O‘z DSt 2821 :2014

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Совместимость технических средств электромагнитная

УСТОЙЧИВОСТЬ К РАДИОЧАСТОТНОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Требования и методы испытаний

Издание официальное

Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации

Ташкент

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным унитарным предприятием Центр научно-технических и маркетинговых исследований – «UNICON.UZ» (ГУП «UNICON.UZ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации в сфере связи, информатизации и телекоммуникационных технологий № 7

3 УТВЕРЖДЕН постановлением Узбекского агентства стандартизации, метрологии и сертификации (агентство «Узстандарт») от 16.04.2014 № 05-539

4 Настоящий стандарт разработан с учетом требований ГОСТ 30804.4.3-2002 (МЭК 61000-4-3:1995) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний» и международного стандарта IEC 61000-4-3:2006/Amd.1:2007, Amd.1:2010 Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-3: Testing and measurement techniques. Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test (Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4. Методы испытаний и измерений. Раздел 3. Испытания на устойчивость к излучаемому радиочастотному электромагнитному полю)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории Республики Узбекистан публикуется в указателе, издаваемом агентством «Узстандарт». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе, издаваемом Агентством «Узстандарт»

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории Узбекистана принадлежит агентству «Узстандарт»

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI YOZIY ETISH BO'LIMI

Содержание

1 Область применения.....1

2 Нормативная ссылка.....2

3 Общие положения.....2

4 Термины и определения.....3

5 Степени жесткости испытаний.....6

6 Испытательное оборудование.....8

7 Рабочее место для испытаний.....23

8 Методы испытаний.....25

9 Оценка результатов испытаний.....27

10 Протокол испытаний.....28

Приложение А (справочное) Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний..... 30

Приложение В (справочное) Выбор методов испытаний.....34

Приложение С (справочное) Обоснование выбора модуляции при испытаниях, относящихся к устойчивости ТС в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов.....35

Приложение D (справочное) Сведения о цифровых радиотелефонах.....44

Приложение Е (справочное) Излучающие антенны.....49

Приложение F(справочное) Использование безэховых камер.....50

Приложение G (обязательное) Альтернативный метод облучения для частот свыше 1 GHz (метод независимых окон).....53

Приложение Н (справочное) Влияние нелинейности усилителя и примеры выполнения процедуры аттестации испытательного поля в соответствии с 6.2.....56

Приложение J (справочное) Методы измерений зондов электрических полей.....62

Приложение К (справочное) Измерение неопределенности при проведении испытаний измерительных приборов.....80

Библиография.....86

O'ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI ...ORIY ETISH BOSHQARMASI

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Техник воситаларнинг электромагнит мослашуви

РАДИОЧАСТОТА ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОНИГА ЧИДАМЛИЛИК
Талаблар ва синов усуллари

Совместимость технических средств электромагнитная

УСТОЙЧИВОСТЬ К РАДИОЧАСТОТНОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ
Требования и методы испытаний

Electromagnetic compatibility of technical equipment
Radiated, radio-frequency, electromagnetic
field immunity
Requirements and test methods

Дата введения 25.04.2019
с момента регистрации

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия и оборудование (далее - технические средства) и устанавливает требования и методы испытаний технических средств на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю.

Целью настоящего стандарта является установление общих методов оценки качества функционирования технических средств при воздействии на них радиочастотных электромагнитных полей.

Стандарт рассматривает вопросы испытаний на помехоустойчивость в связи с задачами общего характера. Особое внимание уделяется устойчивости технических средств в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств на частотах от 800 MHz до 6 GHz.

Примечание - Методы испытаний, установленные в настоящем стандарте, применяют для оценки эффектов воздействия электромагнитного излучения на технические средства конкретного вида. Моделирование и измерение параметров электромагнитного излучения не обеспечивают достаточной точности для количественного определения указанных эффектов. Установленные методы испытаний предназначены, в первую очередь, для обеспечения достаточной воспроизводимости результатов, полученных с использованием различных средств испытаний, при качественном анализе эффектов.

Издание официальное

O'ZSTANDART AGENTLIGI
9314 son bilan
«16» 04 2019 yilda
Davlat ro'yxatiga olindi

Настоящий стандарт не устанавливает испытаний, применяемых для технических средств конкретного вида. Его главной задачей является обеспечение всех заинтересованных технических комитетов по стандартизации, разрабатывающих стандарты на продукцию, общими ссылочными данными. Технические комитеты по стандартизации (или изготовители технических средств) несут ответственность за выбор видов и степеней жесткости испытаний, применяемых для технических средств.

Степени жесткости испытаний на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю в определенной полосе (полосах) частот и методы испытаний устанавливают в стандартах на технические средства конкретного вида и в технической документации на технические средства в соответствии с настоящим стандартом.

При установлении требований к техническим средствам по устойчивости к радиочастотному электромагнитному полю настоящий стандарт применяют совместно со стандартом [1].

Требования настоящего стандарта являются обязательными.

2 Нормативная ссылка

В настоящем стандарте использована ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ 30372-95 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (и классификаторов) на территории Узбекистана по соответствующему указателю стандартов (классификаторов), составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Общие положения

Большинство технических средств эксплуатируют в условиях воздействия на них электромагнитных излучений. Эти электромагнитные излучения часто создаются стационарными радио и телевизионными передатчиками, радиопередатчиками подвижных объектов, портативными приемопередатчиками, применяемыми персоналом, эксплуатирующим технические средства, и службами безопасности, а также различными промышленными, научными, медицинскими и бытовыми источниками излучений (далее - источники излучений общего применения).

В настоящее время значительно увеличилось использование радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств, действующих

O‘ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI ...

на частотах от 800 MHz до 6 GHz. Эти устройства во многих случаях используют методы модуляции с непостоянной огибающей.

Кроме электромагнитной энергии, генерируемой намеренно, на технические средства также воздействуют паразитные излучения, создаваемые такими источниками, как сварочное оборудование, тиристорные регуляторы, люминесцентные источники света, переключатели, коммутирующие индуктивные нагрузки и т.д. Воздействие данных излучений на технические средства проявляется, как правило, в виде кондуктивных помех. Методы, используемые для предотвращения влияния на технические средства радиочастотных электромагнитных полей, будут, как правило, также уменьшать эффекты воздействия паразитных излучений указанных выше источников.

Электромагнитная обстановка определяется напряженностью электромагнитного поля (напряженностью поля в вольтах на метр). Следует учитывать, что для измерения напряженности поля необходимо применение сложных измерительных приборов, а расчеты напряженности поля затруднены из-за влияния окружающих предметов или близости других технических средств, которые будут искажать и/или отражать электромагнитные волны.

4 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют термины по ГОСТ 30372, а также следующие термины с соответствующими определениями:

4.1 **амплитудная модуляция:** Процесс, при котором амплитуда несущего сигнала изменяется по определенному закону.

4.2 **антенна:** Преобразователь, который либо излучает электромагнитную энергию источника сигнала в пространство, либо воспринимает распространяющееся электромагнитное поле, преобразовывая его в электрический сигнал.

4.3 **безэховая камера:** Экранированное помещение, покрытое радиочастотным поглощающим материалом для уменьшения отражений от внутренних поверхностей.

4.4 **валидация**: Подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены.

4.5 **изотропный:** Имеющий одинаковые свойства применительно ко всем направлениям.

4.6 **коэффициент стоячей волны по напряжению;** КСВН: Отношение наибольшего значения амплитуды напряженности электрического или магнитного поля стоячей волны в линии передачи к наименьшему.

4.7 **максимальное среднеквадратическое значение:** Наибольшее кратковременное среднеквадратическое значение напряжения модулированного радиочастотного сигнала на интервале наблюдения, равном одно-

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

му периоду модулирующего сигнала. Кратковременное среднеквадратическое значение определяется дискретно в каждом периоде несущей частоты.

4.8 **метод полного облучения:** Метод облучения испытуемого ТС (ИТС), при котором лицевая сторона ИТС полностью покрыта плоскостью однородного поля. Метод полного облучения применяют на всех частотах испытаний.

4.9 **метод частичного облучения:** Метод облучения ИТС с использованием плоскости однородного поля минимальными размерами 1,5×1,5 m, при котором лицевая сторона ИТС не покрыта полностью плоскостью однородного поля. Метод частичного облучения применяют на всех частотах испытаний.

4.10 **метод независимых окон:** Метод облучения ИТС с использованием плоскости однородного поля размерами 0,5×0,5 m, при котором лицевая сторона ИТС не покрыта полностью плоскостью однородного поля. Метод независимых окон применяют на частотах свыше 1 GHz.

4.11 **модифицированная полубезэховая камера:** Полубезэховая камера с дополнительным поглощающим электромагнитные волны материалом, установленным на пластине заземления.

4.12 **модуляция с непостоянной огибающей:** Модуляция, при которой амплитуда несущего сигнала незначительно изменяется в течение интервала времени, сравнимого с периодом несущего сигнала. Примерами являются амплитудная модуляция и TDMA.

4.13 **напряженность поля:** Применяется только к измерениям, выполненным в дальней зоне. При этом может быть измерена либо электрическая, либо магнитная компонента поля и результаты измерений могут быть выражены в V/m или A/m, причем каждая из указанных величин может быть преобразована в другую.

Примечание - Для измерений, выполняемых в ближней зоне, термины «напряженность электрического поля» или «напряженность магнитного поля» применяют в зависимости от проведенных измерений результирующего электрического или магнитного поля. В указанной зоне соотношение между напряженностью электрического и магнитного полей и расстоянием является сложным и трудным для прогнозирования, вследствие зависимости от конфигурации объектов.

4.14 **непрерывные электромагнитные волны:** Электромагнитные волны, последовательные колебания которых являются идентичными при неизменных условиях и которые могут прерываться или подвергаться модуляции для переноса информации.

4.15 **перестройка частоты:** Непрерывное или шаговое изменение частоты в определенной полосе частот.

4.16 **поле ближней зоны:** Преобладающее электрическое и/или магнитное поле, существующее на расстоянии $d < \lambda / 2\pi$, где λ - длина волны при условии, что физические размеры источника намного меньше, чем расстояние d.

4.17 **поле дальней зоны:** Область, в которой плотность потока энергии излучения приблизительно обратно пропорциональна квадрату рас-

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

стояния от антенны. Для дипольной антенны это соответствует расстоянию, большему $\lambda/2\pi$, где λ - длина волны излучения.

4.18 **полоса частот:** Непрерывная область частот, заключенная между двумя пределами.

4.19 **полностью безэховая камера:** Экранированное помещение, внутренние поверхности которого полностью покрыты поглощающим электромагнитные волны материалом.

4.20 **полубезэховая камера:** Экранированная камера, внутренние поверхности которой покрыты поглощающим электромагнитные волны материалом, за исключением пола (пластины заземления), который должен отражать электромагнитные волны.

4.21 **поляризация:** Ориентация вектора электрического поля излучаемого электромагнитного поля.

4.22 **помехоэмиссия:** Побочные излучения. Паразитные излучения (за исключением внеполосных), которые возникают в передатчике в результате нелинейных преобразований, не связанных с процессом модуляции сигнала.

4.23 **приемопередатчик:** Комбинация радиопередающего и радиоприемного оборудования в общем корпусе.

4.24 **симметрирующее устройство:** Устройство для преобразования несимметричного напряжения в симметричное и наоборот.

4.25 **техническое средство** (ТС), **установленное на теле человека**: Средство, предназначенное для применения в условиях, когда оно прикреплено к телу человека. Данное определение включает ТС, которые при эксплуатации держат в руках или носят с собой (например, карманные устройства), а также медицинские ТС жизнеобеспечения и имплантанты.

4.26 **экранированное помещение:** Экранированное или имеющее металлические внутренние поверхности помещение, сконструированное специально для отделения внутренней электромагнитной обстановки от внешней в целях предотвращения ухудшения качества функционирования ТС при воздействии внешних полей и ослабления электромагнитных излучений от ТС во внешнее пространство.

4.27 **электромагнитные волны:** Процесс распространения взаимосвязанных друг с другом электрического и магнитного полей, сопровождающийся переносом электромагнитной энергии.

4.28 **множественный доступ с временным разделением;** TDMA: Вид передачи с временным разделением каналов, при котором несколько каналов передаются с использованием одного несущего сигнала определенной частоты. Каждый канал занимает установленный промежуток времени, в течение которого информация, при ее наличии в канале, передается с помощью высокочастотных импульсов. Если информация в канале отсутствует, импульсы не передаются, т.е. огибающая несущего сигнала не является постоянной. В течение длительности импульса амплитуда посто-

O'ZBEKISTON AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
O'QITISH BO'LIMLARINASI

янна и высокочастотный несущий сигнал модулирован по частоте или фазе.

5 Степени жесткости испытаний

Номенклатура степеней жесткости испытаний приведена в таблице 1 для полос частот от 800 до 960 MHz и от 1,4 до 6 GHz.

Таблица 1 – Степени жесткости испытаний, относящиеся к защите от излучений источников общего применения, цифровых радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств

Степень жесткости испытаний	Напряженность испытательного поля, V/m (dB относительно 1 μV/m)
1	1 (120)
2	3 (130)
3	10 (140)
4	30 (150)
x*	Специальная
* Открытая степень жесткости испытаний, которая может быть установлена в стандартах на ТС конкретного вида и в технической документации на ТС.	

При установлении требований помехоустойчивости ТС конкретного вида в отдельных участках полосы частот испытаний могут быть применены различные степени жесткости испытаний. Технические комитеты по стандартизации, разрабатывающие стандарты на продукцию, должны установить общую полосу частот испытаний, а также применяемые степени жесткости испытаний для участков полосы частот.

Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний приведены в приложении А.

В таблице 1 регламентирована напряженность поля немодулированного сигнала.

5.1 Степени жесткости испытаний, относящиеся к задачам общего характера

При испытаниях ТС указанный сигнал должен быть модулирован по амплитуде при глубине модуляции 80 % синусоидальным сигналом частотой 1 kHz для того, чтобы воспроизвести реальные условия воздействия помех (рисунок 1). Методы испытаний детально изложены в разделе 8. Полоса частот составляет от 80 до 1000 MHz.

Примечания

1 Техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на ТС конкретного вида, требования и методы испытаний, регламентированные настоящим стандартом и

O'ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

стандартом [1] могут быть установлены для частот ниже и выше 80 MHz соответственно (приложение В).

2 Техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на ТС конкретного вида, могут быть установлены альтернативные схемы модуляции.

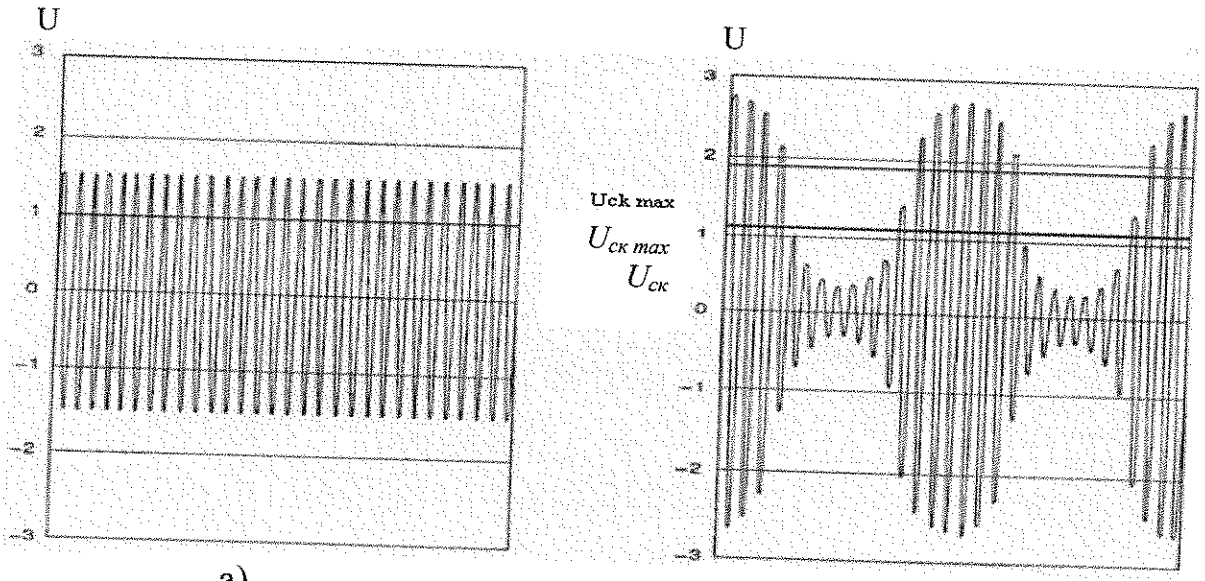
3 Методы испытаний ТС на устойчивость к излучаемой электромагнитной энергии установлены также в стандарте [1]. Указанный стандарт охватывает частоты ниже 80 MHz.

4 Погрешность установки напряженности испытательного поля не должна превышать ± 4 dB.

Например, для радиочастотного сигнала, приведенного на рисунке 1b, максимальное среднеквадратическое значение $U_{ск\ max}$ составляет:

$$U_{ск\ max} = U_п /(2\sqrt{2}) = 1{,}8\ V, \quad (1)$$

где: $U_п$ – пиковое значение напряжения.



a) b)

a) - немодулированный радиочастотный сигнал (амплитудное значение напряжения Ua = 1, 4 V, среднеквадратическое значение напряжения $U_{ск}$ = 1 V);

b) - модулированный радиочастотный сигнал при глубине модуляции 80 % ($U_{ск}$ = 1,12 V, пиковое значение напряжения $U_п$ = 2,54 V, максимальное среднеквадратическое значение напряжения $U_{ск\ max}$= 1,8 V)

Рисунок 1 - Определение степени жесткости испытаний и формы колебаний на выходе генератора сигналов

5.2 Степени жесткости испытаний, относящиеся к устойчивости ТС в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов

При испытаниях, как правило, проводят в полосах частот от 800 до 960 MHz и от 1,4 до 6 GHz.

Частоты или участки частот, выбираемые для испытаний ТС, ограничивают с учетом рабочих частот действующих подвижных радиотеле-

* ESTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

фонов и других радиочастотных источников излучений. Допускается проведение испытаний не во всей полосе частот от 1,4 до 6 GHz. При установлении требований помехоустойчивости ТС конкретного вида в отдельных участках полос частот испытаний могут быть применены различные степени жесткости испытаний.

Если ТС должно соответствовать только требованиям помехоустойчивости, установленным в определенной стране, то полоса частот от 1,4 до 6 GHz, в которой проводятся испытания, может быть уменьшена и ограничена конкретными значениями полос частот, выделенных для цифровых радиотелефонов в указанной стране. В этом случае решение о проведении испытаний в полосе частот, превышающей выделенную полосу, должно быть отражено в протоколе испытаний.

Примечания

1 В приложении С приведены обоснования решения об использовании модуляции синусоидальным сигналом при испытаниях, относящихся к устойчивости ТС в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов.

2 Рекомендации по выбору степени жесткости испытаний изложены в приложении А.

3 Полосы частот измерений, приведенные в таблице 1, представляют собой полосы частот, которые в целом выделены для цифровых радиотелефонов в приложении D.

4 На частотах свыше 800 MHz опасность нарушения функционирования ТС при воздействии электромагнитных полей связана, главным образом, с радиотелефонными системами и другими источниками намеренного излучения, имеющими мощность, эквивалентную мощности радиотелефонных систем. Другие системы, работающие на частотах свыше 800 MHz, например локальные сети, использующие радиосредства на частотах 2,4 GHz или выше, имеют в основном крайне малую мощность (как правило, менее 100 mW) и поэтому маловероятно, чтобы они вызывали серьезные проблемы.

5 Погрешность установки напряженности испытательного поля не должна превышать ± 4 dB.

6 Испытательное оборудование

Для испытаний ТС на устойчивость к радиочастотному полю рекомендуются следующие средства испытаний:

- безэховая камера, размеры которой должны обеспечить достаточную область однородного поля применительно к ИТС. Для подавления отражений в полубезэховых камерах могут быть применены дополнительные поглощающие материалы;

Примечания

1 Альтернативные методы создания испытательных полей включают применение: ТЕМ-камер и симметричных полосковых линий; экранированных помещений, не покрытых поглощающим материалом; экранированных помещений, частично покрытых поглощающим материалом; открытых испытательных площадок. Указанные устройства могут иметь ограничения в части размеров ТС, которые могут быть испытаны в однородном поле, полосы частот или уровней радиопомех. Условия испытаний с применением альтернативных методов создания полей должны быть эквивалентны условиям испытаний в безэховых камерах.

2 Альтернативная процедура проверки камеры приведены в приложении J.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
MAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

- помехоподавляющие фильтры, которые не должны вызывать резонансных явлений в соединительных линиях;

- генератор(ы) радиочастотных сигналов, обеспечивающий перекрытие полосы частот, представляющей интерес, и амплитудную модуляцию сигнала синусоидальным напряжением частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %. Генератор(ы) должен иметь возможность перестройки частоты в автоматическом режиме со скоростью не более $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ dek/s. В случае применения радиочастотных синтезаторов должна быть обеспечена программируемая шаговая перестройка частоты с установлением частотнозависимого шага перестройки и возможностью задержки на каждой частоте. Генератор(ы) должен иметь также возможность ручной перестройки частоты.

При необходимости для исключения воздействия гармоник радиочастотного сигнала на испытуемые радиоприемные устройства применяют фильтры низких частот.

Погрешность установки частоты модулирующего сигнала должна быть не более ± 10 %, глубины модуляции - не более ± 5 %. Нестабильность частоты генератора радиочастотных сигналов должна составлять не более 10^{-5};

- усилители мощности, предназначенные для усиления радиочастотного сигнала (немодулированного и модулированного) и обеспечения создания антенной испытательного поля необходимой напряженности. Уровень гармоник и искажений, вносимых усилителем мощности, должен быть ниже уровня несущей не менее чем на 15 dB;

- излучающие антенны (приложение Е): биконические, логопериодические или другие линейно поляризованные антенны, удовлетворяющие требованиям по полосе частот. Возможность применения антенн с круговой поляризацией рассматривается;

- горизонтально и вертикально поляризованная или изотропная антенна для измерения напряженности поля, представляющая собой диполи общей длиной не более 0,1 m, усилитель и электронно-оптический преобразователь, обладающие достаточной устойчивостью к воздействию измеряемого поля, и волоконно-оптическая линия для связи с индикатором, установленным вне безэховой камеры;

- оборудование для регистрации уровней мощности сигнала, необходимого для создания поля заданной напряженности и управления созданием указанного поля в процессе испытаний.

Особое внимание должно быть уделено обеспечению помехоустойчивости вспомогательного оборудования, применяемого при испытаниях.

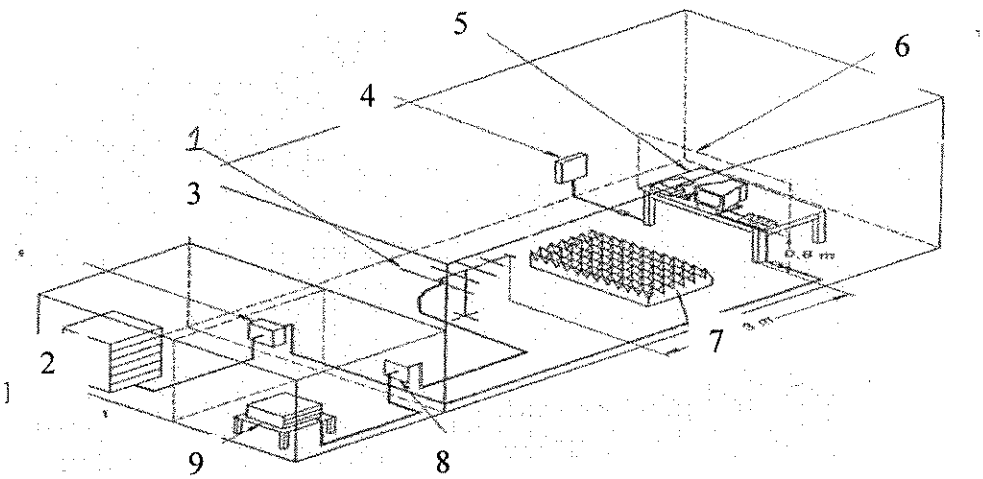
Допускается использовать другие виды оборудования, обеспечивающие создание испытательного поля с параметрами, установленными настоящим стандартом.

© "STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO'LIMIDAGI

6.1 Описание средств испытаний

Учитывая значительную напряженность генерируемого испытательного поля, испытания должны осуществляться в экранированном помещении, с тем, чтобы исключить помехи радиосвязи. Кроме того, экранированное помещение позволяет исключить влияние испытательного поля на вспомогательное оборудование, учитывая, что большинство образцов оборудования для сбора, регистрации и отображения результатов измерений, восприимчиво к внешнему полю, генерируемому в процессе испытаний. Должны быть приняты меры к фильтрации кондуктивных помех в соединительных кабелях, входящих в экранированное помещение и выходящих из экранированного помещения.

Предпочтительным средством испытаний является экранированное помещение, покрытое радиочастотным поглощающим материалом, имеющее размеры, позволяющие разместить ИТС и обеспечить соответствующее управление напряженностью испытательного поля. Целесообразно применять безэховые камеры или модифицированные полубезэховые камеры. В присоединенных дополнительных экранированных помещениях должно быть размещено оборудование, обеспечивающее генерирование высокочастотных сигналов, проведение измерений и контроль функционирования ИТС (рисунок 2).



1 – оборудование для контроля функционирования ИТС;
2 – соединительные кабели;
3 – излучающая антенна;
4 – помехоподавляющий фильтр для силовых кабелей;
5 – стол из непроводящего материала высотой 0,8 m;
6 – плоскость однородного поля;
7 – дополнительный радиопоглощающий материал, применяемый в полубезэховой камере для уменьшения отражений от пола;
8 - ввод кабелей в камеру;
9 – оборудование для создания испытательного поля.

Рисунок 2 - Пример средств испытаний, удовлетворяющих требованиям стандарта

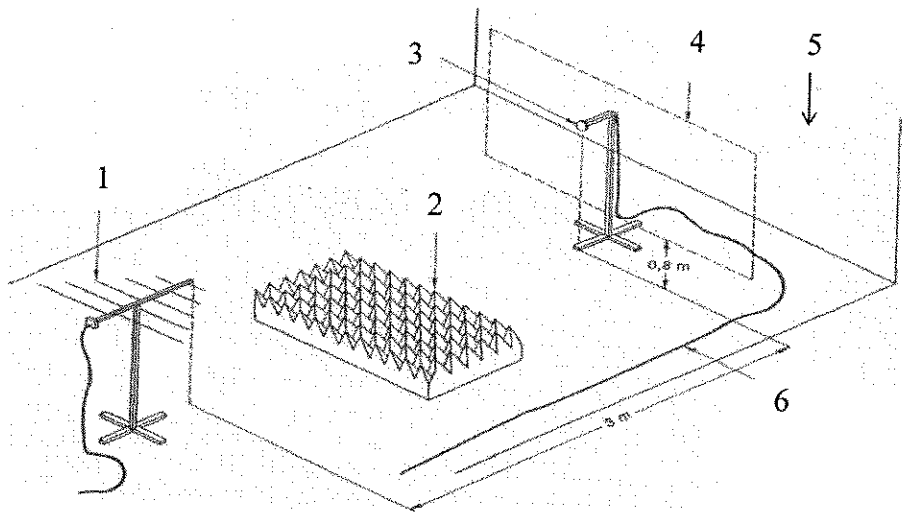
O‘zbekiston Respublikasi STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI O‘QITISH BO‘LIMIDAN

Безэховые камеры менее эффективны на низких частотах. В связи с этим особое внимание должно быть уделено обеспечению однородности испытательного поля на низких частотах. Дополнительные рекомендации приведены в приложении F.

6.2 Аттестация испытательного оборудования

Цель аттестации заключается в том, чтобы однородность поля, воздействующего на ИТС, была достаточна для обеспечения достоверности результатов испытаний. В процессе аттестации поле должно быть немодулированным, чтобы обеспечить правильные показания любой измерительной антенны.

Настоящий стандарт основывается на применении концепции «плоскости однородного поля» (рисунок 3), которая представляет собой гипотетическую вертикальную плоскость, в которой отклонения напряженности испытательного поля от установленного значения находятся в заданных пределах. Указанная плоскость однородного поля должна иметь размеры 1,5×1,5 m (рисунок 4), за исключением случаев, когда ИТС и соединительные кабели могут быть полностью «освещены» при использовании плоскости однородного поля меньших размеров. Размеры плоскости однородного поля не должны быть меньше, чем 0,5×0,5 m (при этом измерительная сетка состоит из четырех точек).



1 – излучающая антенна;

2 – дополнительный радиопоглощающий материал, применяемый в полубезэховой камере для уменьшения отражений от пола;

3 – изотропная антенна для измерения напряженности поля;

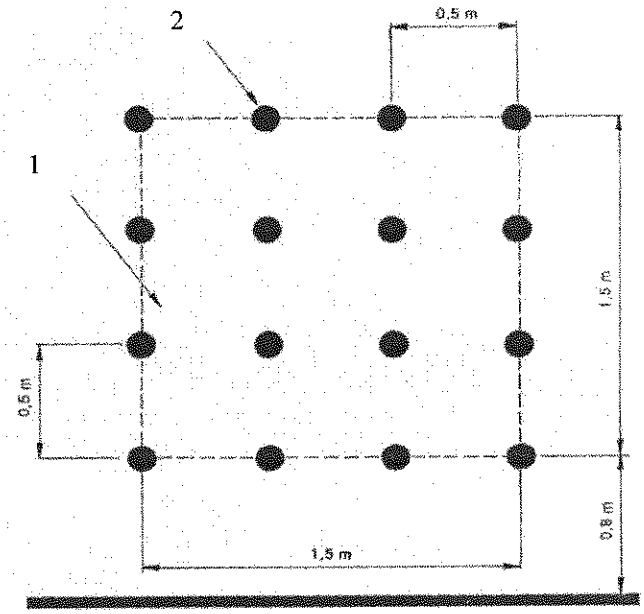
4 – плоскость однородного поля;

5 – стена безэховой камеры;

6 – волоконно-оптическая линия или другая оборудованная помехоподавляющими фильтрами линия передачи сигналов.

Рисунок 3 - Расположение оборудования при аттестации

O‘zbekiston Agentligi
standartlashtirish, davlat
nazoratini muvofiqlashtirish va
axborot texnologiyalarini
joriy etish boshqarmasi



1 – плоскость однородного поля;
2 – равноудаленные позиции антенны для измерения напряженности поля.

Рисунок 4 - Размеры плоскости однородного поля

При аттестации поля должна быть продемонстрирована способность испытательной установки и испытательного оборудования генерировать испытательное поле с установленной напряженностью в плоскости однородного поля. Одновременно получают совокупность значений параметров испытательного оборудования, позволяющих провести испытания ТС на помехоустойчивость. Аттестацию считают действительной для ИТС всех видов, стороны которых, подвергаемые воздействию испытательного поля (включая соединительные кабели), могут быть полностью покрыты плоскостью однородного поля.

Аттестацию испытательного поля проводят в отсутствие ИТС. Модуляцию сигнала в процессе аттестации применяют, чтобы обеспечить правильные показания измерительной антенны (датчика). Подробное описание процессов аттестации приведено в приложении К. При аттестации определяют зависимость между напряженностью испытательного поля в плоскости однородного поля и мощностью сигнала, подаваемого на излучающую антенну. В процессе испытаний значение мощности сигнала, который должен быть подан на излучающую антенну на каждой частоте испытаний, рассчитывают с использованием этой зависимости и значений напряженности поля, соответствующих установленной степени жесткости испытаний. Аттестация поля действительна при условии идентичности параметров испытательной установки при аттестации поля и проведении испытаний ТС. Поэтому значения параметров испытательной установки (относящихся к излучающей антенне, усилителю, дополнительным поглощающим материалам, кабелям) должны быть зафиксированы. Важно за-

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

фиксировать точные положения излучающих антенн и кабелей (насколько это практически возможно). При проведении испытаний антенны и кабели должны быть размещены так же, как и при аттестации поля. Незначительные их смещения оказывают существенное влияние на испытательное поле.

Аттестацию испытательного поля должна проводиться один раз в год, а также при каждом внесении изменений в конфигурацию безэховой камеры (перемещении радиопоглощающего материала, изменении состава оборудования и т.д.). Перед каждой группой испытаний необходимо проводить проверку напряженности испытательного поля (раздел 8).

Излучающую антенну размещают на таком расстоянии от ИТС, чтобы аттестуемая плоскость однородного поля находилась в главном лепестке диаграммы направленности антенны. Антенна для измерения напряженности поля должна быть расположена на расстоянии не менее 1 m от излучающей антенны. Предпочтительное расстояние между излучающей антенной и плоскостью однородного поля должно быть 3 m. Это расстояние отсчитывают от центра биконической антенны, конца логопериодической антенны и плоскости раскрыва рупорной или волноводной антенны. Расстояние между излучающей антенной и плоскостью однородного поля должно быть указано в протоколе испытаний. В случае расхождений результатов испытаний, полученных при различных расстояниях между излучающей антенной и плоскостью однородного поля, преимущество имеют результаты испытаний, полученные при расстоянии 3 m.

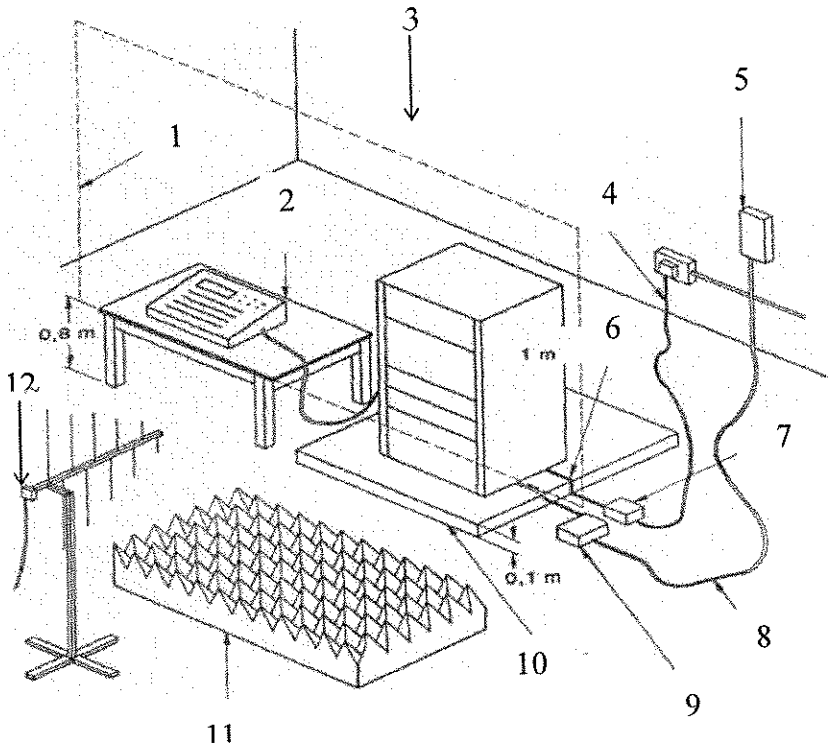
Размеры плоскости однородного поля должны быть по меньшей мере 1,5×1,5m, за исключением случаев, когда ИТС и соединительные кабели могут быть полностью «освещены» при использовании плоскости однородного поля меньших размеров. Минимальные размеры плоскости однородного поля должны быть 0,5×0,5 m.

На рабочем месте для испытаний лицевая сторона ИТС, подвергаемого воздействию испытательного поля, должна совпадать с плоскостью однородного поля (рисунки 5 и 6).

Учитывая невозможность создания однородного испытательного поля в непосредственной близости к пластине заземления, нижний край плоскости однородного поля должен находиться на высоте не менее 0,8 m над пластиной заземления. По возможности, ИТС размещают на этой высоте.

Для установления жесткости испытаний в случае, если ИТС и соединительные кабели размещены не на высоте 0,8 m, а в непосредственной близости к пластине заземления, а также в случае, если стороны ИТС превышают 1,5×1,5 m, напряженность испытательного поля должна быть дополнительно зафиксирована в четырех точках плоскости однородного поля на высоте 0,4 m над пластиной заземления и в точках, совпадающих с максимальными высотой и поперечными размерами ИТС. Результаты дополнительных измерений указывают в протоколе испытаний.

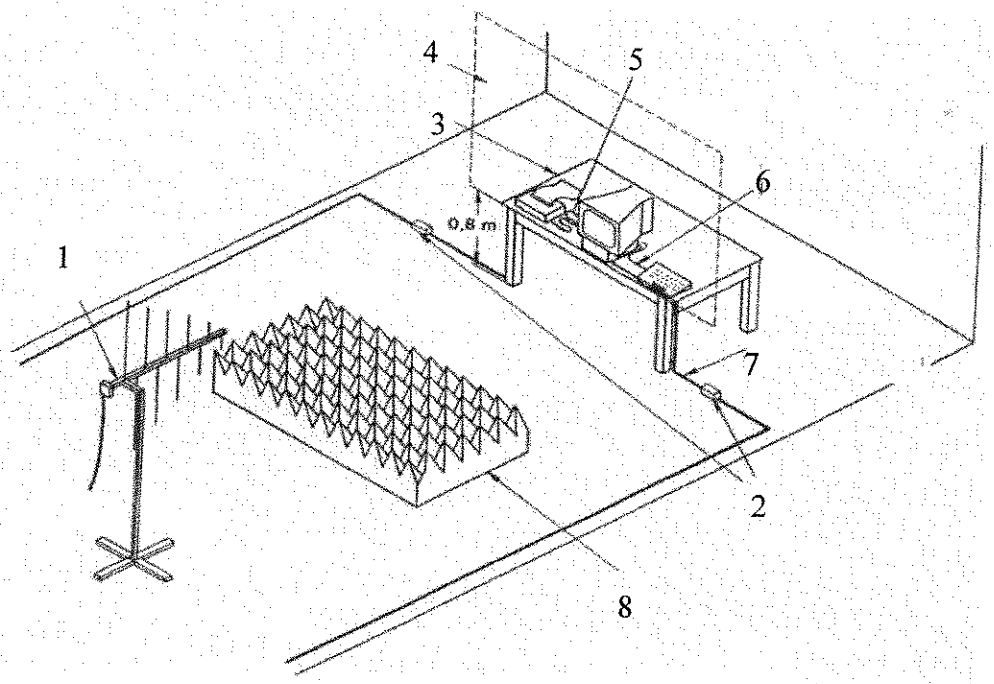
© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
MILLIY FONDI BO'LIMI



1 – плоскость однородного поля;
2 – стол из непроводящего материала;
3 – стена безэховой камеры;
4 – экранированный силовой кабель;
5 – экранированный ввод в камеру;
6 – кабель длинной 1 m;
7 – помехоподавляющий фильтр силового кабеля;
8 – экранированный сигнальный кабель;
9 – помехоподавляющий фильтр;
10 – подставка из непроводящего материала;
11 – дополнительный радиопоглощающий материал, применяемый в полубезэховой камере для уменьшения отражения от пола;
12 – излучающая антенна.

Рисунок 5 - Пример рабочего места для испытаний напольных ТС

O'ZBEKISTONDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO'LIMI



1 - излучающая антенна;
2 – помехоподавляющий фильтр или ферриты;
3 – стол из непроводящего материала;
4 – плоскость однородного поля;
5 – соединительные кабели длиной не менее 1m, уложенные произвольным образом;
6 – соединительные кабели, длиной не менее 1m;
7 – соединительные кабели длинной не более 3 m или неустановленной изготовителем длинны, должны быть установлены на длине 1 m;
8 – дополнительный радиопоглощающий материал, применяемый в полубезэховой камере для уменьшения отражений от пола.

Рисунок 6 - Пример рабочего места для испытаний настольных ТС

Антенна для измерения напряженности поля должна быть расположена на расстоянии не менее 1 m от излучающей антенны. Предпочтительное расстояние между излучающей антенной и ИТС составляет 3 m. Это расстояние отсчитывают от центра биконической антенны или от конца логопериодической антенны. Расстояние между излучающей антенной и плоскостью однородного поля должно быть указано в протоколе испытаний. В случае расхождений результатов испытаний, полученных при различных расстояниях между излучающей антенной и ИТС, преимущество имеют результаты испытаний, полученные при расстоянии 3 m.

Поле считают однородным, если его напряженность, измеряемая в плоскости однородного поля для 75 % поверхности (т.е. в 12 точках из 16 точек измерения) находится в пределах от 0 до 6 dB от заданной величины. Для минимальных размеров плоскости однородного поля, составляющих 0,5×0,5 m, отклонения измеренной напряженности поля в четырех точках

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
...

калибровочной сетки от заданной величины должны быть в указанных выше пределах.

Примечание - Для различных частот в пределах указанных отклонений могут находиться результаты измерений, полученные в различных точках.

Отклонение от 0 до 6 dB установлено с тем, чтобы напряженность поля не была ниже номинальной. Предел 6 dB выбран как минимально достижимый для практически применяемых средств испытаний. Для 3 % частот, проверяемых при испытаниях, допускается отклонение более 6 dB, но не превышающее 10 dB, при этом отклонения должны быть отражены в протоколе испытаний. В случае расхождений результатов испытаний, полученных при различных отклонениях напряженности поля, преимущество имеют результаты испытаний, полученные при отклонениях от 0 до 6 dB.

В случае если лицевая сторона ИТС, подвергаемая воздействию испытательного поля, имеет размеры более 1,5×1,5 m и метод полного облучения (см. 4.24) (предпочтительный метод облучения) не может быть применен из-за отсутствия плоскости однородного поля достаточных размеров, ИТС облучают в серии испытаний с применением метода частичного облучения.

Для применения метода частичного облучения:

- аттестацию испытательного поля допускается проводить при различных положениях излучающей антенны с тем, чтобы обеспечить покрытие всей лицевой поверхности ИТС плоскостью однородного поля в серии испытаний. Испытания ИТС в этом случае следует проводить при последовательном расположении антенны в каждом из этих положений;

- ИТС допускается перемещать при испытаниях так, чтобы каждая часть его лицевой поверхности находилась в пределах плоскости однородного поля во время, как минимум, одного из испытаний.

Примечание - При размещении антенны в каждом из выбранных положений должна быть проведена полная аттестация испытательного поля.

Требования к плоскости однородного поля и применимости методов полного облучения, частичного облучения и независимых окон приведены в таблице 2.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица 2 - Требования к плоскости однородного поля и применимости методов полного облучения, частичного облучения и независимых окон

Частота испытаний	Лицевая сторона ИТС полностью покрыта плоскостью однородного поля (предпочтительный метод полного облучения)	Лицевая сторона ИТС не покрыта полностью плоскостью однородного поля (альтернативные методы частичного облучения и независимых окон)
1	2	3
Не более 1 GHz	Минимальные размеры плоскости однородного поля должны быть 0,5×0,5 m	Применяется метод частичного облучения
Не более 1 GHz	Размеры плоскости однородного поля определяются числом точек калибровочной сетки, отстоящих друг от друга на 0,5 m (т. е. должны быть: 0,5×0,5 m; 0,5×1,0 m; 1,0×1,0 m и т.д.). Для плоскости однородного поля размерами более 0,5×0,5 m напряженность поля в 75 % точек измерения должна находиться в установленных пределах. Для плоскости однородного поля размерами 0,5×0,5 m напряженность поля во всех точках измерения должна находиться в установленных пределах	Минимальные размеры плоскости однородного поля должны быть 1,5×1,5 m. Размеры плоскости однородного поля определяются числом точек калибровочной сетки, отстоящих друг от друга на 0,5 m (т. е. должны быть: 1,5×1,5 m; 1,5×2,0 m; 2,0×2,0 m и т.д.). Напряженность поля в 75 % точек измерения должна находиться в установленных пределах
Свыше 1 GHz	Минимальные размеры плоскости однородного поля должны быть 0,5×0,5 m. Размеры плоскости однородного поля определяются числом точек аттестационной сетки, отстоящих друг от друга на 0,5 m (т. е. должны быть: 0,5×0,5 m; 0,5×1,0 m; 1,0×1,0 m и т.д.).	Применяются методы частичного облучения и независимых окон. При применении метода частичного облучения: - минимальные размеры плоскости однородного поля должны быть 1,5×1,5 m;

O'zbekiston Respublikasi
Standartlashtirish, davlat
nazoratini muvofiqlashtirish va
axborot texnologiyalarini
joriy etish boshqarmasi

Окончание таблицы 2

1	2	3
	Для плоскости однородного поля размерами более 0,5×0,5 m, напряженность поля в 75 % точек измерения должна находиться в установленных пределах. Для плоскости однородного поля размерами 0,5×0,5 m напряженность поля во всех точках измерения должна находиться в установленных пределах	- размеры плоскости однородного поля определяются числом точек калибровочной сетки, отстоящих друг от друга на 0,5 m (т. е. должны быть: 1,5×1,5 m; 1,5×2,0 m; 2,0×2,0 m и т. д.); - напряженность поля в 75 % точек измерения должна находиться в установленных пределах. При применении метода независимых окон размер окна должен быть 0,5×0,5 m (приложение G)

Если в полосе частот от 1 до 6 GHz требования к однородности испытательного поля, установленные в настоящем разделе, могут быть выполнены только на частотах не выше конкретной частоты, например если ширина диаграммы направленности излучающей антенны недостаточна для облучения всей поверхности ИТС, то для более высоких частот применяют метод независимых окон по приложению G.

Аттестацию поля в безэховых и полубезэховых камерах следует проводить с помощью измерительной установки, приведенной на рисунке 7.

Аттестацию всегда следует проводить при немодулированной несущей для горизонтальной и вертикальной поляризаций испытательного поля в соответствии со значением шага изменения частоты, указанным в разделе 8. Значение напряженности поля при аттестации должно быть по крайней мере в 1,8 раза больше значения напряженности поля, которое будет воздействовать на ТС при проведении испытаний, чтобы обеспечить прохождение через усилители модулированного сигнала в отсутствие насыщения.

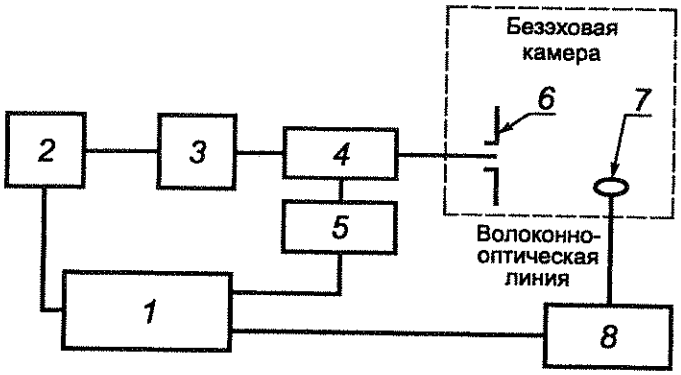
Если обозначить напряженность поля при аттестации через E_c, то напряженность испытательного поля E_t не должна превышать $E_c/1,8$.

Примечание - Могут быть использованы другие методы предотвращения насыщения.

Ниже приведены два метода аттестации испытательного поля. Измерительная сетка, состоящая из 16 точек измерения (размеры плоскости однородного поля 1,5×1,5 m), рассмотрена в качестве примера. При правиль-

© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
MORIY ETISH BOSHQARMASI

ном применении оба метода обеспечивают одинаковую однородность испытательного поля.



1 - контроллер, например персональный компьютер;
2 - генератор сигналов;
3 - усилитель мощности;
4 - направленный ответвитель;
5 - измерительный прибор;
6 - передающая антенна;
7 - антенна (датчик) для измерения напряженности поля;
8 - измеритель напряженности поля

Примечание - Направленный ответвитель 4 и измерительный прибор 5 могут быть заменены детектором подводимой мощности или монитором, установленным между усилителем 3 и антенной 6.

Рисунок 7 - Измерительная установка

6.2.1 Метод аттестации при постоянной напряженности поля

Постоянную напряженность испытательного поля в плоскости однородного поля устанавливают с использованием аттестационной измерительной антенны (датчика) последовательно на каждой из частот в каждой из 16 точек измерительной сетки (см. рисунок 4), используя значение шага частоты, указанное в разделе 8, путем регулирования мощности сигнала, подаваемого на излучающую антенну.

Мощность сигнала, подаваемого на излучающую антенну, измеряют с помощью установки по рисунку 7. Аттестацию проводят при горизонтальной и вертикальной поляризации испытательного поля. Значения подаваемой мощности, dB(mW), регистрируют в 16 точках измерения.

Процедура калибровки заключается в следующем:

а) антенну (датчик) для измерения напряженности поля размещают в одной из 16 точек измерительной сетки (см. рисунок 4) и устанавливают минимальную частоту испытательного сигнала в полосе частот, установленной для испытаний (например 80 MHz);

© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

b) подают на излучающую антенну сигнал такой мощности, чтобы полученная напряженность поля была равна требуемой напряженности поля при аттестации E_c.

Значение подаваемой мощности регистрируют;

c) увеличивают частоту испытательного сигнала генератора на 1 % предыдущего значения частоты;

d) повторяют шаги по перечислениям b) и c) до тех пор, пока следующая частота не превысит верхнего значения полосы частот, установленной для испытаний. Затем повторяют процедуру шага по перечислению b) на частоте, равной верхнему значению полосы частот испытаний (например 1 GHz);

e) повторяют шаги по перечислениям a) - d) для каждой из оставшихся 15 точек измерительной сетки;

На каждой частоте:

f) распределяют 16 значений подаваемой на антенну мощности в порядке возрастания;

g) начиная с наибольшего значения подаваемой мощности, проверяют, находятся ли отклонения одиннадцати меньших значений в пределах от минус 6 dB до 0 dB относительно наибольшего значения;

h) если отклонения не находятся в пределах от минус 6 dB до 0 dB относительно наибольшего значения, последовательно повторяют процедуру по перечислению g), начиная со следующего уменьшенного значения подводимой мощности (следует иметь в виду, что для каждой частоты имеется четыре возможности проведения данной процедуры);

j) прекращают процедуру, если не менее 12 значений подводимой мощности находятся в пределах отклонений от минус 6 dB до 0 dB, и отмечают среди них максимальное значение мощности P_c;

k) проверяют отсутствие насыщения усилителя мощности. Принимая значение E_c равным 1,8 E_t, проводят на каждой частоте измерений следующие действия:

1) уменьшают напряжение генератора сигналов на 5,1 dB по сравнению со значением, при котором подаваемая мощность равна значению P_c, отмеченному при проведении процедуры по перечислению j) (уменьшение на 5,1 dB соответствует уменьшению E_c в 1,8 раза);

2) записывают значение мощности, подаваемой на излучающую антенну при уменьшении выходного напряжения генератора сигналов на 5,1 dB;

3) вычитают значение подаваемой мощности, определенное в соответствии с перечислением k), пункт 2), из значения P_c Если полученная разность находится в переделах от 3,1 до 5,1 dB, считают, что насыщение усилителя мощности отсутствует. Если полученная разность менее 3,1 dB, то усилитель находится в режиме насыщения и испытательная установка не пригодна для проведения испытаний.

Примечание - Если соотношение между напряженностью калиброванного поля E_c и испытательного поля E_t составляет R (dB), где $R = 20\log(E_c/E_t)$, то при испытаниях

O'ZBEKISTON MILLIY STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

на излучающую антенну должна подаваться мощность $P_t = P_c - R(dB)$. Индексы c и t относятся к аттестации и испытаниям соответственно. При испытаниях сигнал модулируют в соответствии с разделом 8.

Пример аттестации при постоянной напряженности поля приведен в приложении H, пункт H.4.1.

6.2.2 Метод аттестации при постоянной подводимой мощности

Напряженность однородного поля устанавливают и измеряют с использованием калиброванной антенны (датчика) последовательно на каждой частоте в каждой из 16 точек измерительной сетки (см. рисунок 4), используя значение шага частоты, указанное в разделе 8, путем регулировки подводимой к излучающей антенне мощности.

Подводимую мощность, необходимую для установления напряженности поля в начальной точке, измеряют в соответствии с рисунком 7 и ее значение регистрируют. То же значение подводимой мощности устанавливают для всех 16 точек. Полученные значения напряженности поля регистрируют в каждой из 16 точек.

Аттестацию проводят при горизонтальной и вертикальной поляризации испытательного поля. Процедура калибровки заключается в следующем:

a) антенну (датчик) для измерения напряженности поля размещают в одной из 16 точек измерительной сетки (рисунок 4) и устанавливают минимальную частоту испытательного сигнала в полосе частот, установленной для испытаний (например 80 MHz);

b) подают на излучающую антенну сигнал такой мощности, чтобы полученная напряженность поля была равна требуемой при аттестации напряженности поля E_c (следует иметь в виду, что при создании испытательного поля сигнал должен быть модулирован). Значения подводимой мощности и напряженности поля регистрируют;

c) увеличивают частоту испытательного сигнала генератора на 1 % предыдущего значения частоты;

d) повторяют шаги по перечислениям b) и c) до тех пор, пока следующая частота не превысит верхнего значения полосы частот, установленной для испытания. Затем повторяют процедуру шага по перечислению b) на частоте, равной верхнему значению испытательной полосы частот (например 1 GHz);

e) передвигают измерительную антенну (датчик) в другое положение измерительной сетки. Для каждой из частот, применяемых в шагах по перечислениям a) - d), подают на излучающую антенну сигнал, мощность которого была зарегистрирована в шаге по перечислению b). Значение напряженности поля при этой подводимой мощности регистрируют;

f) повторяют шаги по перечислению e) для каждой точки измерительной сетки.

На каждой частоте:

O‘zstandart agentligi
standartlashtirish, davlat
nazoratini muvofiqlashtirish va
axborot texnologiyalarini
joriy etish boshqarmasi

g) распределяют 16 значений напряженности поля в порядке возрастания;

h) выбирают одно значение напряженности поля в качестве исходного и рассчитывают отклонения от этого исходного значения всех других значений в децибелах;

j) начиная с наименьшего значения напряженности поля проверяют, находятся ли отклонения одиннадцати больших значений в пределах от 0 dB до плюс 6 dB относительно наименьшего значения;

k) если отклонения не находятся в пределах от 0 dB до плюс 6 dB относительно наименьшего значения, последовательно повторяют процедуру по перечислению j), начиная со следующего увеличенного значения подводимой мощности (следует иметь в виду, что для каждой частоты имеется четыре возможности проведения данной процедуры);

l) прекращают процедуру, если не менее 12 значений напряженности поля находятся в пределах отклонений от 0 dB до плюс 6 dB, и отмечают позицию, соответствующую минимальному значению напряженности поля;

m) рассчитывают мощность подаваемого сигнала P_c, необходимую для установления напряженности поля в позиции, установленной в соответствии с перечислением l);

n) проверяют отсутствие насыщения усилителя мощности. Принимая значение E_c равным 1,8 E_t, проводят на каждой частоте измерений следующие действия:

1) уменьшают выходное напряжение генератора сигналов на 5,1 dB в сравнении со значением, при котором подаваемая мощность равна значению P_c, установленному в соответствии с перечислением m) (уменьшение на 5,1 dB соответствует уменьшению E_c в 1,8 раза);

2) записывают значение мощности, подаваемой на излучающую антенну при уменьшении выходного напряжения генератора сигналов, на 5,1 dB;

3) вычитают значение подаваемой мощности, определенное в соответствии с перечислением 1), пункт 2), из значения P_c. Если полученная разность находится в пределах от 3,1 до 5,1 dB, считают, что насыщение усилителя мощности отсутствует. Если полученная разность менее 3,1 dB, то усилитель находится в режиме насыщения и испытательная установка не пригодна для проведения испытаний.

Примечание - Если соотношение между напряженностью калиброванного поля E_c и испытательного поля E_t составляет R (dB), где $R = 20\log(E_c/E_t)$, то при испытаниях на излучающую антенну должна подаваться мощность $P_t = P_c - R$ (dB). Индексы c и t относятся к аттестации и испытаниям соответственно. При испытаниях сигнал модулируют в соответствии с разделом 8.

Пример аттестации при постоянной напряженности поля приведен в приложении H, пункт H.4.2.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

7 Рабочее место для испытаний

ТС испытывают в конфигурации, максимально близкой к используемой в условиях эксплуатации. Кабели, подключаемые к ТС, должны быть проложены в соответствии с технической документацией на ТС. Испытания проводят при установке ТС в штатных корпусах, с заглушками и откидными панелями в закрытом состоянии, если иные требования не установлены в стандартах на ТС конкретного вида. Если ТС предназначено для установки на приборной панели, в стойке или в шкафу, его размещение при испытаниях должно быть таким же.

Испытания могут быть проведены при наличии пластины заземления и без нее.

Если необходимы средства для крепления испытуемого образца, то их изготавливают из неметаллических и непроводящих материалов. Заземление корпусов оборудования должно быть выполнено в соответствии с требованиями изготовителя ТС. Относительное расположение напольных и настольных частей ТС должно быть сохранено при испытаниях.

Схемы типовых рабочих мест для испытаний ТС приведены на рисунках 5 и 6.

7.1 Размещение настольных ТС

Настольные ТС должны быть установлены на столе из непроводящего материала высотой 0,8 m.

Примечания

1 Использование непроводящих подставок исключает возможность случайного заземления ИТС и искажения испытательного поля. Применение в качестве непроводящих подставок металлических конструкций с изоляционным покрытием не допускается.

2 На частотах свыше 1 GHz столы или непроводящие подставки из дерева или стеклопластика могут отражать электромагнитные волны. Для предотвращения нарушений однородности поля необходимо применять материалы с низким значением диэлектрической постоянной, например полистирол.

К ИТС подключают линии передачи сигналов и линии электропитания в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

7.2 Размещение напольных ТС

Напольные ТС должны быть установлены на непроводящей подставке толщиной от 0,05 до 0,15 m. Напольные ТС, которые могут быть установлены на платформе из непроводящего материала высотой 0,8 m, т.е. изделия, не являющиеся слишком громоздкими или тяжелыми, поднятие которых не нарушает требований безопасности, испытывают при размещении их на высоте 0,8 m, если это условие специально регламентировано в

© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

стандарте на ТС конкретного вида. Указанное изменение стандартного метода испытаний должно быть отражено в протоколе испытаний.

Примечание - В качестве подставки толщиной от 0,05 до 0,15 m могут быть использованы ролики из непроводящего материала.

К ИТС подключают линии передачи сигналов и линии электропитания в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

7.3 Расположение кабелей

Если расположение и типы подключаемых к ТС кабелей не установлены в технической документации на ТС, при испытаниях применяют неэкранированные параллельно проложенные проводники.

Подвергаемые воздействию поля части кабелей (проводников), подключенных к ИТС, должны иметь длину 1 m.

Прокладка кабелей между элементами ИТС должна удовлетворять следующим требованиям:

- применяют кабели типов, установленных в технической документации на ТС;
- если в соответствии с технической документацией на ТС длина каждого соединительного кабеля не превышает 3 m, при испытаниях применяют кабели установленной длины. При этом кабели сворачивают в петли на длине 1 m таким образом, чтобы была обеспечена их минимальная индуктивность;
- если в соответствии с технической документацией на ТС длина каждого кабеля превышает 3 m или не установлена, принимают меры к тому, чтобы подключаемые к элементам ИТС части кабелей, подвергаемые воздействию поля, имели длину 1 m. Для исключения наводок на остальных частях кабелей от воздействия испытательного поля используют помехоподавляющие фильтры или поглощающие ферритовые трубы.

Применяемые помехоподавляющие элементы не должны ухудшать функционирования ИТС. Использование помехоподавляющих элементов должно быть отражено в протоколе испытаний.

При каждом положении ИТС кабели должны быть уложены параллельно плоскости однородного поля, чтобы обеспечить максимальную восприимчивость к воздействию поля.

Для воспроизводимости результатов испытания должны сопровождаться подробным описанием прокладки кабелей и расположения и ориентирования ИТС, приведенным в технической документации или технических условиях на ТС.

Свернутые в петли кабели, подвергаемые воздействию поля, располагают таким образом, чтобы воспроизвести условия подводки кабелей горизонтально к одной из сторон ИТС, а затем их прокладки вверх или вниз в соответствии с инструкцией по установке. Горизонтальное или вертикальное расположение кабелей обеспечивает наиболее жесткие условия испытаний.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

7.4 Расположение ТС, устанавливаемых на теле человека

ТС, устанавливаемые на теле человека, испытывают как настольные ТС. Однако при этом жесткость испытаний может, в ряде случаев, оказаться чрезмерно высокой или недостаточной, так как при этом не учитываются характеристики тела человека. В связи с этим технические комитеты по стандартизации, ответственные за ТС конкретного вида, должны регламентировать использование имитаторов человеческого тела, имеющих соответствующие диэлектрические характеристики.

8 Методы испытаний

Процедура испытаний включает в себя:

- проверку климатических условий и электромагнитной обстановки в испытательной лаборатории;
- проверку функционирования ИТС и испытательного оборудования;
- проведение испытаний;
- оценку результатов испытаний.

8.1 Климатические условия и электромагнитная обстановка в испытательной лаборатории

8.1.1 Климатические условия

Если иное не установлено техническими комитетами по стандартизации, разрабатывающими стандарты на ТС конкретного вида, климатические условия при испытаниях должны соответствовать условиям, установленным изготовителями ИТС и испытательного оборудования.

Испытания не проводят, если уровень относительной влажности вызывает конденсацию влаги на ИТС или испытательном оборудовании.

8.1.2 Электромагнитная обстановка

Электромагнитная обстановка в лаборатории не должна влиять на результаты испытаний.

8.2 Проведение испытаний

ТС должно быть испытано в режимах функционирования, соответствующих назначению ТС. Испытания проводят в соответствии с планом испытаний, который должен включать в себя проверку функционирования ИТС в соответствии с техническими документами изготовителя. План испытаний устанавливает:

- размеры ИТС;
- представительные режимы функционирования ИТС;

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
MAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA

- размещение ИТС при испытаниях (напольное, настольное или комбинацию указанных видов размещения). Для напольных ИТС указывают высоту над плоскостью заземления при проведении испытаний;

- типы используемых средств испытаний и положения излучающих антенн;

- типы излучающих антенн;

- полосу частот испытаний, значения шага перестройки и времени задержки на каждой частоте;

- размер и форму плоскости однородного поля;

- метод облучения ИТС (полное облучение, частичное облучение, применение независимых окон);

- степени жесткости испытаний;

- типы и число соединительных кабелей и разъемы ИТС, к которым они должны быть подключены;

- применяемые критерии качества функционирования ИТС;

- описание метода оценки качества функционирования.

Для отработки плана испытаний ТС могут быть проведены предварительные испытания.

Методы испытаний, установленные в настоящем разделе, соответствуют применению излучающей антенны и модифицированной полубезэховой камеры, как указано в разделе 6.

Перед проведением испытаний проверяют установленную при аттестации напряженность испытательного поля. Проверку проводят в нескольких точках измерительной сетки на нескольких частотах в рассматриваемой полосе частот при горизонтальной и вертикальной поляризации испытательного поля. После проверки калибровки создается испытательное поле с использованием параметров испытательного оборудования, полученных при аттестации (пункт 6.2).

Отсутствующие источники сигналов, необходимых для функционирования ИТС, заменяют имитаторами.

ИТС вначале размещают так, чтобы одна из его сторон совпадала с плоскостью однородного поля. Если сторона ИТС не покрывается плоскостью однородного поля, применяют метод частичного облучения.

Частоту сигнала, подаваемого на излучающую антенну, перестраивают в рассматриваемой полосе частот при амплитудной модуляции синусоидальным сигналом частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %. Подачу сигнала на излучающую антенну прекращают при регулировании уровня сигнала, переключении генераторов сигналов и применяемых антенн.

В случае шаговой перестройки частоты значение шага перестройки частоты не должно превышать 1 % основной частоты. Допускается линейная интерполяция между значениями частоты, установленными при аттестации поля.

Время воздействия испытательного поля на ИТС на каждой частоте должно быть не менее времени, необходимого для воздействия на ИТС и

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

проверки реакции ИТС на это воздействие, но не менее 0,5 s. При необходимости дополнительно проводят испытания ТС на частотах, на которых ожидается его повышенная восприимчивость к помехе (например, на тактовой частоте (частотах)).

При испытаниях обычно проводят облучение каждой из четырех сторон ИТС. Если ИТС эксплуатируют в вертикальном и горизонтальном положениях, испытания проводят при облучении всех сторон ИТС. С учетом особенностей эксплуатации ТС облучению могут быть подвергнуты отдельные стороны ТС. В других обоснованных случаях с учетом типов и размеров ИТС облучение может проводиться более чем с четырех сторон.

Примечания

1 При увеличении размеров ИТС усложняется форма диаграммы направленности излучающей антенны, что может потребовать ориентации антенны в различных положениях для определения минимальной помехоустойчивости ИТС.

2 Если ИТС состоит из нескольких элементов, их взаимное расположение при испытаниях должно быть сохранено при облучении ИТС с разных сторон.

Облучение каждой из сторон ИТС проводят при двух поляризациях испытательного поля (соответственно при вертикальном и горизонтальном расположениях излучающей антенны).

При испытаниях выбирают режимы функционирования ИТС из предусмотренных техническими документами на ТС конкретного вида, обеспечивающие наименьшую устойчивость к воздействию электромагнитного поля. Оборудование, используемое при проведении контроля, должно быть способно установить изменения режима и характеристик функционирования ТС.

При испытаниях рекомендуется применять специальное тестовое программное обеспечение.

9 Оценка результатов испытаний

Данный раздел определяет порядок оценки результатов испытаний, относящихся к настоящему стандарту.

Многообразие и различия ТС и систем, подлежащих испытаниям, затрудняют оценку результатов воздействия электромагнитного излучения на ТС и системы.

Результаты испытаний должны быть классифицированы на основе следующих критериев качества функционирования ИТС, если иные требования не установлены в стандартах на ТС конкретного вида или в технической документации на ТС:

А - нормальное функционирование в соответствии требованиями, установленными в технической документации на ТС;

В - временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции с последующим восстановлением нормального функционирования, осуществляемым без вмешательства оператора;

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMI NASI

C - временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которое требует вмешательства оператора или перезапуска системы;

D - ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которое не подлежит восстановлению из-за повреждения оборудования (компонентов), нарушения программного обеспечения или потери данных.

ИТС не должно становиться опасным или ненадежным в результате воздействия помех видов, регламентированных в настоящем стандарте.

Настоящая классификация может быть использована в качестве руководства при установлении критериев качества функционирования ТС при испытаниях на устойчивость к электромагнитному полю техническими комитетами по стандартизации, ответственными за разработку общих стандартов, стандартов на группы ТС и ТС конкретного вида, а также в качестве основы для соглашений между изготовителями и пользователями, касающихся критериев качества функционирования (например в случаях отсутствия соответствующих общих стандартов, стандартов на группы ТС или ТС конкретного вида).

10 Протокол испытаний

Данный раздел определяет порядок оформления результатов испытаний.

При проведении испытаний протокол испытаний должен содержать всю необходимую информацию, в которой должно отражаться следующее:

- требования пунктов, установленные разделом 8 настоящего стандарта;
- сведения об идентификации (идентификационные признаки) испытуемого оборудования и любого взаимодействующего оборудования, например, торговую марку, тип оборудования, серийный номер и т.д.;
- сведения об испытательном оборудовании, например, наименование испытуемого оборудования, тип (модель) испытуемого оборудования, серийный номер, дата очередной аттестации;
- информация об условиях окружающей среды, при которых проводились испытания, например температура, влажность, степень экранирования помещения;
- все специфические условия, необходимые для обеспечения проведения испытаний;
- степень жесткости испытаний, заявленная производителем, заказчиком или покупателем;
- критерии качества функционирования, установленные в стандартах на однородную продукцию (общее технические требования, требования на конкретный вид продукции или на семейство продукции);

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
MAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
QO‘LLAB-QUVVATLASH BO‘LIMI

- все результаты, полученные во время или после проведения испытания оборудования, и длительность воздействия электромагнитного поля на испытуемое оборудование;

- четкое обоснование принятия решения о соответствии/или несоответствии оборудования заданным критериям (требования), установленным в стандартах на продукцию или в соглашениях между изготовителем и потребителем;

- сведения об специфических условиях эксплуатации, необходимых для нормального функционирования, например длина используемого кабеля или тип, применение экранирования или заземления, условия эксплуатации испытуемого оборудования.

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
SIRT ETISH BOSHQARMASI

Приложение А
(справочное)

Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний

А.1 Введение

Излучаемую мощность радиопередатчиков часто устанавливают в единицах эффективной излучаемой мощности по отношению к полуволновому диполю. Поэтому напряженность поля, создаваемого в дальней зоне, может быть непосредственно получена с использованием следующей формулы для диполя:

$$E = \frac{k\sqrt{C}}{d}, \qquad (A.1)$$

где: E - напряженность поля (среднеквадратическое значение), V/m;
k - коэффициент, величина которого равна 7 для распространения радиоволн в свободном пространстве в дальней зоне;
P - эффективная излучаемая мощность, W;
d - расстояние от антенны, m.

Отражающие и поглощающие объекты, расположенные поблизости, изменяют напряженность поля.

Если эффективная излучаемая мощность передатчика неизвестна, в уравнение А.1 может быть подставлена величина мощности, передаваемой в антенну. В этом случае величину коэффициента k для типичных переносных радиопередатчиков принимают равным 3.

А.2 Степени жесткости испытаний, относящиеся к задачам общего характера

Степени жесткости испытаний и диапазоны частот воздействующего поля при испытаниях ТС выбирают в соответствии с параметрами электромагнитных излучений, которые могут воздействовать на ТС после его окончательной установки на месте эксплуатации. При выборе степеней жесткости испытаний необходимо принимать во внимание последствия отказов в работе ТС. Если последствия отказов в работе могут быть значительными, устанавливают более высокие степени жесткости испытаний.

Если места, где будут установлены ТС, известны, ожидаемый уровень радиочастотного поля может быть установлен путем изучения источников радиочастотных полей в местах установки ТС. Если мощности источников неизвестны, измеряют напряженность поля в местах (месте) установки ТС.

STANDARTLASHTIRISH AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO'LIMI

Для ТС, предназначенных для эксплуатации в различных местах, при выборе степени жесткости испытаний используют следующие рекомендации.

Приведенные ниже классы условий электромагнитной обстановки, которые соответствуют степеням жесткости испытаний, установленным в разделе 5 настоящего стандарта. Использование указанных классов рассматривается как основа для выбора степеней жесткости испытаний.

Класс 1 - обстановка, характеризующаяся низким уровнем электромагнитных излучений. Соответствует случаю расположения маломощных радиовещательных и телевизионных передатчиков на расстоянии более 1 km от места эксплуатации ТС.

Класс 2 - обстановка, характеризующаяся средним уровнем электромагнитных излучений. Соответствует случаю применения переносных радиостанций мощностью менее 1 W при ограничении их работы в непосредственной близости к ТС.

Класс 3 - обстановка, характеризующаяся высоким уровнем электромагнитных излучений. Соответствует случаю применения переносных радиостанций мощностью более 1 W в непосредственной близости к ТС (но не менее 1m), а также близкому расположению мощных радиовещательных и телевизионных передатчиков, промышленных, научных и медицинских высокочастотных установок.

Класс X - особые условия электромагнитной обстановки при эксплуатации ТС, применительно к которым степень жесткости испытаний устанавливают в стандарте на ТС конкретного вида или в технической документации на ТС.

А.3 Степени жесткости испытаний, относящиеся к устойчивости ТС в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов

Степени жесткости испытаний должны быть выбраны в соответствии с ожидаемыми параметрами электромагнитных полей, т.е. на основе рассмотрения мощностей радиотелефонных устройств и возможных расстояний между их передающими антеннами и ТС, подлежащими испытаниям. Учет подвижных радиостанций, как правило, приводит к установлению более жестких требований при испытаниях в сравнении с базовыми станциями, так как подвижные станции могут быть размещены на существенно меньших расстояниях от потенциально восприимчивых ТС, чем базовые станции.

При выборе степеней жесткости испытаний необходимо принимать во внимание затраты, связанные с установлением необходимой помехоустойчивости ТС, и последствия отказов в работе ТС. Более высокие степени жесткости испытаний должны быть установлены только в том случае, если последствия отказов в работе могут быть значительными.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

На практике с малой вероятностью появления могут иметь место случаи, когда уровни воздействующих полей могут превышать уровни, выбранные для испытаний. Для того чтобы предотвратить неприемлемые отказы в работе ТС в этих условиях, может быть необходимым проведение вторичных испытаний при повышенной интенсивности воздействующего поля и при допущении определенного ухудшения качества функционирования ТС.

В таблице А.1 приведены примеры степеней жесткости испытаний, критериев качества функционирования ТС при испытаниях и соответствующих защитных расстояний. Защитное расстояние представляет собой минимальное допустимое расстояние между ТС и цифровым радиотелефоном, соответствующее установленной степени жесткости испытаний. Указанные расстояния рассчитывают с использованием уравнения F.1 при k = 7, предполагая, что сигнал при испытаниях модулируется по амплитуде синусоидальным напряжением при глубине модуляции 80 %.

Таблица А.1 - Примеры степеней жесткости испытаний, критериев качества функционирования ТС при испытаниях и соответствующих защитных расстояниях

Степень жесткости испытаний	Напряженность поля в отсутствии модуляции, V/m	Максимальное среднеквадратическое значение напряженности поля, V/m	Защитное расстояние, m			Критерий качества функционирования (примечание 3)	
			2 W GSM	8 W GSM	¼ W DECT	Пример 1 (примечание 1)	Пример 2 (примечание 2)
1	1	1,8	5.5	11	1,9	-	-
2	3	5,4	1.8	3,7	0,6	A	-
3	10	18	0,6	1,1	~0,2*	B	A
4	30	54	~0,2*	0,4	~0,1*	-	B

* При данных и меньших расстояниях уравнение (А.1) для поля дальней зоны является неточным.

Примечания

1 ТС, для которых последовательность отказов в работе допустима.

2 ТС, для которых последовательность отказов в работе недопустима.

3 В соответствии с разделом 9 настоящего стандарта.

При установлении величин, приведенных в таблице А.1, было учтено следующее:

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMLARIDAGI

- для большей части радиотелефонов системы GSM максимальная эффективная излучаемая мощность составляет 2 W. Некоторая часть подвижных радиотелефонов, находящихся в эксплуатации, имеет максимальную эффективную излучаемую мощность 5 и 8 W. Эффективная излучаемая мощность подвижных радиотелефонов в большинстве случаев меньше чем максимальная, за исключением их применения в районах затрудненного приема;

- условия связи внутри помещений являются более сложными, чем вне помещений. Поэтому эффективная излучаемая мощность радиотелефонов внутри помещений может во многих случаях не соответствовать максимальной мощности, установленной для данного класса оборудования. Это усложняет условия обеспечения ЭМС, так как большинство образцов ТС, восприимчивых к воздействию электромагнитных полей, применяют внутри помещений;

- как указано в приложении А, уровень помехоустойчивости различных образцов ТС определяют в зависимости от максимального среднеквадратического значения напряженности модулированного поля. По этой причине при расчетах защитных расстояний в уравнение (А.1) вместо значения напряженности немодулированного поля подставляют максимальное среднеквадратическое значение напряженности модулированного поля;

- защитное расстояние рассчитывают при подстановке в уравнение (А.1) коэффициента k = 7. При этом не учитывают случайные колебания напряженности поля из-за отражений от стен, пола и потолка помещений, которые могут быть в пределах ± 6 dB;

- в соответствии с уравнением (А.1) защитное расстояние зависит от эффективной излучаемой мощности цифрового радиотелефона и не зависит от его рабочей частоты.

А.4 Специальные мероприятия для стационарных передатчиков

Устанавливаемые с учетом рекомендаций, приведенных в настоящем приложении, степени жесткости испытаний соответствуют типичным уровням воздействующего электромагнитного поля, которые редко превышаются в условиях эксплуатации ТС.

Вместе с тем в некоторых местах размещения ТС указанные типичные уровни могут быть превышены, например при установке радиолокационной станции, расположении в одном здании с ТС мощных радиопередатчиков или промышленных, научных и медицинских высокочастотных устройств. В этих случаях экранирование помещения или здания, в котором расположено ТС, и применение помехоподавляющих фильтров в силовых кабелях и кабелях передачи сигналов могут быть более предпочтительными, чем установление для всех ТС повышенных требований устойчивости к электромагнитному полю.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMI

Приложение В
(справочное)

Выбор методов испытаний

Настоящий стандарт и стандарт [1] устанавливают два различных метода испытаний ТС на устойчивость к воздействию излучаемой электромагнитной энергии.

Испытания на устойчивость к помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями в основном более полезны на пониженных частотах, а испытания на устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям - на повышенных частотах. Существует область частот, в которой одновременно применимы методы испытаний, установленные в настоящем стандарте и в стандарте [1].

Метод испытаний, установленный в стандарте [1], может быть использован на частотах до 230 MHz. Возможно также использовать метод, установленный в настоящем стандарте, на частотах до 26 MHz.

Настоящее приложение преследует цель обеспечить технические комитеты по стандартизации и разработчиков технической документации на ТС рекомендациями по выбору наиболее приемлемого метода испытаний, обеспечивающего воспроизводимость результатов испытаний с учетом конструктивных особенностей ТС.

При выборе метода испытаний должны быть рассмотрены:

- соотношение между длиной волны воздействующего поля и размерами ИТС;
- соотношение размеров ИТС и длин подключенных к нему кабелей;
- число элементов ИТС и подключенных к ним кабелей.

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
MILLIY ETALON BO‘LIMI

Приложение С
(справочное)

Обоснование выбора модуляции при испытаниях, относящихся к устойчивости ТС в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов

С.1 Обзор методов модуляции

На частотах выше 800 MHz возможная помехоэмиссия связана с цифровыми радиотелефонами, использующими модуляцию с непостоянной огибающей излучаемого сигнала.

При разработке настоящего стандарта были рассмотрены следующие методы модуляции испытательного поля:

- амплитудная модуляция синусоидальным сигналом частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %;
- амплитудная модуляция сигналом прямоугольной формы со скважностью 2 и частотой повторения 200 Hz при глубине модуляции 100 %;
-импульсный радиочастотный сигнал, приближенно моделирующий характеристики различных систем радиосвязи, например, скважность 8 при частоте повторения 200 Hz для системы GSM, скважность 24 при частоте повторения 100 Hz для портативного оборудования системы DECT;
- импульсный радиочастотный сигнал, точно моделирующий характеристики каждой системы, например, для системы GSM: скважность 8, частоту повторения 200 Hz, а также вторичные эффекты, такие как режим прерывистой передачи (частота модуляции 2 Hz) и связанные с мультикадровой структурой сигнала (компонента с частотой 8 Hz).

Результаты качественного сопоставления соответствующих систем модуляции обобщены в таблице С.1.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMI

Таблица С.1 – Сравнение методов модуляции испытательного сигнала

Метод модуляции	Преимущества	Недостатки
Амплитудная модуляция синусоидальным сигналом	1 Эффекты нарушения функционирования ТС, как показывают эксперименты, в целом, одни и те же при использовании сигналов с различными видами модуляции с непостоянной огибающей при условии, что максимальное среднеквадратическое значение сигнала одинаково. 2 Нет необходимости устанавливать и измерять время нарастания импульсов TDMA. 3 Данный вид модуляции принят в настоящем стандарте и в стандарте [1]. 4 В наличии имеется оборудование для генерирования и измерения параметров испытательного поля. 5 При испытаниях аудиотехники с аналоговой обработкой сигнала на выходе ИТС в результате демодуляции возникает аудиосигнал, который может быть измерен узкополосным измерительным прибором при малом уровне шумов. 6 Была показана эффективность данного вида модуляции при моделировании воздействия на ТС сигналов с другими видами модуляции (частотной, фазовой, импульсной).	1 Невозможно имитировать TDMA сигнал. 2 Приводит к незначительному повышению жесткости испытаний для отдельных ТС. 3 При использовании данного вида модуляции могут быть не выявлены некоторые процессы воздействия на ТС, приводящие к отказам в работе.

STANDARTLASHTIRISH DAVLAT
MAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

Окончание таблицы С.1

Метод модуляции	Преимущества	Недостатки
Амплитудная модуляция сигналом прямоугольной формы	1 Аналогична TDMA. 2 Может иметь широкое применение. 3 Может обеспечить обнаружение «неизвестных» процессов воздействия, приводящих к отказам в работе ТС (чувствительных к быстрым изменениям огибающей радиочастотного сигнала).	1 Не в полной мере имитирует TDMA сигнал. 2 Требует применения нестандартного оборудования для генерирования сигнала. 3 При демодуляции в ИТС возникают широкополосные аудиосигналы, которые должны быть измерены широкополосными измерительными приборами, при повышенном уровне шумов. 4 Необходимо регламентировать время нарастания импульсов.
Радиочастотные импульсы	1 Возможно точная имитация TDMA сигнала. 2 Может обеспечить обнаружение «неизвестных» процессов воздействия, приводящих к отказам в работе ТС (чувствительных к быстрым изменениям огибающей радиочастотного сигнала).	1 Требует применения нестандартного оборудования для генерирования сигнала. 2 Параметры модулирующих сигналов необходимо изменять, чтобы привести их в соответствие с характеристиками каждой из конкретных систем (GSM, DECT и т.д.). 3 При демодуляции в ИТС возникают широкополосные аудиосигналы, которые должны быть измерены широкополосными измерительными приборами, при повышенном уровне шумов. 4 Необходимо регламентировать время нарастания импульсов.

O‘zbekiston davlat standartlashtirish, davlat nazoratini muvofiqlashtirish va axborot texnologiyalarini joriy etish boshqarmasi

C.2 Экспериментальные результаты

Для определения зависимости между используемым методом модуляции испытательного сигнала и производимым воздействием на ТС была проведена серия экспериментов. При этом проверяли следующие методы модуляции:

a) амплитудную модуляцию синусоидальным сигналом частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %;

b) импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы GSM, со скважностью 8, частотой повторения 200 Hz;

c) импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы DECT, со скважностью 2, частотой повторения 100 Hz (базовая станция);

d) импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы DECT со скважностью 24, частотой повторения 100 Hz (подвижное оборудование).

В каждом случае был использован только один из методов модуляции, подобный сигналу системы DECT.

Результаты обобщены в таблицах C.2 и C.3.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
HIMOYA QILISH BOSHQARMASI

Таблица С.2 – Относительные уровни воздействия [1)]

Метод модуляции [2)]		Амплитудная модуляция синусоидальным сигналом частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %, dB	Импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы GSM, со скважностью 8, частотой повторения 200 Hz, dB	Импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы DECT со скважностью 24, частотой повторения 100 Hz, dB
ИТС	Выходной аудиосигнал			
Слуховой аппарат [3)]	Детектор огибающей 21 Hz – 21 kHz	0 [4)]	0	- 3
	Квазипиковый детектор	0	- 4	- 7
Телефонный аппарат аналогового типа [5)]	Детектор огибающей	0 [4)]	- 3	- 7
	Квазипиковый детектор	-1	- 6	- 8
Радиоприемник [6)]	Детектор огибающей	0 [4)]	+ 1	- 2
	Квазипиковый детектор	-1	- 3	- 7

[1)] За уровень воздействия помехи принят уровень аудиосигнала на выходе ИТС при воздействии поля. Низкий уровень воздействия эквивалентен высокому уровню помехоустойчивости ТС.

[2)] Амплитуда несущего сигнала регулируется таким образом, чтобы максимальное среднеквадратическое значение (раздел 4) испытательного (воздействующего) сигнала было одинаковым для всех методов модуляции.

[3)] При воздействии внешнего электромагнитного поля частотой 900 MHz. Выходной аудиосигнал представляет собой акустический выходной сигнал слухового аппарата, измеренный с применением искусственного уха, подсоединенного с помощью трубки длиной 0,5 m.

[4)] Выбран в качестве опорного уровня выходного аудиосигнала, т.е. 0 dB.

[5)] При воздействии радиочастотного тока, наведенного в телефонном кабеле на частоте 900 MHz. Выходной аудиосигнал представляет собой напряжение звуковой частоты, измеренное в линии телефона.

[6)] При воздействии радиочастотного тока, наведенного в кабеле электропитания на частоте 900 MHz. Выходной аудиосигнал представляет собой акустический сигнал громкоговорителя, измеренный с помощью микрофона.

O'ZBEKISTON ARXEOLOGIYA
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
MILLIY ETNOLOGIYA BO'LIMLARINI

Таблица С.3 – Относительные уровни помехоустойчивости [1)]

Метод модуляции [2)]		При амплитудной модуляции синусоидальным сигналом частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %, dB	Импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы GSM, со скважностью 8, частотой повторения 200 Hz, dB	Импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы DECT, со скважностью 24, частотой повторения 100 Hz, dB
ИТС	Характер воздействия			
Телевизионный приемник [3)]	Заметное	0 [4)]	- 2	- 2
	Сильное	+ 4	+ 1	+ 2
	Изображение отсутствует	~+ 19	+ 18	+ 19
Цифровой терминал [5)]	Искажения на видеоэкране	0 [4)]	0	-
	Искажения данных	> + 16	> + 16	-
Модем с интерфейсом [6)]	Искажения данных (ввод помехи в телефонный кабель)	0 [4)]	0	0
	Искажения данных (ввод помехи в кабель интерфейса)	> + 9	> + 9	> + 9

STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Окончание таблицы С.3

Метод модуляции [2]		При амплитудной модуляции синусоидальным сигналом частотой 1 kHz при глубине модуляции 80 %, dB	Импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы GSM, со скважностью 8, частотой повторения 200 Hz, dB	Импульсный радиочастотный сигнал, подобный сигналу системы DECT, со скважностью 24, частотой повторения 100 Hz, dB
ИТС	Характер воздействия			
Регулируемый лабораторный источник электропитания [7]	Погрешность установки уровня постоянного тока 2 %	0 [4]	+ 3	+ 7
Кросс коннектор SDH[8]	Пороговая чувствительность ошибок по битам	0 [4]	0	-

[1] Цифры в таблице представляют собой относительные измеренные максимальные среднеквадратические значения (см. раздел 4 настоящего стандарта) испытательного (воздействующего) сигнала, необходимые для обеспечения одной и той же степени воздействия при различных методах модуляции. Высокий уровень, выраженный в децибелах, эквивалентен высокому уровню помехоустойчивости.

[2] Испытательный сигнал регулируется таким образом, чтобы характер воздействия был одинаковым при всех методах модуляции.

[3] При воздействии радиочастотного тока, введенного в кабель электропитания на частоте 900 MHz. Характер воздействия определяется степенью нарушения изображения на экране телевизионного приемника. Оценка имеет, в значительной степени, субъективный характер, так как параметры ухудшения изображения различны при различных методах модуляции.

[4] Выбран в качестве опорного уровня помехоустойчивости, соответствующего 0 dB.

[5] При воздействии радиочастотного тока, введенного в кабель интерфейса на частоте 900 MHz.

[6] При воздействии радиочастотного тока, введенного в телефонный кабель и в кабель интерфейса на частоте 900 MHz.

[7] При воздействии радиочастотного тока, введенного в выходной кабель постоянного тока на частоте 900 MHz.

[8] SDH (synchronous digital hierarchy) - синхронная цифровая иерархия. При воздействии случайного электромагнитного поля на частоте 935 MHz.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

В ходе проведенных экспериментов были испытаны при воздействии электромагнитного поля напряженностью до 30 V/m с использованием как амплитудной модуляции синусоидальным сигналом, так и импульсной модуляции со скважностью 2, следующие образцы цифрового оборудования:

- осушитель рук (электрическое полотенце) с микропроцессорным управлением;
- модем (скорость передачи 2 Mbyte, коаксиальный кабель с сопротивлением 75 Ω);
- модем (скорость передачи 2 Mbyte, симметричная линия с сопротивлением 120 Ω);
- промышленный контроллер с микропроцессором, видеодисплеем и интерфейсом;
- обучающая система с микропроцессором;
- терминал для кредитных карт с модемом;
- цифровой мультиплексор (2/34 Mbyte);
- повторитель (repeater) сигналов Ethernet (10 Mbyte/s).

Все отказы были связаны с аналоговыми функциями устройств.

С.3 Вторичные эффекты модуляции

При точном моделировании модуляции, используемой в цифровых радиотелефонных системах, важно не только моделировать первичную модуляцию, но также учесть влияние любой Вторичной модуляции, которая может иметь место.

Например, применительно к системам GSM и DCS 1800 имеются эффекты, связанные с мультикадровой структурой сигнала, вызываемые подавлением пачки импульсов каждые 120 ms (что создает частотную составляющую приблизительно 8 Hz). Может присутствовать также дополнительная модуляция на частоте 2 Hz при режиме прерывистой передачи (режим DTX).

С.4 Выводы

Испытанные образцы реагировали на помехи при всех используемых методах модуляции. При сравнении эффектов воздействия при различных видах модуляции важно обеспечить, чтобы испытательные сигналы имели одно и то же максимальное среднеквадратическое значение.

При наличии существенных различий между эффектами воздействия при различных видах модуляции испытания с использованием амплитудной модуляции синусоидальным сигналом были всегда наиболее жесткими. В случае если для ТС конкретного вида отмечается различный характер воздействия при использовании амплитудной модуляции синусоидальным сигналом и импульсной модуляции, это различие может быть скор-

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

ректировано при установлении соответствующего критерия качества функционирования в стандарте для ТС конкретного вида.

В целом амплитудная модуляция синусоидальным сигналом имеет следующие преимущества:

- измерение выходных сигналов в аналоговых системах, возникающих в результате воздействия помех, возможно с помощью узкополосных измерительных приборов при малом уровне шумов;
- универсальность применения, так как нет необходимости моделировать характеристики источника помех;
- возможность применения модуляции с одними и теми же параметрами на всех частотах;
- всегда обеспечивается, по крайней мере, такая же жесткость испытаний, как и при импульсной модуляции.

Учитывая вышеизложенное, в настоящем стандарте установлен метод - 80 процентная амплитудная модуляция испытательного поля синусоидальным сигналом. Рекомендуется, чтобы технические комитеты по стандартизации, ответственные за ТС конкретного вида, применяли иной метод модуляции лишь при наличии особых причин.

O‘ZBEKISTON AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
QO‘LLAB-QUVVATLASH BO‘LIMI

Приложение D
(справочное)

Сведения о цифровых радиотелефонах

В таблицах D.1 и D.2 приведен список основных параметров радиосистем относящихся к электромагнитной совместимости.

В вышеупомянутых таблицах применены следующие сокращения с соответствующими определениями:

CDMA (code division multiple access) (многостанционный доступ с кодовым разделением каналов): Метод доступа, при котором на передающем конце сигнал кодируется с использованием псевдослучайной последовательности, известной на приемном конце, используемой для декодирования принимаемого сигнала. Каждая отдельная псевдослучайная последовательность соответствует отдельному каналу связи.

CT-2 (бесшнуровой телефон второго поколения): Система бесшнрового телефона, широко используется в некоторых европейских странах.

DCS 1800 (цифровая сотовая система): Сотовая мобильная система связи, характеризующаяся низкой стоимостью. Распространена в различных странах.

DECT (цифровая усиленная система связи): Бесшнуровая сотовая система связи, характеризующаяся низкой стоимостью. Широко используется в европейских странах.

DTX (прерывистая передача): Способ повышения спектральной эффективности линии связи за счет выключения передатчика в паузах или в конце разговора.

ERP (эффективно излучаемая мощность): Произведение мощности, подводимой к антенне, на ее коэффициент усиления относительно полуволнового диполя.

FDD (frequency division duplex) (дуплексная передача с частотным разделением): Двусторонняя передача информации, при которой частоты передачи и приема находятся в разных полосах частот.

FDMA (frequency division multiple access) (многостанционный доступ с частотным разделением каналов): Метод доступа, при котором для каждого канала выделена отдельная полоса частот.

GSM (глобальная система подвижной связи): Сотовая мобильная система связи. Распространена в различных странах.

HIPERLAN (high performance radio local area network): Высокоскоростная локальная радиосеть.

IMT-2000 (international mobile telecommunications-2000): Технология сотовой мобильной технологии связи третьего поколения, охватывающей все виды мобильной связи, обеспечивающей получение пользователем высококачественных цветных изображений.

O'ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

NADC (северо-американская цифровая сотовая система связи): Цифровая сотовая мобильная система связи. Широко используется в США.

PDC (персональная сотовая система связи): Сотовая мобильная система связи. Широко используется в Японии.

PHS (персональная ручная телефонная система): Бесшнуровая телефонная система. Широко используется в Японии.

RFID (radio frequency identification): Системы радиочастотной идентификации, обеспечивающие идентификацию изделий, сигнализацию, идентификацию персонала, контроль доступа, контроль приближения.

RTTT (road traffic&transport telematics): Системы регулирования дорожного движения.

TDMA (множественный доступ с временным разделением каналов): Метод доступа, при котором все абоненты передают информацию на одной несущей частоте, но в разных временных интервалах, между которыми введены защитные промежутки.

TDD (дуплексная передача с временным разделением): Двусторонняя передача цифровой информации на одной несущей с уплотнением каналов приема и передачи в разных временных интервалах одного кадра.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
SERTIFIKATSIYA BO‘LIMLARIDAGI

O'z DSt 2821 :2014

Таблица D.1 - Мобильные и портативные устройства

Наименование параметра	Наименование системы								
	GSM	DCS 1800*	DECT	CT-2	PDS	PHS	NADS	IMT-2000 TDD	IMT-2000 FDD
Частота передатчика	890-915 MHz	1,71-1,784 GHz	1,88-1,96 GHz	864-868 MHz	940-956 MHz и 1,429-1,453 GHz	1,895-1,918 GHz	825-845 MHz	1900-1920 MHz	1920-1980 MHz
Тип модуляции	TDMA	TDMA	TDMA/ TDD	FDMA/TDD	TDMA	TDMA/ TDD	TDMA	CDMA/ TDMA TDD	CDMA/ TDMA FDD
Частота повторения временных интервалов	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz	-	-
Коэффициент заполнения	1:8	1:8	1:24, 1:48, 1:12	1:12	1:3	1:8	1:3	Непрерывная передача	Непрерывная передача
Максимальная эффективная излучаемая мощность	0,8; 2; 5; 8; 20 W	0,25; 1; 4 W	0,25 W	< 10 mW	0,8; 2 W	10 mW	< 6 W	0,25 W	0,25 W
Вторичная модуляция	2 Hz (DTX) и от 0,16 до 8,3 Hz (мультикадр)	2 Hz (DTX) и от 0,16 до 8,3 Hz (мультикадр)	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
География применения	Всемирный	Всемирный	Европа	Европа	Япония	Япония	США	Европа	Европа

* Приведены данные для мобильных и портативных устройств по GSM 1800 MHz.

Таблица D.2 - Базовые станции

Наименование параметра	Наименование системы								
	GSM	DCS 1800*	DECT	CT-2	PDS	PHS	NADS	IMT-2000 TDD	IMT-2000 FDD
Частота передатчика	935-960 MHz	1,805-1,88 GHz	1.88-1,96 GHz	864-868 MHz	810-826 MHz и 1,477-1,501 GHz	1, 895-1,918 GHz	870-890 MHz	1900-1920 MHz	2110-2170 MHz
Тип модуляции	TDMA	TDMA	TDMA/TDD	FDMA/TDD	TDMA	TDMA/TDD	TDMA	CDMA/TDMA TDD	CDMA/TDMA FDD
Частота повторения временных интервалов	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz	-	-
Коэффициент заполнения	от 1:8 до 8:8	от 1:8 до 8:8	1:2	1:2	от 1:3 до 3:3	1:8	от 1:3 до 3:3	Непрерывная передача	Непрерывная передача
Максимальная эффективная излучаемая мощность	от 2,5 до 320 W	от 2,5 до 320 W	0,25 W	0,25 W	от 1 до 96 W	от 10 до 500 mW	500 W	20 W	20 W
Вторичная модуляция	2 Hz (DTX) и от 0,16 до 8,3 Hz (мультикадр)	2 Hz (DTX) и от 0,16 до 8,3 Hz (мультикадр)	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
География применения	Всемирный	Всемирный	Европа	Европа	Япония	Япония	США	Европа	Европа

* Приведены данные для мобильных и портативных устройств по GSM 1800 MHz.

MAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI DAVLAT BOSHQARMASI

Таблица D.3 - Другие радиочастотные устройства

Наименование параметра	Наименование системы					
	RFID	RTTT	Широкополосные системы передачи данных и радиосети HIPERLAN			Различные системы малого радиуса действия
Частота передатчика	2446-2454 MHz	5795-5815 MHz	2400-2483,5 MHz	5150-5350 MHz	5470-5725 MHz	2400-2483,5; 5725-5785
Тип модуляции	Скачкообразная перестройка частоты (при мощности более 0,5 W)	Нет	Скачкообразная перестройка частоты	Нет	Нет	Нет
Максимальная эффективная излучаемая мощность	a) 500 мW; b) 4 W	2 или 8 W	100 mW	200 mW	1 W	10 и 25 mW
Коэффициент заполнения	a) до 100%; b) менее 15 % при периоде повторения 200 ms	Не ограничен	Не ограничен	Не ограничен	Не ограничен	Не ограничен
Частота повторения временных интервалов	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz
Разнос каналов	Отсутствует	5, 10 MHz	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
География применения	Всемирный	Всемирный	Всемирный	Всемирный	Всемирный	Всемирный

Приложение Е
(справочное)

Излучающие антенны

Е.1 Биконическая антенна от 20 до 300 MHz

Данная антенна состоит из коаксиального симметрирующего устройства и объемного излучающего элемента, имеет широкий диапазон и может работать как на передачу, так и на прием. Зависимость коэффициента усиления антенны представляет собой плавную кривую, как правило, возрастающую с частотой.

Малые размеры антенны делают ее пригодной для применения в ограниченных зонах, например, в безэховых камерах.

Е.2 Логопериодическая антенна от 80 до 1000 MHz

Логопериодическая антенна представляет собой группу диполей различной длины, соединенных с передающей линией. Эти широкополосные антенны обладают относительно высоким усилением и низким коэффициентом стоячей волны.

Примечание - При выборе антенны для создания поля необходимо убедиться, что симметрирующее устройство обеспечивает передачу требуемой мощности.

Е.3 Рупорные антенны

Рупорные антенны создают линейно поляризованные электромагнитные поля. Их применение типично на частотах выше 1000 MHz.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AKKREDITATSIYA TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение F
(справочное)

Использование безэховых камер

F.1 Общие сведения о безэховых камерах

Полубезэховая камера представляет собой экранированное помещение, у которого стены и потолок покрыты радиопоглощающим материалом (раздел 4 настоящего стандарта). В полностью безэховой камере радиопоглощающим материалом покрыт также пол.

Покрытие камеры радиопоглощающим материалом преследует цель предотвратить отражения радиоволн от внутренних поверхностей камеры, так как интерференция отраженного и излученного электромагнитных полей может привести к образованию пиков и провалов напряженности результирующего электромагнитного поля.

Коэффициент отражения радиопоглощающего материала зависит в основном от частоты и угла падения радиоволн. Как правило, поглощение электромагнитной энергии максимально при нормальном падении радиоволн на поверхность радиопоглощающего материала и снижается при возрастании угла падения. Для того чтобы уменьшить отражения и увеличить поглощение радиоволн, применяется радиопоглощающий материал в форме пирамид или конусов.

В полубезэховых камерах дополнительная установка радиопоглощающего материала на полу камеры помогает обеспечить требуемую степень однородности испытательного поля на всех частотах. Место размещения радиопоглощающего материала определяют экспериментально.

Дополнительный поглощающий материал не должен находиться в направлении прямого распространения луча от антенны к ИТС. При испытаниях дополнительный поглощающий материал размещают в том же положении и при той же ориентации, что и в процессе аттестации.

Однородность испытательного поля в безэховой камере может быть также улучшена путем сдвига излучающей антенны относительно оси камеры, так как любые отражения не являются симметричными.

Безэховые камеры становятся малоэффективными на низких частотах (ниже 30 MHz), в то время как эффективность камер, покрытых ферритовым радиопоглощающим материалом, как правило, снижается на частотах свыше 1 GHz. Следует добиваться однородности излучаемого поля на самых низких и самых высоких частотах, однако при этом может возникнуть необходимость в определенном изменении конструкции камеры.

O'ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

F.2 Приспособление безэховых камер, покрытых ферритовым материалом, сконструированных для применения на частотах до1 GHz, для использования на частотах свыше 1 GHz

Большинство существующих малых безэховых камер, использующих ферриты в качестве радиопоглощающего материала, сконструированы для использования на частотах до 1 GHz. При использовании таких камер на частотах свыше 1 GHz может быть трудно или невозможно обеспечить соответствие требованиям к однородности испытательного электромагнитного поля, установленным в 6.2.

Настоящий раздел содержит сведения о процедурах адаптации таких камер для частот свыше 1 GHz с использованием альтернативного метода облучения, приведенного в приложении G.

F.2.1 Проблемы, связанные с использованием камер, покрытых ферритовым материалом, при испытаниях на устойчивость к электромагнитному полю на частотах свыше 1 GHz

Указанные проблемы могут иметь место, например, в малых безэховых камерах, покрытых ферритовым материалом, или в малых (в типичном случае размерами 7 (длина) ×3 (ширина) ×3 (высота) m) безэховых камерах, покрытых комбинированным материалом из ферритовых поглотителей и поглотителей, содержащих углерод.

На частотах свыше 1 GHz ферритовые плитки обычно ведут себя скорее как отражатели, чем как поглотители. Поэтому установить на этих частотах испытательное электромагнитное поле, однородное на плоскости размерами 1,5×1,5 m, оказывается весьма затруднительным из-за многократных отражений от внутренних поверхностей камеры (см. рисунок F.1).

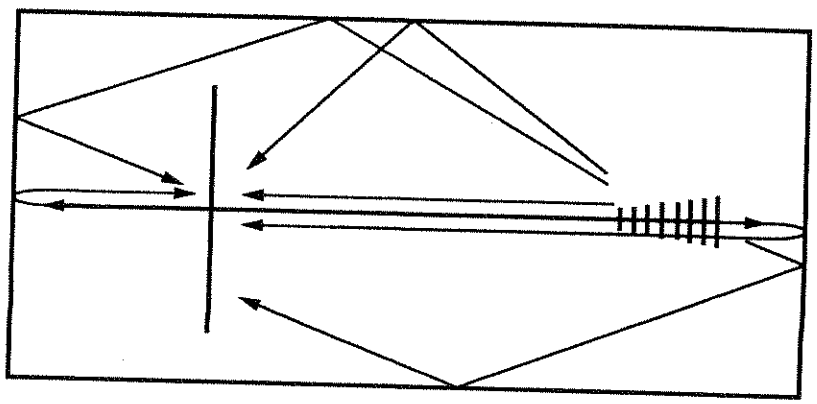


Рисунок F.1 - Многократные отражения в существующих малых безэховых камерах

В полосах частот, выделенных для радиотелефонов, длина излучения - менее 0,2 m. Это означает, что результаты испытаний весьма чувст-

O'zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

вительны к расположению излучающей антенны, антенны (датчика) для измерения электромагнитного поля и ИТС.

F.2.2 Возможное решение

Для того чтобы разрешить указанные выше (см. F.2.1) проблемы, предлагаются следующие процедуры:

a) использование рупорной или волноводной антенны для уменьшения компонентов поля, излучаемых в обратном направлении, что также позволит уменьшить отражения от боковых стен безэховой камеры благодаря узкой диаграмме направленности антенны;

b) уменьшение расстояния между излучающей антенной и ИТС для снижения отражений от боковых стен (расстояние между антенной и ИТС может быть уменьшено до 1 m);

c) использование метода независимых окон размером 0,5×0,5 m (см. приложение G) для обеспечения воздействия на ИТС однородного поля;

d) дополнительное покрытие стены камеры, противоположной основному направлению излучения антенны, радиопоглощающим материалом со средним наполнением углеродом, с тем чтобы исключить прямые отражения, что уменьшит чувствительность испытаний к позиционированию ИТС и излучающей антенны. Кроме того, дополнительное покрытие поглощающим материалом позволит улучшить однородность поля на частотах ниже 1 GHz.

Примечание - Если для дополнительного покрытия применяется поглощающий материал с высоким содержанием углерода, это может затруднить выполнение требований к однородности поля на частотах ниже 1 GHz.

Выполнение этих процедур позволяет исключить большую часть отраженных волн (см. рисунок F.2).

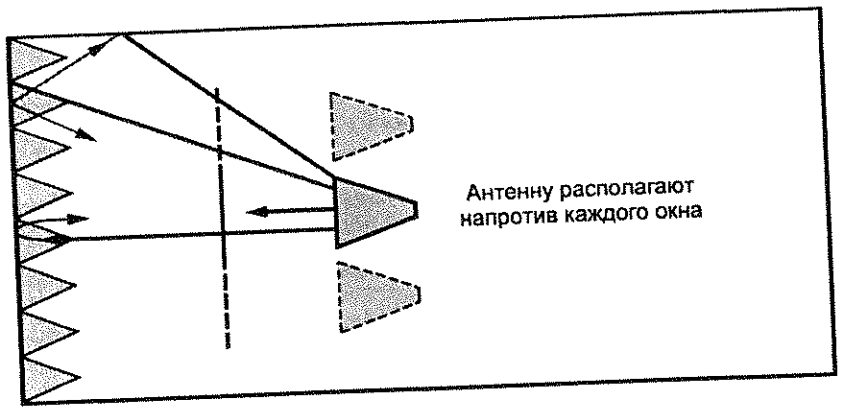


Рисунок F.2 - Большая часть отражений может быть исключена

© O'zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO'LIMI

Приложение G
(обязательное)

Альтернативный метод облучения для частот свыше 1 GHz (метод независимых окон)

G.1 Введение

При испытаниях на частотах свыше 1 GHz с использованием метода независимых окон (например, в полосе частот цифровых радиотелефонов) испытательное расстояние должно быть 1 m. Соответствие требованиям однородности испытательного поля проверяют при этом испытательном расстоянии.

Примечания

1 При испытательном расстоянии 3 m и использовании антенны с узкой диаграммой направленности, а также в камере с ферритовым покрытием на частотах свыше 1 GHz трудно обеспечить требуемую однородность поля в плоскости однородного поля размерами более 1,5×1,5 m.

2 Длины кабелей и их расположение являются менее критичными на частотах свыше 1 GHz. Поэтому размеры лицевой стороны ИТС являются определяющим фактором при установлении размеров плоскости однородного поля, подлежащей аттестации.

В соответствии с альтернативным методом независимых окон, используемым для облучения ИТС на частотах свыше 1 GHz, плоскость однородного поля, подлежащую аттестации, разделяют на соответствующие окна размерами 0,5×0,5 m так, чтобы охватить всю площадь, занимаемую лицевой стороной ИТС (рисунки G.1 a), b)). Однородность поля проверяют для каждого окна отдельно (рисунок G.2) в соответствии с процедурой, указанной ниже. Излучающую антенну следует располагать на расстоянии 1 m от плоскости аттестации.

G.2 Аттестации электромагнитного поля

Для каждого выбранного окна процедура калибровки заключается в следующем:

a) располагают измерительную антенну (датчик) в одном из четырех углов выбранного окна;

b) на излучающую антенну подают сигнал такой мощности, чтобы значение напряженности поля на дискретных частотах в пределах установленной для испытаний полосы частот составляло от 3 до 10 V/m , причем шаг изменения частоты должен составлять 1 % начального (предыдущего) значения частоты.

Регистрируют соответствующие значения подводимой к излучающей антенне мощности сигнала и напряженности поля;

STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
«GRIF ETISH BO'LIMI

c) при том же значении подводимой к антенне мощности измеряют и регистрируют значения напряженности поля для остальных трех точек в углах выбранного окна. Разброс всех четырех значений напряженности поля должен находиться в пределах от 0 до 6 dB;

d) принимают точку измерения, в которой значение напряженности поля минимально, за опорную (это обеспечит для других точек соответствие требованиям к отклонению напряженности поля в пределах от 0 до 6 dB);

e) по известной подводимой к антенне мощности и соответствующей ей напряженности поля рассчитывают необходимую мощность сигнала, при которой обеспечивается требуемая испытательная напряженность поля (например, если при мощности сигнала 80 W напряженность поля в выбранной точке будет равна 9 V/m , то для создания поля напряженностью 3 V/m подаваемая мощность должна быть 8,9 W). Рассчитанное значение подаваемой мощности регистрируют;

f) повторяют шаги по перечислениям a)-e) для горизонтальной и вертикальной поляризаций поля.

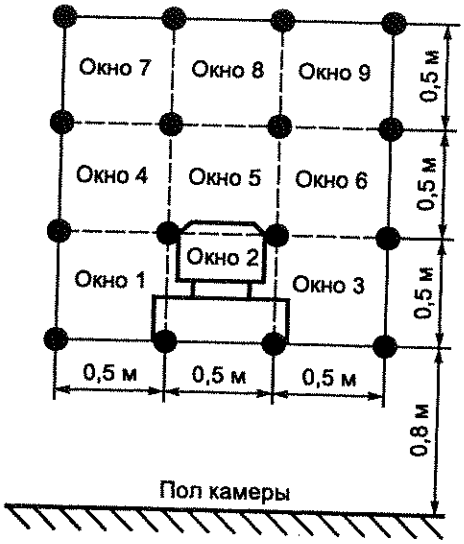
Излучающие антенны и кабели, которые применялись при аттестации поля, следует применять и при проведении испытаний, что позволяет не учитывать потери в кабелях и коэффициенты калибровки антенн при установлении напряженности испытательного поля.

Расположение излучающих антенн и кабелей должно быть зафиксировано как можно точнее. При проведении испытаний антенны и кабели должны быть размещены так же, как и при аттестации поля. Незначительные их смещения оказывают существенное влияние на испытательное поле.

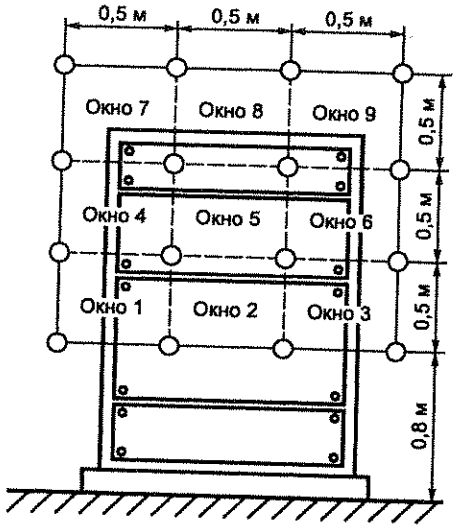
В процессе испытаний на каждой частоте на излучающую антенну подают мощность в соответствии с перечислением e).

Испытание повторяют поочередно для каждого из окон, при этом антенну позиционируют каждый раз так, чтобы облучению подвергалось требуемое окно (рисунки G.1 и G.2).

O‘ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI



a) Настольное ТС (при аттестации поля и испытаниях используются окна 1-3 и 5)



b) Напольное ТС (при аттестации поля и испытаниях используются окна 1-9)

Рисунок G.1 - Примеры разделения плоскости однородного поля на независимые окна размерами 0,5×0,5 m

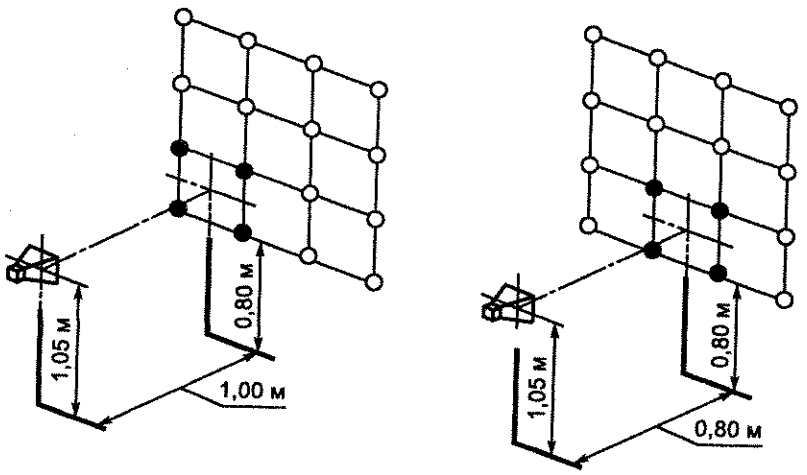


Рисунок G.2 - Пример последовательного облучения окон

O'ZBEKISTON AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение Н
(справочное)

Влияние нелинейности усилителя и примеры выполнения процедуры аттестации испытательного поля в соответствии с 6.2

Н.1 Цель ограничения искажений усилителя

Нелинейность усилителя не должна достигать значений, при которых она будет оказывать существенное влияние на неопределенность установки напряженности электромагнитного поля. В соответствии с этим в настоящем приложении приведены рекомендации для испытательных лабораторий по выявлению и ограничению эффектов насыщения усилителя.

Н.2 Возможные проблемы, вызываемые гармоническими составляющими и насыщением усилителя

Перегрузка усилителя может привести к различным последствиям:

а) гармонические составляющие могут увеличить напряженность испытательного электромагнитного поля:

1) при аттестации будет иметь место ошибка измерения напряженности поля на заданной частоте, так как широкополосная антенна для измерения напряженности поля обеспечивает измерение уровней полей как на основной частоте, так и на частотах гармонических составляющих.

Предположим, например, что уровень третьей гармонической составляющей напряжения сигнала на зажимах антенны на 15 dB ниже, чем уровень сигнала на основной частоте, и другие гармонические составляющие отсутствуют. Предположим также, что коэффициент калибровки антенны на основной частоте на 5 dB меньше, чем на частоте третьей гармонической составляющей. Тогда измеренная напряженность поля на основной частоте будет лишь на 10 dB больше, чем на частоте третьей гармонической составляющей. Если общая измеренная напряженность поля составляет 10 V/m, напряженность поля на основной частоте будет 9,5 V/m. Можно полагать, что указанная ошибка является допустимой, так как она меньше, чем погрешность измерительной антенны;

2) в процессе испытаний заметные гармонические составляющие могут привести к ошибкам в выявлении нарушений функционирования ИТС, если ИТС устойчиво функционирует при воздействии помехи на основной частоте, но оказывается восприимчивым к воздействию помехи на частоте гармонической составляющей;

b) в некоторых случаях гармонические составляющие могут оказывать влияние на результаты испытаний даже при их эффективном подавлении. Например, при испытаниях приемного устройства, функционирующего на частоте 900 MHz, даже весьма слабые гармонические составляющие

STANDARTLASHTIRISH AGENTLIGI
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

испытательного сигнала частотой 300 MHz могут перегрузить вход приемника. Аналогичное влияние могут оказать побочные колебания на выходе усилителя, не связанные с гармоническими составляющими основной частоты;

c) перегрузка усилителя возможна даже при отсутствии измеряемых гармонических составляющих. Это может иметь место, если на выходе усилителя применен фильтр низких частот, эффективно подавляющий гармонические составляющие. В этом случае также возможны ошибочные результаты:

1) если это происходит при аттестации, возможные ошибки связаны с тем, что при использовании алгоритма, установленного в 6.2, используется предположение о линейности;

2) в процессе испытаний такой вид насыщения усилителя приводит к ошибке установления коэффициента модуляции и появлению гармонических составляющих частоты модуляции (обычно 1000 Hz).

Указанные примеры показывают, что установление предельных числовых значений искажений усилителя нецелесообразно, так как степень влияния указанных искажений существенно зависит от вида ИТС.

H.3 Предложения по контролю нелинейности усилителя

H.3.1 Ограничение содержания гармонических составляющих испытательного поля

Гармонические составляющие испытательного поля могут быть ограничены за счет использования на выходе усилителя регулируемого (следящего) фильтра низких частот. Для всех частот, при которых на выходе усилителя возникают гармонические составляющие, необходимо, чтобы ослабление гармонических составляющих поля в сравнении с составляющей на основной частоте превышало 6 dB (см. также вариант влияния перегрузки усилителя, указанный в H.2, перечисление b).

При этом ошибка установления напряженности поля будет менее 10 %. Например, напряженность поля 10 V/m при измерении широкополосной антенной может быть вызвана составляющими поля напряженностью 9 V/m на основной частоте и 4,5 V/m - на частоте гармонической составляющей. При оценке неопределенности измерения напряженности поля при аттестации такой вариант является допустимым.

Если на выходе усилителя применяется фильтр низких частот с фиксированными параметрами, то верхняя характеристическая частота фильтра должна быть примерно равна 1/3 максимальной частоты усилителя.

O‘zstandart agentligi
standartlashtirish, davlat
nazoratini muvofiqlashtirish va
axborot texnologiyalarini
joriy etish boshqarmasi

Н.3.2 Измерение содержания гармонических составляющих испытательного поля

Гармонический состав испытательного поля может быть измерен либо непосредственно путем применения селективной измерительной антенны, либо косвенным способом. При использовании косвенного способа:

- определяют эффективный коэффициент аттестации излучающей антенны (отношение подаваемой мощности к напряженности поля для данной камеры и данного расположения антенны), а затем находят отношение подаваемой мощности на основной частоте и частотах гармонических составляющих или:

- применяют направленный ответвитель с учетом значений коэффициента аттестации антенны, приведенных в технических документах изготовителя.

Если на выходе усилителя, который может работать в режиме насыщения, применяют фильтр низких частот, подавляющий гармонические составляющие, уровень подаваемого сигнала ни при каких условиях не должен превышать значение на 2 dB ниже точки насыщения усилителя. При этом пиковое значение сигнала на выходе усилителя (в вольтах) будет уменьшено на 20 %.

Н.4 Примеры, свидетельствующие об эквивалентности двух методов калибровки поля (см. 6.2)

Расположение 16 позиций, в которых должна быть измерена однородность испытательного электромагнитного поля, показано на рисунке Н.1. Расстояние между соседними позициями должно быть фиксированным и равняться 0,5 m.

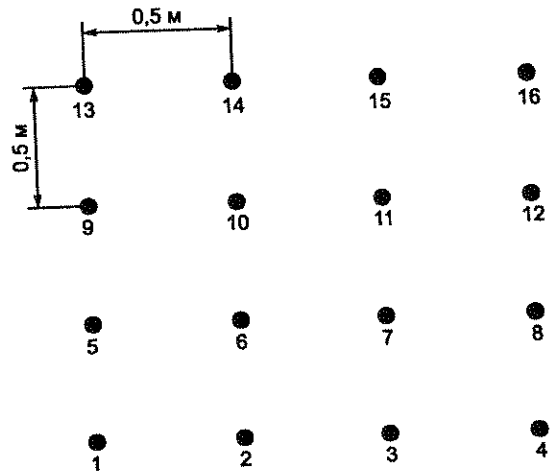


Рисунок Н.1 - Позиции измерительной антенны (датчика) в плоскости однородного поля

O'ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

H.4.1 Пример - Выполнение процедуры калибровки с использованием метода постоянной напряженности поля в соответствии с 6.2.1

Для создания постоянной напряженности поля E_c = 6 V/m на конкретной частоте при измерениях с применением установки, приведенной на рисунке 7, потребовались значения подводимой мощности, приведенные в таблице H.1. Эти значения приведены в порядке возрастания в таблице H.2.

Таблица H.1 - Измеренные значения подводимой мощности при аттестации с использованием метода постоянной напряженности поля

Позиция	Подаваемая мощность, dB (mW)	Позиция	Подаваемая мощность, dB (mW)
1	27	9	28
2	22	10	30
3	37	11	30
4	33	12	31
5	31	13	40
6	29	14	30
7	23	15	31
8	27	16	31

Таблица H.2 - Измеренные значения подводимой мощности, распределенные в порядке возрастания и оценка результатов измерений

Позиция	Подаваемая мощность, dB (mW)	Позиция	Подаваемая мощность, dB (mW)
2	22	14	30
7	23	5	31
1	27	12	31
8	27	15	31
9	28	16	31
6	29	4	33
10	30	3	37
11	30	13	40

Примечания

1 Позиция 13:40 - 6 = 34; соответствуют требованиям две позиции.

2 Позиция 3: 37 - 6 = 31; соответствуют требованиям шесть позиций.

3 Позиция 4: 33 - 6 = 27; соответствуют требованиям двенадцать позиций.

© DAVSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

В представленном выше примере (таблица H.2) измерительные позиции 2, 3, 7 и 13 не соответствуют критерию 0 dB/6 dB, но, по крайней мере, 12 из 16 позиций соответствуют указанному критерию. Следовательно, на данной конкретной частоте критерий однородности испытательного поля выполняется. В данном случае подводимая мощность должна быть 33 dB (mW). Это обеспечит напряженность поля не менее 6 V/m для двенадцати позиций (позиция 4) и напряженность поля не менее 12 V/m для двух позиций (позиции 1 и 8).

H.4.2 Пример - Выполнение процедуры калибровки с использованием метода постоянной мощности в соответствии с 6.2.2

Позиция 1 выбрана в качестве первой точки калибровки, в которой обеспечена напряженность поля E_c = 6 V/m на конкретной частоте. При той же подводимой мощности измерены с применением установки, приведенной на рисунке 7, значения напряженности поля, приведенные в таблице H.3. В таблице H.4 эти значения распределены в порядке возрастания.

Таблица H.3 - Измеренные значения подводимой мощности и напряженности поля при аттестации с использованием метода постоянной мощности

Позиция	Подаваемая мощность, dB (mW)	Напряженность поля, V/m	Напряженность поля, dB относительно позиции 1
1	27	6,0	0
2	27	10,7	5
3	27	1,9	-10
4	27	3,0	-6
5	27	3,8	-4
6	27	4,8	-2
7	27	9,5	4
8	27	6,0	0
9	27	5,3	-1
10	27	4,2	-1
11	27	4,2	-3
12	27	3,8	-4
13	27	1,3	-13
14	27	4,2	-3
15	27	3,8	-4
16	27	3,8	-4

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
MUZOKARALAR QO'MITASI
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица Н.4 - Измеренные значения напряженности поля, распределенные в порядке возрастания и оценка результатов измерений

Позиция	Подаваемая мощность, dB (mW)	Напряженность поля, V/m	Напряженность поля, dB относительно позиции 1
13	27	1,3	-13
3	27	1,9	-10
4	27	3,0	-6
5	27	3,8	-4
12	27	3,8	-4
15	27	3,8	-4
16	27	3,8	-4
10	27	4,2	-3
11	27	4,2	-3
14	27	4,2	-3
6	27	4,8	-2
9	27	5,3	-1
1	27	6,0	0
8	27	6,0	0
7	27	9,5	4
2	27	10,7	5

Примечания

1 Позиция 13: -13 + 6 = -7; соответствуют требованиям две позиции.

2 Позиция 3: -10 + 6 = -4; соответствуют требованиям шесть позиций.

3 Позиция 4: -6 +6 = 0; соответствуют требованиям двенадцать позиций.

В представленном выше примере (таблица Н.4) измерительные позиции 13, 3, 7 и 2 не соответствуют критерию 0 dB/6 dB, но 12 из 16 позиций соответствуют указанному критерию. Следовательно, на данной конкретной частоте критерий однородности испытательного поля выполняется. В данном случае подводимая мощность, необходимая для обеспечения напряженности поля E_c = 6 V/m, должна быть 27 dB (mW) + + 20 lg (6 V/m/3 V/m) = 33 dB (mW). Это обеспечит напряженность поля не менее 6 V/m для двенадцати позиций (позиция 4) и напряженность поля не менее 12 V/m для двух позиций (позиции 1 и 8).

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложения J
(справочное)

Методы измерений зондов электрических полей

J.1 Предисловие

Зонд электрических полей с широким диапазоном частот и с большим динамическим откликом на запрос широко используется в области унифицированных процедур калибровки в соответствии с настоящим стандартом. Среди других аспектов качество калибровки зонда поля непосредственно влияет на бюджет неопределенности измерений устойчивости к излучению.

Как правило, зонды могут быть относительно низкой напряженности поля, например, от 1 до 30 V/m, при однородности поля калибровку проводят в соответствии с настоящим стандартом. Поэтому, при калибровке зондов электрических полей, используемых в настоящем стандарте, принимают предполагаемый частотный и динамический диапазон.

В настоящее время результаты калибровки зонда могут быть разными, когда зонд откалиброван в различных калибровочных лабораториях. Таким образом, окружающая среда и способ для калибровки зонда поля должен быть указан. Данное приложение предоставляет соответствующую информацию о калибровке зондов для применения в настоящем стандарте.

Для частот выше мегагерц до диапазона гигагерц с использованием стандартного усиления рупорных антенн установка стандартного поля внутри безэховой камеры является одним из наиболее широко используемых методов калибровки зондов для приложений настоящего стандарта. Однако существует отсутствие установленного метода для проверки тестовой среды для калибровки зонда поля.

Калибровка зонда поля в 80 MHz до диапазона нескольких сотен мегагерц, который, как правило, осуществляется с волноводами TEM, является более точной.

Поэтому это приложение концентрируется на совершенствовании процедур калибровки зонда с применением рупорной антенны в безэховой камере, в которой представлена комплексная процедура калибровки.

J.2 Требования к калибровке зонда

J.2.1 Основное

Калибровка зонда электрического поля предназначена для использования в процедуре калибровки плоскости однородного поля и должна удовлетворять требованиям в соответствии с настоящим стандартом.

O'ZBEKISTON AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

J.2.2 Калибровка диапазона частот

Частотный диапазон, как правило, охватывает от 80 MHz до 6 GHz, но он может быть ограничен до частотного диапазона, требуемого для испытаний.

J.2.3 Шаг частоты

Для того чтобы иметь возможность сравнивать результаты испытаний различных калибровочных лабораторий, необходимо использование фиксированной частоты для калибровки: от 80 MHz до 1 GHz.

Используйте следующие частоты для калибровки зондов (обычно ширина шага частоты 50 MHz):

80, 100, 150, 200,…, 950, 1000 MHz;

от 1 до 6 GHz.

Используйте следующие частоты для калибровки зондов (обычно ширина шага частоты 200 MHz):

1000, 1200, 1400,…, 5800, 6000 MHz.

Примечание - Зонд не предназначен для измерения на частоте 1 GHz дважды, но в случае если он используется до или от 1 GHz, прибор должен быть измерен на той же частоте.

J.2.4 Напряженность поля

Напряженность поля, при которой зонд откалиброван, должна быть основана на напряженности поля, требуемой для испытания на помехоустойчивость.

Предпочтительный метод для однообразной калибровки поля проводится при напряженности поля, по крайней мере в 1,8 раза от напряженности поля для применения к устройству под испытанием. Рекомендовано производить калибровку зонда в два раза намеченных полевых испытаний напряженности (см. таблицу J.1).

Если зонд должен быть использован на различных уровнях поля, то он должен быть откалиброван на нескольких уровнях в соответствии с его линейностью, по крайней мере при минимальном и максимальном уровнях. Смотрите также J.3.2.

Примечания

1 Данный пункт содержит требования сжатия в 1dB усилителя мощности.

2 Калибровка выполняется с использованием (незатухающая волна) сигналов без модуляции.

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица J.1 - Калибровка уровня напряженности поля

Уровень калибровки	Калибровка напряженности поля
1	2 V/m
2	6 V/m
3	20 V/m
4	60 V/m
X	Y V/m

Примечание - X, Y является открытым уровнем калибровки, который может быть выше или меньше, чем одна из других уровней 1-4. Этот уровень может быть приведен в спецификации продукта или в описании испытательной лаборатории.

J.3 Требования для калибровочных приборов

J.3.1 Гармоники и побочные сигналы

Любая гармоника или побочные сигналы от усилителей мощности должны быть ниже уровня несущей частоты не менее 20 dB. Это является обязательным условием для всех уровней напряженности поля, используемых во время калибровки и проверки линейности. Поскольку содержание гармоник усилителя мощности, как правило, хуже при более высоких уровнях мощности, измерение гармоник может быть выполнено только при высокой калибровке напряженности поля. Гармонические измерения могут быть выполнены с использованием калиброванного анализатора спектра, который соединен с выходом усилителя через аттенюатор или через направленный ответвитель.

Примечание - Антенны могут иметь дополнительное влияние на содержание гармоник и должны быть проверены отдельно.

Калибровочные лаборатории выполняют измерения для проверки, удовлетворяют ли требованиям гармонические и/или побочные сигналы от усилителя для всех установок измерений. Это может быть сделано путем подключения анализатора спектра к порту 3 направленного ответвителя (заменив сенсор измерителя мощности с входным анализатором спектра - см. рисунок J.2).

Примечание - Должна быть уверенность в том, что уровень мощности не превышает максимально допустимую входную мощность анализатора спектра. В этом случае может быть использован аттенюатор.

Частотный диапазон должен охватывать по крайней мере третью гармонику заданной частоты. Проверка измерения должна быть проведена на уровне мощности, которая сгенерирует самую высокую напряженность поля. Гармонические фильтры подавления могут быть использованы для улучшения частоты спектра усилителя (ей) мощности (см. приложение D).

O'zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

J.3.2 Проверка линейности зонда

Линейность зонда, который используется для проверки камеры в соответствии с J.4.2.5 должен быть в пределах ± 0,5 dB от идеальной линейности в требуемом динамическом диапазоне (см. рисунок J.1).

Линейность должна быть подтверждена для всех предполагаемых диапазонов настроек, если зонд имеет несколько диапазонов или настроек коэффициентов усиления. В общем, линейность зонда существенно не меняется с частотой. Проверка линейности может проводиться при фиксированной частоте, близкой к центральной области предполагаемого использования диапазон частот и там, где отклик зонда в зависимости от частоты относительно плоский.

Напряженность поля, при котором измеряется линейность зонда, должна быть в пределах от минус 6 до плюс 6 dB напряженности поля, который используется во время проверки емкости, с достаточно малым шагом, например, 1 dB. В таблице J.2 приведен пример уровней напряженности поля, которые должны быть проверены на применение в 20 V/m.

Таблица J.2 - Пример для проверки линейности зонда

Уровень сигнала, dB	Калибровка напряженности поля, V/m
-6,0	13,2
-5,0	14,4
-4,0	14,8
-3,0	15,2
-2,0	16,3

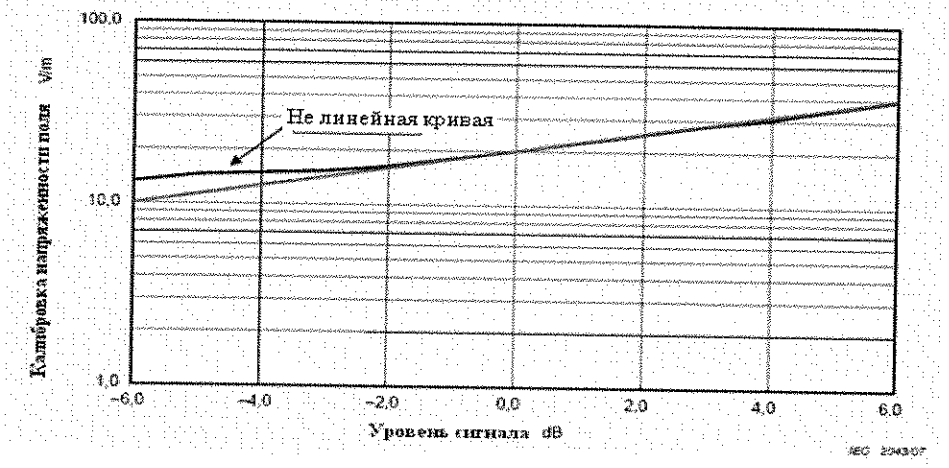


Рисунок J.1 - Пример линейности зонда

J.3.3 Определение коэффициента усиления стандартных рупорных антенн

Дальний коэффициент усиления поля стандартных пирамидальных рупорных антенн может быть определен достаточно точно, менее 0,1 dB

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

неопределенности. Дальний коэффициент усиления справедлив для расстояний более 8D2/λ (где D является наибольшим размером апертуры рупорной антенны, λ - длина волны).

Калибровка зонда поля на таких расстояниях может быть не практичной из-за большой безэховой камеры и необходимого усилителя мощности. Зонды поля, как правило, калибруются вблизи области поля передающих антенн.

Коэффициент усиления ближней зоны стандартных рупорных антенн определяется с использованием уравнений.

Коэффициент усиления вычисляется на основе физических размеров стандартных пирамидальных рупоров и предполагает квадратичное распределение фаз на апертуре рупора. Коэффициент усиления определяется, таким образом, недостаточным для выполнений испытаний КСВН камеры и последующих калибровок зонда.

Уравнения были получены с помощью диафрагмы интеграции, в предположении, что никакого отражения нет на апертуре рупора и что поле падающей на диафрагме в TE10 режиме, но с распределением квадратичной фазы по апертуре. Некоторые аппроксимации были применены в процессе интеграции, чтобы получить близкий результат образца.

Другие эффекты, такие как многократные отражения от края рупоров и режимы высшего порядка, в апертуре не учитываются.

В зависимости от частоты и конструкции рупора, погрешность обычно находится в порядках ± 0,5 dB, но может быть больше этого значения. Для повышения точности численного метода может быть использована интеграция полной волны. Например, неопределенность вычисления усиления численным методом может быть уменьшена менее чем на 5%.

Коэффициент усиления рупорной антенны также может быть определен экспериментально. Например, коэффициент усиления может определяться при малом расстоянии с тремя антеннами методом экстраполяции техники или с некоторыми вариациями методов. Рекомендовано в процессе калибровки, чтобы расстояние между рупорной антенной и испытываемым зондом было менее 0,5 D2/λ.

Большая неопределенность в определении коэффициента усиления может быть результатом более малых расстояний.

Стоячие волны между антенной и зондом также могут быть большими на более малых расстояниях, что приводит к большой неопределенности измерений при калибровке.

J.4 Калибровка зонда поля в безэховой камере

J.4.1 Калибровка обстановки

Калибровки зонда должны быть выполнены в полностью безэховой камере или в полу безэховой камеры с амортизаторами на первой плоскости, которые удовлетворяют требованию J.4.2.

O'ZBEKISTON MILLIY STANDARTLASHTIRISH, METROLOGIYA VA SERTIFIKATLASHTIRISH AGENTLIGI
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AKSIORGT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

Когда используется полностью безэховая камера, рекомендуемый минимальный размер внутренних рабочих объемов для выполнения калибровки зонда составляет 5 (D) × 3 (Ш) × 3 m (H).

Примечания

1 Для частот, выше нескольких сотен мегагерц, с использованием стандартных рупорных антенн установка усиления стандартного поля внутри безэховой камеры является одним из наиболее широко используемых методов для калибровки зондов поля, указанных в приложении настоящего стандарта. На более низких частотах, например, на 80 MHz до нескольких сотен мегагерц, использование безэховой камеры не может быть практичным. Также откалиброванный зонд поля может быть в других объектах, используемых для тестов устойчивости к электромагнитным полям. Поэтому, волноводы TEM и т.д. вставлены в настоящем приложении в качестве альтернативных сред калибровки для более низких частот.

2 Электрическое поле может быть установлено с использованием передачи к зонду (см. J.5.4).

J.4.2 Валидация безэховой камеры для калибровки зондов поля

Измерения калибровки зонда предполагаются в условиях свободного пространства. Испытания камеры КСВН с использованием зонда поля должны быть выполнены для определения, являются ли они приемлемыми для последующей калибровки зонда или сенсора. Метод проверки характеризует производительность камеры и абсорбирующего материала.

Каждый зонд имеет определенный объем и физический размер, как например, корпус батареи или монтажной платы.

При других процедурах калибровки сферическая чистая зона гарантируется при калибровке уровня. Конкретные требования настоящего приложения - это сосредоточиться на тесте КСВН при испытаниях в точках, расположенных на оси лучей антенн.

Испытание приспособлений и их воздействий (таких как металлический объект мешающего зонда, который может подвергаться воздействию электромагнитных полей и мешать калибровке) не может быть полностью оценено. Требуется отдельный тест, чтобы уточнить влияния креплений.

J.4.2.1 Измерение полезной мощности передающего устройства, использующего направленные ответвители

Полезная мощность, подаваемая на передающее устройство, может быть измерена с 4-портовым двунаправленным ответвителем или с двумя 3-портовыми направленными ответвителями, прикреплёнными спина к спине (формирование так называемого «двойного направленного ответвителя»).

Общая настройка двунаправленного ответвителя для измерений полезной мощности передающего устройства показана на рисунке J.2.

O‘zstandart agentligi
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMI

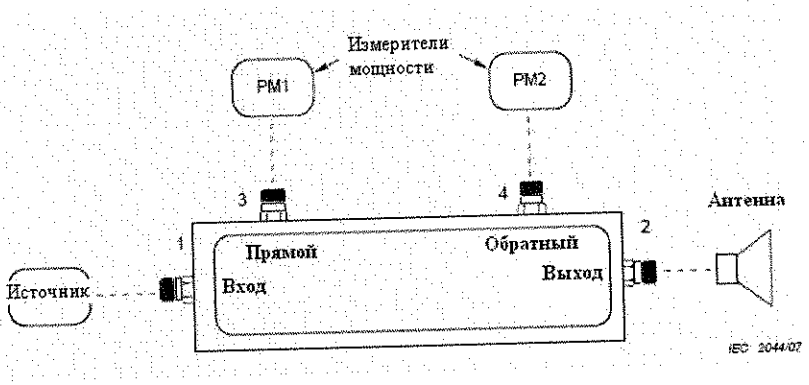


Рисунок J.2 - Схема измерений полезной мощности передающего устройства

Прямая связь, обратная связь и связь приемопередачи определяются следующими уравнениями, в случае, когда каждый порт соединен с согласованной нагрузкой и соответствующим источником:

$$C_{fwd} = \frac{P_3}{P_1}, \qquad (J.1)$$

$$C_{rev} = \frac{P_4}{P_2},$$

$$C_{trans} = \frac{P_2}{P_1}, \qquad (J.3)$$

где: P_1, P_2, P_3, P_4 являются соответствующими составляющими в каждой точке соединения направленного ответвителя.

Полезная мощность, принимаемая приемопередающим устройством:

$$P_{net} = \frac{C_{trans}}{C_{fwd}} PM_1 - \frac{PM_2}{C_{rev}}, \qquad (J.4)$$

где: PM_1 и PM_2 являются показаниями измерителя мощности в линейных единицах.

Если КСВН антенны известен, то одна из трех точек соединений может быть использована.

Например, когда антенна имеет КСВН 1,5, это эквивалентно коэффициенту отражения по напряжению 0,2.

Точность зависит от направленности ответвителя. Направленность является мерой способности ответвителя отделения прямого и обратного сигналов. Для хорошо подобранных передающих устройств, мощность обратного канала намного меньше, чем мощность прямого. Эффект направленности менее важен, чем воздействие отражений.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI DAVLAT STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

Например, когда передающая антенна имеет КСВН 1,5 и ответвитель имеет направленность 20 dB, абсолютный максимум неопределенности полезной мощности из-за конечной направленности в 0,22 dB -0,18 dB = 0 04 dB при U-образном распределении (где 0,22 dB - потери видимой падающей мощности к КСВН 1,5).

Полезная мощность передающего устройства:

$$P_{net} = C_{fwd} PM_1 (1 - VRC^2)$$

(J.5)

J.4.2.2 Создание стандартного поля с помощью рупорных антенн

Коэффициент усиления рупорной антенны определяется методами, описанными в J.3.3. Ось электрического поля (V/m) определяется:

$$E = \sqrt{\frac{\eta_0 P_{net} g}{4\pi}} \frac{1}{d},$$

(J.6)

где $\eta_0 = 377\ \Omega$ для свободного пространства;

P_{net} (W) является полезной мощностью и определяется методом, описанным в J.4.2.1;

g - числовое усиление антенны, определяемое в J.3.3;

d (m) - расстояние от апертуры антенны.

J.4.2.3 Валидация камеры тестированием частотного диапазона и шагов частоты

Испытательная камера КСВН должна охватывать диапазон частот, которые предназначены для калибровки зонда, и использовать те же шаги частоты, как указано в J.2.3.

Испытания КСВН должны проводиться в камере при низких и высоких рабочих частотах каждой антенны.

При использовании узкого диапазона поглотителей, например, таких как ферриты, возможно будет необходимо измерение больших частотных точек. Камера должна быть использована для калибровки зонда только при диапазонах частот, которые соединены с критерием КСВН.

J.4.2.4 Процедура валидации камеры

Камера, используемая для калибровки зонда, должна проверяться с помощью данной процедуры, за исключением случаев, когда физическое состояние камеры не позволяет использовать его. В таких случаях альтернативные методы, изложенные в J.4.2.7, могут быть применены.

Зонд должен быть расположен в позиции измерения с использованием подложкой из материала с низкой диэлектрической проницаемостью (например, стирольная пена) в соответствии с рисунками J.3 и J.4.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
«CRIT ETISH BOSHQARMASI

Зонд поля помещается в месте, где он будет использоваться для калибровки. Поляризация и положение вдоль линии визирования передающей рупорной антенны будут изменяться, чтобы определить КСВН камеры.

Передающая антенна должна быть такой же, как и для испытательной камеры КСВН и для калибровки зонда.

Меры стандартной антенны усиления рупора и зонда внутри камеры показаны на рисунке J.3.

Зонд и рупорная антенна должны быть установлены на одной горизонтальной оси L в разделительном расстоянии и измеряться от передней поверхности антенны к центру зонда.

В каждом случае зонд поля должен быть расположен к фасаду от центра рупорной антенной.

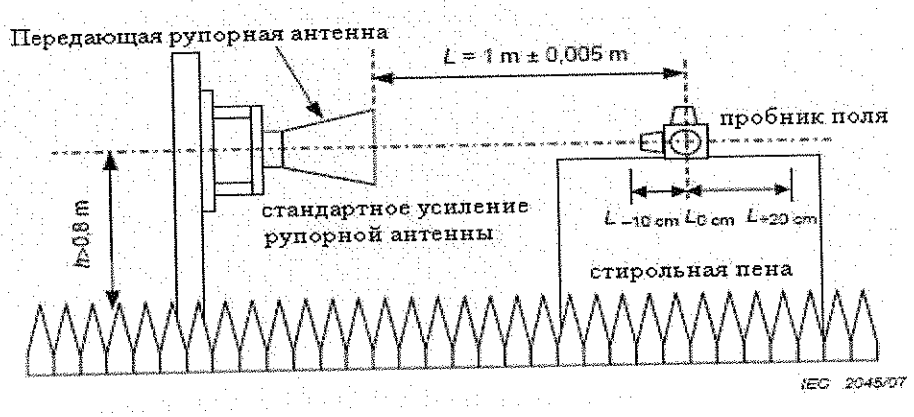


Рисунок J.3 - Установка для испытаний с целью валидации камеры

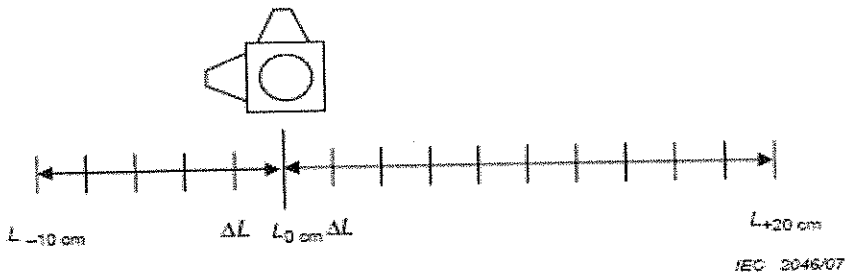


Рисунок J.4 - Измерения позиции ΔL

Установка показана на рисунке J.3 и J.4, где L-10 cm L+20 cm является расстоянием калибровки зонда, измеренное от поверхности рупорной антенны к центру области зонда L_0 cm, определяемое как положение 0.

Расположение: L-10 cm, L-8 cm, L-6 cm, ..., L_0, L+2 cm, L+4 cm, ..., L +20 cm, $\Delta L = 2$ cm.

Если зонд находится в ближнем поле передающей рупорной антенны (расстояние меньше $2D^2/\lambda$, где D является крупнейшим размером антенны

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH VA
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

и λ - длина волны в свободном пространстве), усиление передающей антенны не является постоянным и возможно, должно быть определено для каждой позиции (расположения).

Постоянная мощности создает определенные поля (например, 20 V/m) на расстоянии 1 m и применяется для всех позиций зонда.

С передающей антенны и зонда поля с вертикальной поляризацией записываются все показания зонда по всем позициям на всех частотах.

Испытания повторяются с антенной и зондом горизонтальной поляризацией.

Все показания должны удовлетворять требованиям, указанным в J.4.2.5.

J.4.2.5 Критерии приемлемой КСВН

Результаты измерений КСВН должны быть сопоставлены с помощью следующей процедуры. Для расчета напряженности поля, см. J.4.2.2:

a) расчет напряженности поля.

Напряженность электрического поля в области пространства от 90 до 120 cm рассчитывается с шагом в 2 cm для каждой частоты.

Данное вычисление основано на электрической напряженности поля на расстоянии в 1 m, используемым для проверки;

b) корректировка данных.

Данные регулируется с помощью следующего процесса, поскольку используемый зонд для измерения КСВН не может подавать эфир, равный расчетной напряженности поля: индикация единицы напряженности электрического поля зонда на расстоянии 1 m должна регулироваться на 1 m для позиции расчета. Полученная разность между показаниями зонда и рассчитанная напряженность используются в значении коррекции k для всех данных на 90 cm и 120 cm.

Например: сравнение между зондом Vmv значения (например, 21 V/m) и расчетные значения Vcv (например, 20 V/m) на расстоянии 1 m.

В этом случае коррекция значения k:

Vcv- Vmv = -1 V/m.

Значение коррекции k должно прибавляться к данным, которые измеряются в позициях измерения от 90 до 120 cm.

Такие же расчеты должны быть применены ко всем измерениям значения всех измеряемых частот. В случае приведенного выше примера, k = -1 V/m. Поэтому -1 V/m добавляется ко всем измерениям значений зонда;

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMI

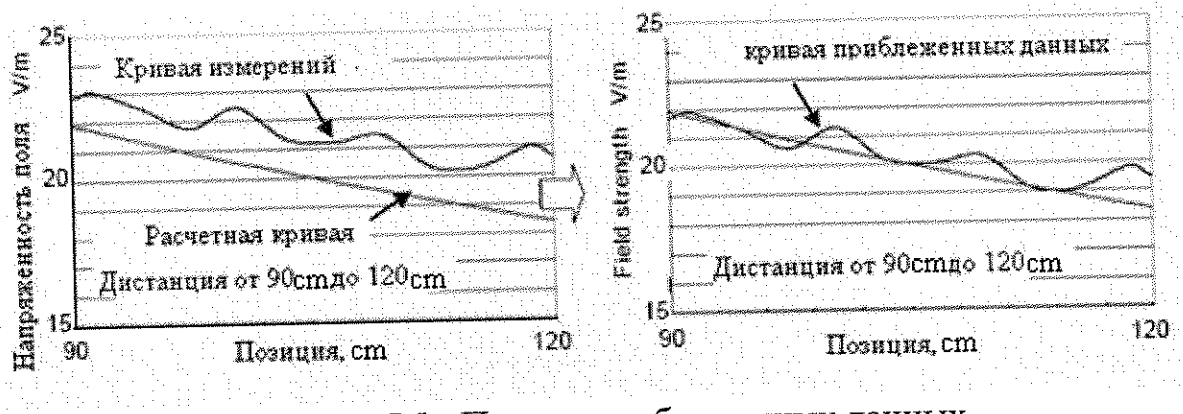


Рисунок J.5 - Пример приближенных данных

c) сравнение данных измерений и расчетов.

Когда разница между кривой расчета данных и кривой измерения превышает ± 0,5 dB при любом положении измерения, камера не должна использоваться для калибровки зонда.

Примечание - Критерий 0,5 dB установлен в соответствии с бюджетом неопределённости измерений и был проверен при использовании нескольких подходящих камер, которые предназначаются для калибровки зондов поля. Это, прежде всего, только один фактор в общей неопределенности.

Некоторые зонды поля имеют металлический ящик или полюс, такие как в батареях или цепях. Эти устройства могут привести к ошибкам от отражений на определенных расстояниях и частотах.

При использовании зондов влияния отражений должны быть минимизированы, например вращением зонда или изменением его ориентации.

J.4.2.6 Проверка зажима зонда

Зажим зонда может вызвать электромагнитные поля при калибровке зонда. Таким образом, влияние зажима на результаты калибровки должны быть заранее проверены.

Процедура, описанная в настоящем пункте, осуществляется для любых новых зажимов зонда, которые будут применяться.

Процедура:

a) поместить зонд на опорный поддержатель, выполненый из материала с относительной диэлектрической проницаемостью менее 1,2 и с тангенсом угла диэлектрических потерь меньше, чем 0,005. Расположение зонда должно быть таким же, как и для установки калибровки. Эталонный зажим должен быть как можно меньше. Любые другие опорные конструкции должны быть максимально не интрузивными, и должны находиться не менее 50 cm от зонда. Следует избегать расположения опорных конструкций впереди или позади зонда (между антенной и зондом);

b) создать стандартное поле, которое находится в пределах динамического диапазона зонда на калибровочной позиции;

c) записать показания зонда для всех точек калибровки частоты. Повернуть или переориентировать зонд для всех позиций калибровки (для трехосных изотропных зондов поля каждая ось может быть выровнена от-

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

дельно) и повторить шаги 1 и 2. Записать показания зонда для всех ориентаций;

d) удалить опорный зажим и заменить его калибровочным зажимом для оценки. Повторить шаги 2 и 3;

e) сравнить результаты действий 3 и 4. Разность между двумя показаниями двух зажимов для одного и того же зонда должна быть не больше ± 0,5 dB.

J.4.2.7 Альтернативная процедура проверки камеры

Данная альтернативная процедура проверки камеры применима, когда процедура проверки J.4.2.4 не может быть применена.

Зонд поля помещается в место, где он будет применен для калибровки. Его поляризация и положение вдоль линии визирования передающей рупорной антенны будет изменяться, чтобы определить КСВН камеры. Передающая антенна должна быть такой же, как для испытания КСВН камеры и калибровки зонда.

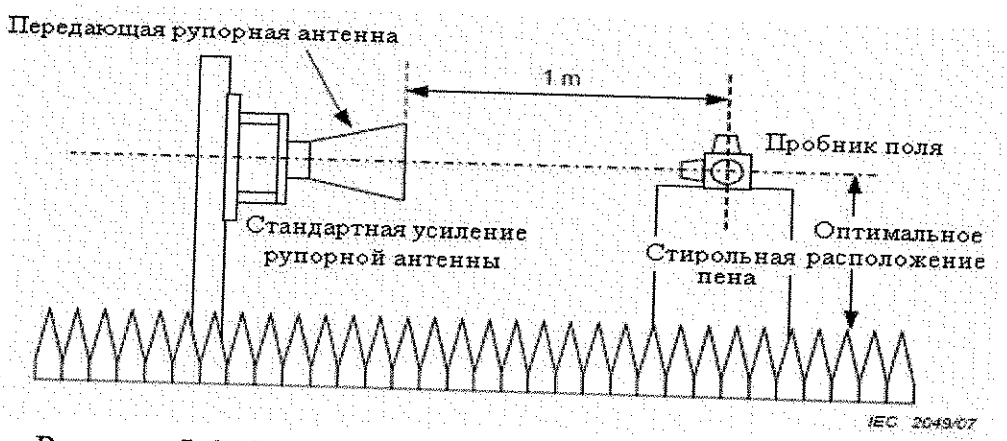


Рисунок J.6 - Пример макета испытаний антенны и зонда

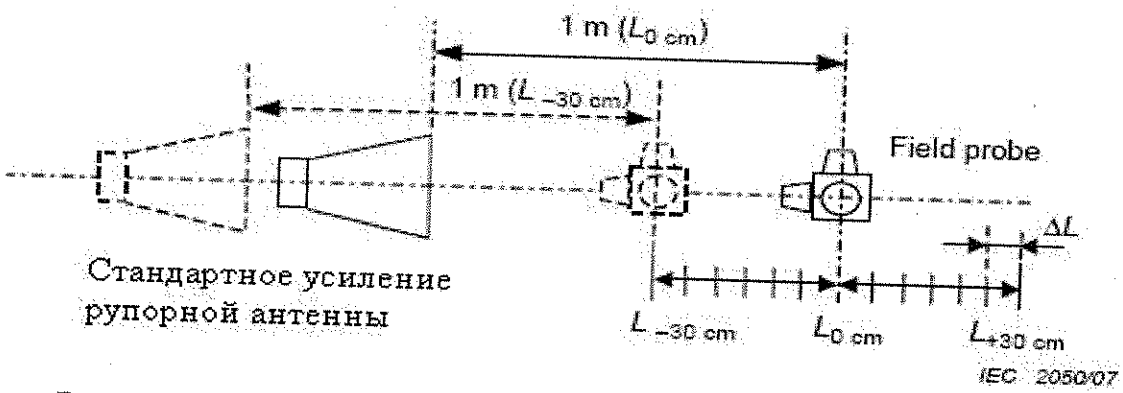


Рисунок J.7 - Испытательная установка для испытаний проверки камеры

Как показано на рисунках J.6 и J.7 установка калибровки зонда, измеренная от поверхности рупорной антенны к центру зонда, обеспечивается на фиксированном расстоянии, т.е. 1 m.

O'ZBEKISTON STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI ...

Желательно использовать материал с низкой проницаемостью для зажима зонда, чтобы избежать влияния на измерения.

Зажим, используемый для калибровки зонда, должен быть оценен отдельно (см. J.4.2.6).

Позиции: L-30 cm, L-25 cm, L-20 cm, ..., L_0, L+5 cm, L+10 cm, ..., L+ 30 cm, ΔL составляет 5 cm.

Постоянная поля, например 20 V/m, генерируется для всех расположений.

Сгенерированное поле должно быть в динамическом диапазоне зонда поля. Передающая антенна и зонд поля должны быть с вертикальной поляризацией. Запишите показания зонда для всех позиций на всех частотах. Повторите измерение с антенной и зондом, имеющими горизонтальную поляризацию.

На каждой частоте будет 26 независимых показаний зонда (13 позиций двух поляризаций). Максимальный разброс показаний на каждой частоте должен быть меньше ± 0,5 dB.

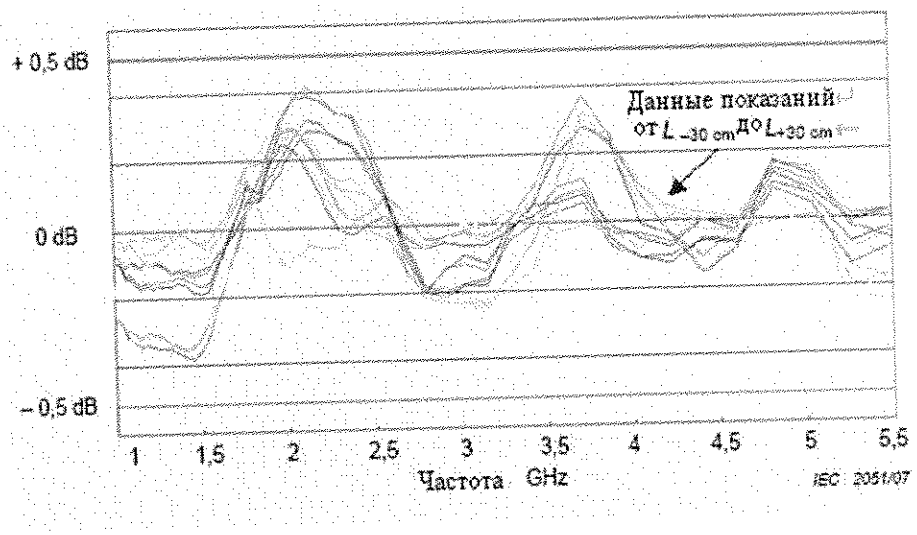


Рисунок J.8 - Пример альтернативных данных проверки камеры

J.4.3 Процедура калибровки зонда

Многие современные зонды имеют внутренние поправочные коэффициенты, чтобы обеспечить линейную характеристику. Калибровочные лаборатории могут регулировать факторы в процессе калибровки, чтобы дать показания на отклик зонда на ± 0,5 dB от идеальной. Если вносятся изменения (регулировки), калибровочная лаборатория должна сообщать об этом до и после изменений.

Процесс проверки линейности должен быть применим к зонду при калибровке. Влияние на линейность системы калибровки, изложено в J.3.2.

Примечания

1 Когда невозможно регулировать зонд, любая нелинейность должна компенсироваться пользователем при проведении калибровки однородности поля.

© ISTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
SERTIFIKATSIYA BO‘LIMI

2 При калибровке зонда можно использовать систему измерения или окружающую среду, которая удовлетворяет требованию J.4.

J.4.3.1 Настройка испытаний

Зажим, в соответствии с J.4.2.6 полностью не проверенный, может привести к большой неопределенности. Поэтому зажим прибора должен быть в соответствии с J.4.2.6.

Калибровка зонда поля должна быть проведена в соответствии со спецификацией пользователя или спецификацией производителя относительно размещения зонда.

Это расположение также должно быть использовано в испытательной лаборатории, чтобы ограничить эффект изотропии.

Если производитель не определяет расположение зонда поля в паспорте, калибровка должна быть выполнена при расположении зонда, которое можно рассматривать как «нормальную работу» зонда или в соответствии с предпочтительным размещением, определяемым лабораторией (которая будет использовать зонд). В любом случае отчет о калибровке должен содержать поле размещения зонда, при котором была проведена калибровка.

Примеры измерительной установки показаны на рисунках J.9 и J.10.

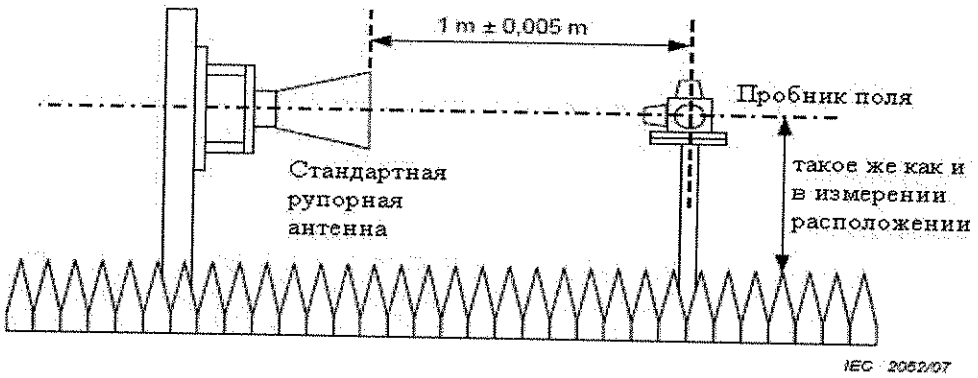


Рисунок J.9 – Схема калибровки зонда поля

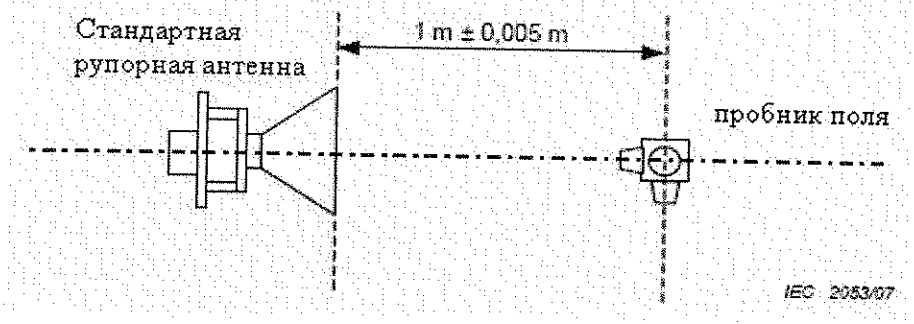


Рисунок J.10 – Схема калибровки зонда поля (вид сверху)

© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
SOHASIDA BUSHLANGICH

J.4.3.2 Отчет о калибровке

Результаты измерений, полученные в соответствии с J.4.3.1, должны быть переданы в виде отчета о калибровке.

Отчет о калибровке должен содержать:

a) калибровку окружающей среды;

b) название изготовителя зонда;

c) обозначение типа;

d) серийный номер;

e) дату калибровки;

f) температуру и влажность;

g) сведения о данных калибровки:

- частоту;
- применяемую напряженность поля (V/m);
- показания зонда (V/m);
- расположение зонда;

h) неопределенность измерения.

J.5 Альтернативные среды и методы калибровки зонда

Этот раздел описывает требования среды для альтернативной калибровки, например, необходимые для калибровки в диапазоне низких частот. Калибровка может быть произведена в среде, определяемой как независимая среда измерений в соответствии с настоящим стандартом. В отличие от оборудования, которое испытывается на устойчивость, поле зонда является небольшим и не оснащено проводящими кабелями.

J.5.1 Калибровка зонда с использованием TEM камер

Прямоугольная TEM камера может быть использована для установления стандартных полей для калибровки зонда поля. Верхняя частота TEM камеры обычно составляет несколько сотен мегагерц. Поле в центре TEM камеры между перегородкой и верхней или нижней пластиной рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{\sqrt{Z_0 P_{net}}}{h} \text{ (V/m)}, \qquad \text{(J.7)}$$

где: Z_0 - волновое сопротивление в TEM камере (как правило, 50 Ω);

P_{net} - полезная мощность (в ваттах), которая определяется в соответствии с J.4.2.1;

h - разделение расстояния между перегородкой и верхней или нижней плиты (в метрах).

КСВН TEM камеры должна быть небольшой, например, менее 1,3 для минимизации измерений неопределённости.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSH KAFEDRASI

Альтернативный метод измерения P_{net} - использование калиброванного аттенюатора с низким КСВН и с измерителем мощности, подключенным к выходному порту ТЕМ камеры.

J.5.2 Калибровка зонда поля с использованием волноводных камер

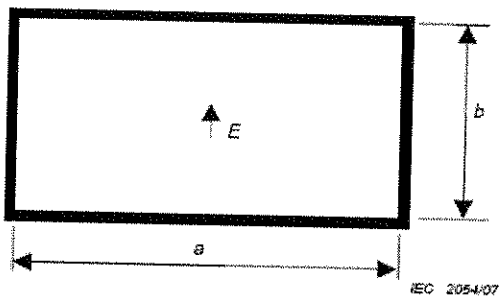


Рисунок J.11 - Вид в разрезе волноводной камеры

Калибровочные лаборатории должны обеспечивать функционирование волноводных камер в их доминирующем ТЕ10 режиме. Следует избегать частоты, которые могут возбуждать режимы высшего порядка. Производители волновода обычно указывают диапазоны частот, в которых указаны только доминирующие режимы. Это также может быть определено размерами волновода. Использование волноводных камер ограничено примерно от 300 до 1000 MHz при использовании типичных размеров зонда.

Для волноводной камеры с внутренними размерами a (m) × b (m) (a>b), частота прерывания доминирующего ТЕ10 режима:

$$(f_c)_{10} = \frac{1}{2a\sqrt{\mu\varepsilon}}, \qquad \text{(J.8)}$$

где: ε и μ являются диэлектрической и магнитной проницаемостями волновода соответственно.

Для заполненных воздухом волноводов:

$$\mu = \mu_0 = 400\pi \text{ nHm-1} \quad \text{и} \quad \varepsilon = \varepsilon_0 = 8{,}854 \text{ pFm-1}.$$

$$(f_c)_{10} = \frac{1}{2a\sqrt{\mu\varepsilon}}, \qquad \text{(J.9)}$$

$$(f_c)=150/a \text{ MHz} \qquad \text{(J.10)}$$

Среднеквадратическое электрическое поле в центре волновода:

$$E = \sqrt{\frac{2\eta_0 P_{net}}{ab\sqrt{1-((f_c)_{10}/f)^2}}} \text{ (V/m)}, \qquad \text{(J.11)}$$

© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
MILLIY ETIKA BO‘LIMLARI

где f_c - рабочая частота (MHz);

$\eta_0 = 377\ \Omega$ для воздушного волновода;

P_{net} (W) - полезная мощность, подводимая к волноводу и определяемая по методу, описанному в J.4.2.1.

Заметим, что поле внутри волновода камеры не является TEM волной и является самым большим в центре волновода (с синусоидальным распределением, сужающимся к нулю на боковые стенки). Рекомендуется, чтобы калибровка зонда поля выполнялась в центре волновода, где распределение поля имеет меньшую вариацию (более равномерное), чем в других местах.

J.5.3 Калибровка зонда поля с использованием волноводов с открытым концом

Так как теоретическое решение для открытого волновода не доступно, следует определять коэффициент усиления в ближней зоне открытого волновода двумя полупериодными численными методами или методами измерения. Как только ближний коэффициент усиления в ближней зоне открытых волноводов определился, калибровка осуществляется в порядке, указанным в J.4.3.

J.5.4 Калибровка зонда поля методом усиления передачи

Зонд передачи может быть использован для установления стандартных полей в поле устройства генерации (рабочий стандарт устройства). Реакция передающего зонда может быть либо определена теоретическими вычислениями (для зондов, таких как диполи), либо калибровками в соответствии с методами, описанными в J.5.1 или J.5.2. Передаточная функция рабочего стандарта, например, GHz TEM камеры, может быть определена из передающего зонда. Распределение поля в рабочем стандартном устройстве должно быть отображено путем передающего зонда, то есть он должен быть измерен в нескольких местах, сколько необходимо для оценки однородности поля в испытательном объеме. После выполнения передаточной функции рабочего стандартного устройства будет известно, что калибровка зонда может быть выполнена на других уровнях мощности, при условии, что рабочее стандартное устройство является линейным. Зонд для калибровки должен быть расположен в том же месте, где был расположен передающий зонд.

Метод передачи является правильным, если выполняются следующие условия:

- установка не меняется между процедурами передачи и калибровки;
- положение зонда в процессе измерений воспроизводится;
- передаваемая мощность остается неизменной;
- измеряемый зонд аналогичен по конструкции (размер и элемент конструкции) к передающему зонду;

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

- кабели, соединяющие сенсорную головку и индикатор, не нарушают или поднимают над землей;

- рабочий эталон устройства в значительной степени должен быть безэховым.

© O‘zDSt agentligi
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI O‘TKAZUVCHI LABORATORIYALARINI
AKKREDITATSIYA QILISH BO‘YICHA

Приложения К
(справочное)

Измерение неопределенности при проведении испытаний измерительных приборов

К.1 Общее

В этом приложении приведена информация, относящаяся к измерениям неопределенности в тестах установки уровня в соответствии с практическими методами тестов, изложенных в основной части стандарта.

В этом приложении имеется пример бюджета неопределенности и как он может быть подготовлен на основании установки уровней. Остальные параметры количества отклонений, такие как частота модуляции, определены в соответствии с испытательной лабораторией. Методология, указанная в данном приложении, состоит из применимых параметров количеств отклонений.

Вклад неопределенности в однородность поля, включая тесты иных эффектов, находится на рассмотрении.

К.2 Бюджет неопределенности для настройки уровней

К.2.1 Описание измеряемой величины

Измеряемая величина - это предположительный тест силы электрического поля в точке, выбранной в соответствии с процедурами, указанными в пунктах 6.2.1 а) и 6.2.2 а) данного стандарта.

К.2.2 Участвующие в измерении неопределенности измеряемой величины

Диаграмма влияния (см. рисунок К.1) показывает пример влияния на установку уровня. Это относится как к аттестации, так и к процессам теста. Данная диаграмма является не полной. Наиболее важные факторы от диаграммы влияния были выбраны для таблиц К.1 и К.2 бюджета неопределённости. Как минимум, вклады перечисленные в таблицах К.1, К.2, должны использоваться для расчета бюджета неопределенности, для того чтобы получить сопоставимые бюджеты различных лабораторий. Следует отметить, что лаборатория может включать дополнительные средства в расчете его конкретных условий.

STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI

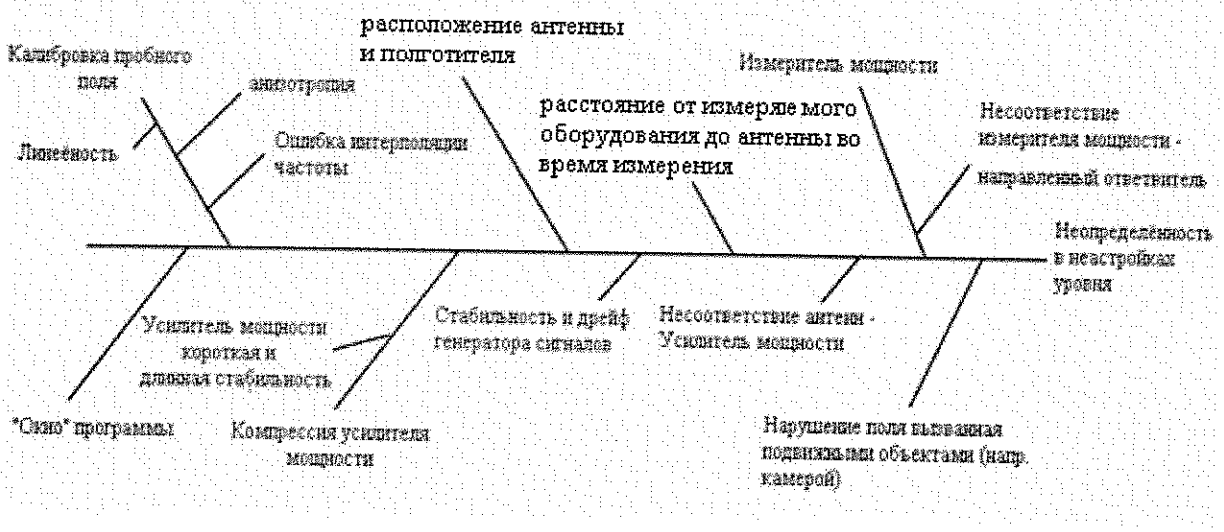


Рисунок К.1 - Пример влияния на настройки уровня

К.2.3 Примеры расчетов расширенной неопределенности

Вклад для аттестации и для проведения тестов не должен быть тем же самым. Это должно вести к разным бюджетам для каждого процесса.

В настоящем стандарте поле внутри камеры калибруется перед тестом на испытательном оборудовании. В зависимости от испытательной установки некоторые составные части не могут быть фактором при расчете измерения неопределённости.

Примеры включают в себя те примеры, которые компенсируются контролем уровня выходной мощности усилителя, или, которые остаются неизменными между калибровкой и испытаниями (например, несоответствие между антенным усилителем).

Пробник поля и приборы контроля мощности (повторяемость, а не абсолютная точность и линейность) не включены в уровень контроля усилителя выходной мощности и их составные части следует учитывать при оценке измерения неопределённости.

В таблицах К.1 и К.2 приведены примеры неопределенности бюджета для настройки уровней.

Бюджет неопределенности состоит из двух частей: неопределенности аттестации и неопределенности теста.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI «ORIY ETISH BO'LIMLARINASI

Таблица К.1 - Процесс аттестации

Символ	X_i источник неопределенности	$U(x_i)$	Распределение	Делитель	$u(x_i)$	c_i	$u_i(y)$	$u_i(y)^2$
FP	Калибровка зонда поля	1,7 dB	Нормальное k =2	2,00	0,85 dB	1	0,85 dB	0,72
PM_c	Измеритель мощности	0,3 dB	Прямо-угольное	1,73	0,17 dB	1	0,17 dB	0,03
PA_c	Быстрое изменение усиления усилителя мощности	0,2 dB	Прямо-угольное	1,73	0,12 dB	1	0,12 dB	0,01
SW_c	Точность выравнивания коротких волн	0,6 dB	Прямо угольное	1,73	0,35 dB	1	0,35 dB	0,12
				$\Sigma u_i(y)$ 2				0,88
				$\sqrt{\Sigma u_i(y)}$ 2				0,94
				Увеличенная неопределенность U(y) (CAL) k =2				1,88 dB

O'ZBEKISTON AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
UCHUN ETIShI BO'LIMI

Таблица К.2 - Установка уровней

Символ	X_i источник неопределенности	$U(x_i)$	Распределение	Делитель	$u(x_i)$	c_i	$u_i(y)$	$u_i(y)^2$
CAL	Калибровка	1,88 dB	Обычное k =2	2,00	0,94 dB	1	0,94 dB	0,89
AL	Изменение расположения антенны и размещения поглотителя	0,38 dB	k = 1	1,00	0,38 dB	1	0,38 dB	0,14
PM_t a)	Измеритель	0,3 dB	Прямоугольное	1,73	0,17 dB	1	0,17 dB	0,03
PA_t	Быстрое изменение усиления усилителя мощности	0,2 dB	Прямоугольное	1,73	0,12 dB	1	0,12 dB	0,01
SW_t	Точность выравнивания SW	0,6 dB	Прямоугольное	1,73	0,35 dB	1	0,35 dB	0,12
SG	Стабильность генератора сигналов	0,13 dB	Прямоугольное	1,73	0,08 dB	1	0,08 dB	0,01
				$\Sigma u_i(y)^2$				1,20
				$\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$				1,10
				Увеличенная неопределенность U(y) k = 2				2,19 dB

© STANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMI

Если уровень управления выходным сигналом генератора на уровне измерителя мощности (который используется) PM_T входит в таблицу, в противном случае стабильность и дрейф генератора сигнала, а также усилитель мощности должны быть приняты во внимание при испытании. В этом примере усилитель мощности не участвует в бюджете неопределенности, потому что это выходная часть управления усилителем мощности, поэтому достаточно рассмотреть участие измерителя мощности.

K.2.4 Определение терминов

FP - комбинация неопределенности аттестации, поле зонда дисбаланса (анизотропии), поле зонда частотной и температурной чувствительности. Обычно эти данные могут быть получены из паспорта зонда и/или сертификата об аттестации.

PM_c - неопределенность измерителя мощности, включая датчики, взятые из любой спецификации производителя (и рассматриваются как прямоугольное распределение) или из сертификата аттестации (и рассматриваются как нормальное распределение). Если же измеритель мощности используется для аттестации и испытаний, этот фактор может быть сведен к повторяемости и линейности измерителя мощности. Этот подход применяется в таблице.

PA_c - неопределенность, полученная из быстрого изменения коэффициента усиления усилителя мощности после того, как устойчивое состояние было достигнуто.

SW_c - неопределенность, полученная из дискретного шага частоты генератора и программы для Windows для настройки уровня в процессе аттестации. Окно программного обеспечения может обычно регулироваться испытательной лабораторией.

CAL - расширенная неопределенность, связанная с процессом аттестации.

AL - неопределенность, полученная из-за удаления и замены антенны и поглотителя. Изменение расположения антенны и поглотителя размещения являются факторами типа А, то есть их неопределенность может быть оценена путем статистического анализа серии наблюдений. Факторы типа А, как правило, не входят в неопределенность измерений оборудования, однако, эти факторы были приняты во внимание из-за их высокого значения и их тесной связи с измерительным оборудованием.

PM_t - неопределенность измерителя мощности, включая датчики, взятые из любой спецификации производителя (и рассматриваются как прямоугольное распределение) или сертификата аттестации (и рассматриваются как нормальное распределение). Если же измеритель мощности используется для аттестации и испытаний, этот фактор может быть сведен к повторяемости и линейности измерителя мощности. Этот подход применяется в таблице.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVL.
MAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH
AKSIONOT TEXNOLOGIYALARI
SORTI ETILGAN BUYUMLARNI

Этот вклад может быть опущен, если измерения установки без регулирования мощности выходного усилителя используются для процесса испытания (в отличие от рисунка 7 настоящего стандарта). В этом случае неопределенности сигнала генератора и усилителя мощности должны быть пересмотрены.

PA_t - неопределенность, полученная из быстрого изменения коэффициента усиления усилителя мощности, после того как устойчивое состояние было достигнуто.

SW_t - неопределенность, полученная из дискретного шага частоты генератора и программы для Windows для настройки уровня в процессе испытаний. Окно программы, как правило, может быть скорректировано испытательной лабораторией.

SG - дрейф генератора сигналов во время задержки.

K.3 Приложение

Рассчитанное количество измерений неопределенности (расширенной неопределенности) может быть использовано для различных целей, например, как указано в стандарте или для аккредитации лаборатории. Оно не предназначено для использования регулировки уровней теста испытываемого оборудование в процессе испытаний.

© O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, METROLOGIYA
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH
ASBJRCT TEXNOLOGIYA
JORIY ETISH

Библиография

[1] IEC 61000-4-6-2003 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-6: Методы испытаний и измерений - Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями. (Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields)

O‘zSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMARAKASI

УДК 621.391.82 ОКС 33.100 Э 02

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, технические средства, устойчивость к помехе (помехоустойчивость), радиочастотное электромагнитное поле, требования, степени жесткости испытаний, методы испытаний, испытательное оборудование

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BO‘LIMLARIDASI

O‘z DSt 282/ :2014

Заместитель директора
ГУП «UNICON.UZ» _____ А. Кадиров

Начальник научно-
исследовательского департамента
радиосвязи, радиовещания и
электромагнитной совместимости _____ З. Хусанов

Ведущий инженер
научно-исследовательского
отдела радиосвязи, радиовещания
и телевидения _____ А. Усманова

Инженер службы анализа
электромагнитной совместимости _____ Н. Абидова

Нормоконтроль _____ Л. Шаймарданова
01.04.2014

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления развития телекоммуникационной инфраструктуры Государственного комитета связи, информатизации и телекоммуникационных технологий Республики Узбекистан

Ю. Камалов
письмо от 13.11.2013
№ 20-8/5473

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела по международным вопросам использования радиочастотного спектра, учета и контроля Государственной комиссии по радиочастотам

Н. Махмудова
письмо от 07.10. 2013
№ 2-3/814

СОГЛАСОВАНО

Начальник Государственного
унитарного предприятия Центр
электромагнитной
совместимости

Р. Мансуров
письмо от 07.10.2013
№ 36-18-13/2899

O‘zstandart agentligi
standartlashtirish, davlat
nazoratini muvofiqlashtirish va
axborot texnologiyalarini
joriy etish boshqarmasi