и насколько сокращается данное значение при использовании максимального числа поддерживаемых несущих. Перечисленные характеристики применимы к базовым станциям, поддерживающим работу в одной рабочей полосе частот. Для базовых станций, поддерживающих работу в нескольких рабочих полосах частот, помимо указанных характеристик, которые должны применяться к каждой из поддерживаемых рабочих полос частот, требуется описание следующих дополнительных характеристик: поддерживаемые комбинации рабочих полос частот, поддерживаемые рабочие полосы частот для каждого антенного коннектора, поддержка работы с несколькими рабочими полосами частот соответствующих передатчиков и приемников с указанием подключаемых к ним антенных коннекторов, полное число несущих для поддерживаемых комбинаций рабочих полос частот, максимальное число несущих для каждой рабочей полосы частот при проведении различных операций с несколькими полосами частот, значение полной ширины полосы частот передатчика и приемника для поддерживаемых комбинаций рабочих полос частот, максимальное значение ширины полосы частот для каждой поддерживаемой рабочей полосы частот при проведении различных операций с несколькими полосами частот, максимальная пропускная способность в режиме передачи и приема для поддерживаемых комбинаций рабочих полос частот, полная выходная мощность суммарно для всех поддерживаемых рабочих полос частот

при использовании поддерживаемых комбинаций таких полос частот, максимальная поддерживаемая разностная мощность между любыми двумя несущими в любых двух различных поддерживаемых рабочих полосах частот, номинальное значение выходной мощности для одной несущей при проведении различных операций с несколькими полосами частот, номинальное значение полной выходной мощности для каждой поддерживаемой рабочей полосы частот при проведении различных операций с несколькими полосами частот, а также любые ограничения каких-либо одновременных операций для поддерживаемых комбинаций рабочих полос частот, которые могут иметь значение при выборе тестовой конфигурации как для базовых станций, работающих в режиме FDD, так и для базовых станций, работающих в режиме TDD.

При анализе методов тестирования параметров радиооборудования базовых станций следует учитывать, что некоторые требования, приведенные в ETSI TS 136.141, могут применяться только в определенных регионах, либо должны учитывать дополнительные условия, введенные соответствующим регулирующим органом. В пп. 4.3 данной спецификации описаны все подобные требования. Данные требования касаются следующих параметров: рабочие диапазоны частот, полоса частот одного радиоканала, положение радиоканала в рабочем диапазоне частот, максимальная выходная мощность базовой станции, величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот и побочные излучения.

Перед проведением тестирования любого параметра требуется задать режим работы базовой станции с одной несущей (SC, Single Carrier) или несколькими (MC, Multi – Carrier). Режим работы с несколькими несущими делится на режимы с использованием функции объединения несущих (особенности нумерации рабочих полос частот при объединении несущих приведены в пп. 5.5 спецификации ETSI TS 136.141) и без такового. Режим работы с несколькими несущими предусматривает необходимость выбора соответствующей тестовой конфигурации (ETC, E-UTRA Test Configuration). Выбор тестовой конфигурации должен производиться, исходя из определения в соответствии с пп. 4.6.8 спецификации ETSI TS 136.141 поддерживаемых радиочастотных конфигураций. В пп. 4.10 указанной спецификации определено 5 тестовых конфигураций для режимов работы с несколькими несущими и/или с использованием функции объединения несущих. ETC1 применяется при работе со смежными участками спектра частот при проведении тестирования всех параметров радиооборудования базовых станций без использования функции объединения несущих. При тестировании параметров приемников с использованием ETC1, необходимо для каждой поддерживаемой рабочей полосы частот обеспечить генерацию тестовым оборудованием двух крайних несущих в рабочем спектре частот. ETC2 применяется при работе со смежными участками спектра частот при проведении тестирования с использованием функции объединения несущих. ETC3 применяется при работе с несмежными участками спектра частот при проведении тестирования всех параметров радиооборудования базовых станций без использования функции объединения несущих. При тестировании параметров приемников с использованием ETC3, необходимо для каждого поддерживаемого частотного подблока обеспечить генерацию тестовым оборудованием двух крайних несущих в рабочем спектре частот. ETC4 применяется при работе с несколькими полосами частот для проверки аспектов эксплуатации, связанных с использованием максимального поддерживаемого числа несущих. ETC5 применяется при работе с несколькими полосами частот для проверки аспектов эксплуатации, связанных с использованием сокращенного числа несущих при высокой спектральной плотности мощности на несущую (PSD, Power Spectral Density). Методика сборки и рекомендации по настройке каждой тестовой конфигурации соответственно приведены в пп. 4.10 спецификации ETSI TS 136.141. Применимость тестовых конфигураций для тестирования параметров радиооборудования базовых станций описана в таблицах 2.1, 2.2 и 2.3.

Тестируемый параметр	Используемая тестовая конфигурация
Выходная мощность (ETSI TS 136.141, пп. 6.2)	ETC1
Управление динамическим диапазоном мощности ресурсного элемента (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.1)	Тестируется вместе с параметром EVM
Динамический диапазон полной мощности (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.2)	SC
Уровни мощности передатчика БС в режиме TDD в состояниях ON/OFF (ETSI TS 136.141, пп. 6.4)	ETC1
Погрешность частоты (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.1)	Тестируется вместе с параметром EVM
EVM (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.2)	ETC1
Погрешность выравнивания РЧ сигналов по времени (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.3)	ETC1
Мощность ресурсного элемента опорного символа в нисходящем канале (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.4)	SC
Занимаемая полоса частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.1)	SC, ETC2
ACLR (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.2)	ETC1
Величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.3)	ETC1
Величина побочных излучений передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.4)	ETC1
Уровень ослабления интермодуляционных составляющих на выходе передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.7)	ETC1
Эталонная чувствительность (ETSI TS 136.141, пп. 7.2)	SC
Динамический диапазон (ETSI TS 136.141, пп. 7.3)	SC
Внутриканальная избирательность (ETSI TS 136.141, пп. 7.4)	SC
ACS (ETSI TS 136.141, пп. 7.5)	ETC1
Блокирование (ETSI TS 136.141, пп. 7.6)	ETC1
Уровень паразитных излучений (ETSI TS 136.141, пп. 7.7)	ETC1
Уровень интермодуляций (ETSI TS 136.141, пп. 7.8)	ETC1

Таблица 2.1. Применимость тестовых конфигураций для тестирования параметров радиооборудования базовых станций, поддерживающих режим работы с несколькими несущими и/или с использованием функции объединения несущих и выполнение различных операций со смежными участками спектра частот только в одной рабочей полосе частот



Тестируемый параметр	Тестовая конфигурация, используемая для БС, поддерживающих работу со смежными и несмежными участками спектра частот с одинаковыми параметрами	Тестовая конфигурация, используемая для БС, поддерживающих работу со смежными и несмежными участками спектра частот с различными параметрами
Выходная мощность (ETSI TS 136.141, пп. 6.2)	ETC1	ETC1, ETC3
Управление динамическим диапазоном мощности ресурсного элемента (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.1)	Тестируется вместе с параметром EVM	Тестируется вместе с параметром EVM
Динамический диапазон полной мощности (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.2)	SC	SC
Уровни мощности передатчика БС в режиме TDD в состояниях ON/OFF (ETSI TS 136.141, пп. 6.4)	ETC1	ETC1, ETC3
Погрешность частоты (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.1)	Тестируется вместе с параметром EVM	Тестируется вместе с параметром EVM
EVM (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.2)	ETC1	ETC1, ETC3
Погрешность выравнивания РЧ сигналов по времени (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.3)	ETC1	ETC1, ETC3
Мощность ресурсного элемента опорного символа в нисходящем канале (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.4)	SC	SC
Занимаемая полоса частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.1)	SC, ETC2	SC, ETC2
ACLR (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.2)	ETC3	ETC1, ETC3
Совокупное значение ACLR в несмежных участках спектра частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.2.6)	ETC3	ETC3
Величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.3)	ETC1, ETC3	ETC1, ETC3
Величина побочных излучений передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.4)	ETC3	ETC1, ETC3
Уровень ослабления интермодуляционных составляющих на выходе передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.7)	ETC3	ETC1, ETC3
Эталонная чувствительность (ETSI TS 136.141, пп. 7.2)	SC	SC
Динамический диапазон (ETSI TS 136.141, пп. 7.3)	SC	SC
Внутриканальная избирательность (ETSI TS 136.141, пп. 7.4)	SC	SC
ACS (ETSI TS 136.141, пп. 7.5)	ETC3	ETC1, ETC3
Блокирование (ETSI TS 136.141, пп. 7.6)	ETC3	ETC1, ETC3
Уровень паразитных излучений (ETSI TS 136.141, пп. 7.7)	ETC3	ETC1, ETC3
Уровень интермодуляций (ETSI TS 136.141, пп. 7.8)	ETC3	ETC1, ETC3

Таблица 2.2. Применимость тестовых конфигураций для тестирования параметров радиооборудования базовых станций, поддерживающих режим работы с несколькими несущими и/или с использованием функции объединения несущих и выполнение различных операций со смежными и несмежными участками спектра частот в одной рабочей полосе частот



Тестируемый параметр	Тестовая конфигурация, используемая для БС, поддерживающих работу с несколькими полосами частот на общем антенном коннекторе	Тестовая конфигурация, используемая для БС, поддерживающих работу с несколькими полосами частот на отдельных антенных коннекторах
Выходная мощность (ETSI TS 136.141, пп. 6.2)	ETC1 и/или ETC3, ETC4	ETC1 и/или ETC3, ETC4
Управление динамическим диапазоном мощности ресурсного элемента (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.1)	Тестируется вместе с параметром EVM	Тестируется вместе с параметром EVM
Динамический диапазон полной мощности (ETSI TS 136.141, пп. 6.3.2)	SC	SC
Уровни мощности передатчика БС в режиме TDD в состояниях ON/OFF (ETSI TS 136.141, пп. 6.4)	ETC4	ETC4
Погрешность частоты (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.1)	Тестируется вместе с параметром EVM	Тестируется вместе с параметром EVM
EVM (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.2)	ETC1 и/или ETC3, ETC4	ETC1 и/или ETC3, ETC4
Погрешность выравнивания РЧ сигналов по времени (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.3)	ETC1 и/или ETC3, ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Мощность ресурсного элемента опорного символа в нисходящем канале (ETSI TS 136.141, пп. 6.5.4)	SC	SC
Занимаемая полоса частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.1)	SC, ETC2	SC, ETC2
ACLR (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.2)	ETC1 и/или ETC3, ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Совокупное значение ACLR в несмежных участках спектра частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.2.6)	ETC3, ETC5	ETC3
Величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.3)	ETC1 и/или ETC3, ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Величина побочных излучений передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.6.4)	ETC1 и/или ETC3, ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Уровень ослабления интермодуляционных составляющих на выходе передатчика (ETSI TS 136.141, пп. 6.7)	ETC1 и/или ETC3	ETC1 и/или ETC3
Эталонная чувствительность (ETSI TS 136.141, пп. 7.2)	SC	SC
Динамический диапазон (ETSI TS 136.141, пп. 7.3)	SC	SC
Внутриканальная избирательность (ETSI TS 136.141, пп. 7.4)	SC	SC
ACS (ETSI TS 136.141, пп. 7.5)	ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Блокирование (ETSI TS 136.141, пп. 7.6)	ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Уровень паразитных излучений (ETSI TS 136.141, пп. 7.7)	ETC1 и/или ETC3, ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5
Уровень интермодуляций (ETSI TS 136.141, пп. 7.8)	ETC5	ETC1 и/или ETC3, ETC5

Таблица 2.3. Применимость тестовых конфигураций для тестирования параметров радиооборудования базовых станций, поддерживающих работу с несколькими полосами частот

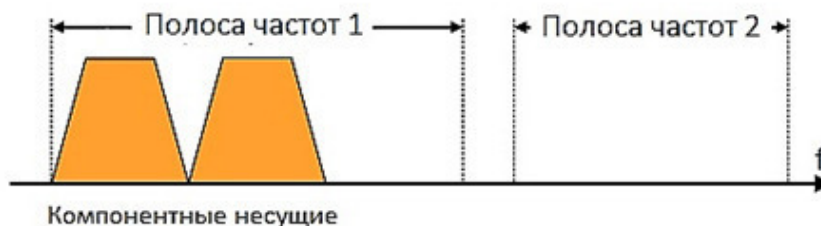
Примечание к таблицам 2.1 и 2.2: ETC2 применима только при поддержке режима работы с использованием функции объединения несущих и выполнении различных операций со смежными участками спектра частот.

Примечания к таблице 2.3: ETC1 и/или ETC3 должны применяться для каждой поддерживаемой рабочей полосы частот в соответствии с таблицами 2.1 и 2.2; ETC5 применяется только при поддержке режима работы с использованием функции объединения несущих и выполнении различных операций между рабочими полосами частот; ETC2 применима только при поддержке режима работы с использованием функции объединения несущих и выполнении различных операций со смежными участками спектра частот; ETC5 может применяться только для различных участков радиочастотного диапазона, из которых состоит

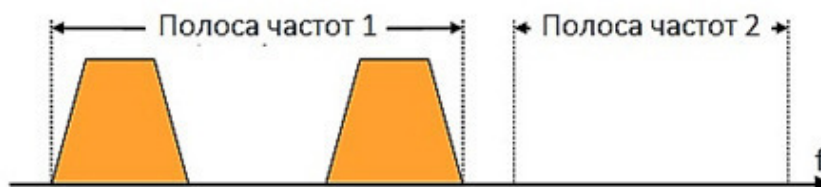
полоса частот заданной ширины; тестовая конфигурация, предусматривающая режим работы с одной несущей (SC), применяется к каждому антенному коннектору при операциях как с несколькими, так и с одной рабочей полосой частот (в последнем случае прочие антенные коннекторы должны быть отключены); ETC5 применима для тестирования приемника только в режиме работы с несколькими полосами частот.

На рисунке 2.1 представлены возможные варианты использования функции объединения несущих.

#### Объединение несущих смежных участков одной полосы частот



#### Объединение несущих несмежных участков одной полосы частот



#### Объединение несущих различных полос частот



Рисунок 2.1. Допустимые варианты использования функции объединения несущих

В пп. 6.1 спецификации ETSI TS 136.141 определены численные значения параметров физических каналов базовых станций (работающих как в режиме FDD, так и в режиме TDD соответственно), которые должны быть заданы перед началом тестирования при любой тестовой конфигурации. Данные параметры описываются тестовыми моделями (E-TM, E-UTRA Test Models). Каждая тестовая модель предназначена для тестирования определенной группы параметров передатчиков базовых станций. Установка мощности физических каналов относительно уровня мощности опорного символа должна производиться при максимальной погрешности  $\pm 0.5$  дБ. В таблице 2.4 представлено соответствие групп параметров базовых станций тестовым моделям. Все E-TM должны соответствовать следующим обязательным условиям: тестовая модель определена для одного антенного порта, 1 кодового слова, 1 уровня, не предусматривает использование прекодирования, если не определено иное; кадр состоит из 10 подкадров (10 мс); используется нормальный циклический префикс; виртуальные ресурсные блоки локализованного типа, для канала PDSCH нет скачков в пределах подкадра; специальные опорные сигналы для абонентских станций не используются.

Группа параметров передатчиков базовых станций	Используемая тестовая модель
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Выходная мощность;</li> <li>- Занимаемая полоса частот;</li> <li>- Коэффициент утечки мощности в соседний канал;</li> <li>- Величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот;</li> <li>- Величина побочных излучений передатчика;</li> <li>- Уровень ослабления интермодуляционных составляющих на выходе передатчика;</li> <li>- Мощность ресурсного элемента опорного символа в нисходящем канале (DL RS power)</li> </ul>	E-TM1.1
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Коэффициент утечки мощности в соседний канал;</li> <li>- Величина нежелательных излучений в рабочей полосе частот</li> </ul>	E-TM1.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Динамический диапазон полной мощности (для КАМ-64; при минимальной мощности);</li> <li>- Величина вектора ошибки одного физического ресурсного блока (для КАМ-64; при минимальной мощности);</li> <li>- Погрешность частоты (при минимальной мощности)</li> </ul>	E-TM2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Динамический диапазон полной мощности (для КАМ-256; при минимальной мощности);</li> <li>- Величина вектора ошибки одного физического ресурсного блока (для КАМ-256; при минимальной мощности);</li> <li>- Погрешность частоты (при минимальной мощности)</li> </ul>	E-TM2a
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Динамический диапазон полной мощности (для КАМ-64; при максимальной мощности);</li> <li>- Величина вектора ошибки одного физического ресурсного блока (для КАМ-64; при максимальной мощности);</li> <li>- Погрешность частоты</li> </ul>	E-TM3.1
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Динамический диапазон полной мощности (для КАМ-256; при максимальной мощности);</li> <li>- Величина вектора ошибки одного физического ресурсного блока (для КАМ-256; при максимальной мощности);</li> <li>- Погрешность частоты</li> </ul>	E-TM3.1a
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Величина вектора ошибки одного физического ресурсного блока (для КАМ-16);</li> <li>- Погрешность частоты</li> </ul>	E-TM3.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Величина вектора ошибки одного физического ресурсного блока (для ФМ-4);</li> <li>- Погрешность частоты</li> </ul>	E-TM3.3

Таблица 2.4. Тестовые модели

Тестовые модели E-TM1.1 и E-TM1.2 отличаются значениями временных идентификаторов радиосети в зависимости от атрибутов физических ресурсных блоков. Зависимость приведена в таблице 6.1.2.8—1 пп. 6.1.2.8 спецификации ETSI TS 136.141.



## **2.1.2. Особенности проведения тестирования при различных конфигурациях базовых станций**

В пп. 4.5 спецификации ETSI TS 136.141 соответственно определены особенности измерений значений параметров радиооборудования с учетом различных конфигураций передатчиков и приемников базовых станций, различных конфигураций питания, наличия дополнительных устройств и использования антенных решеток для формирования направленных лучей (beamforming). Если в описании теста конкретного параметра передатчика не указано иное, снимать показания измерений следует с ближнего тестового порта, который должен быть расположен на антенном коннекторе базовой станции. Под ближним тестовым портом понимается выход радиочастотного блока, соединенный коаксиальным кабелем со входом антенной панели. При использовании любых дополнительных устройств, например, внешнего усилителя мощности, внешних фильтров, либо их комбинаций, следует снимать показания измерений с дальнего тестового порта, расположенного на антенном коннекторе. Под дальним тестовым портом понимается выход ближайшего к антенной панели внешнего радиочастотного устройства, который соединяется коаксиальным кабелем со входом антенной панели. Часто производители размещают несколько антенных коннекторов на радиочастотном блоке. В этом случае требуется снимать показания всех измерений на каждом из коннекторов, если производитель не заявил, что все коннекторы являются эквивалентными по параметрам. Если такое заявление присутствует, то допускается производить все замеры при использовании только одного коннектора. Если в описании теста конкретного параметра приемника не указано иное, снимать показания измерений следует с ближнего тестового порта, который должен быть расположен на антенном коннекторе базовой станции. Под ближним тестовым портом понимается вход радиочастотного блока, соединенный коаксиальным кабелем с выходом антенной панели. При использовании любых дополнительных устройств, например, внешнего малошумящего усилителя, внешних фильтров, либо их комбинаций, следует снимать показания измерений с дальнего тестового порта, расположенного на антенном коннекторе. Под дальним тестовым портом понимается вход ближайшего к антенной панели внешнего радиочастотного устройства, который соединяется коаксиальным кабелем с выходом антенной панели. Относительно наличия нескольких антенных коннекторов на радиочастотном блоке даны указания, аналогичные тестированию параметров передатчика, но есть исключение. Для приемников базовых станций, работающих в нескольких диапазонах частот, съем показаний измерений избирательности по соседнему каналу, блокирования и уровня интермодуляций при воздействии помех с заданными характеристиками должен производиться на каждом антенном коннекторе, задействованном для приема полезного сигнала, но при использовании в процессе тестирования только одной антенны одновременно. В процессе съема показаний измерений с каждого такого коннектора прочие антенные коннекторы должны быть отключены.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.