МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ CISPR 16-4-2— 2013

Совместимость технических средств электромагнитная

ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РАДИОПОМЕХ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Часть 4-2

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, СТАТИСТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМ. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, ВЫЗЫВАЕМАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ

(CISPR 16-4-2:2011, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Санкт-Петербургским филиалом «Ленинградское отделение Научно-исследовательского института радио» (Филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР) и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств»

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 3 декабря 2013 г. № 62-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Агентство «Узстандарт»

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2013 г. № 2226-ст межгосударственный стандарт ГОСТ CISPR 16-4-2—2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту CISPR 16-4-2:2011 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling — Measurement instrumentation uncertainty (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 4-2. Неопределенности, статистика и моделирование норм. Инструментальная неопределенность измерений).

Международный стандарт CISPR 16-4-2:2011 подготовлен Международным специальным комитетом по радиопомехам (CISPR), Подкомитетом А «Измерения радиопомех и статистические методы».

Второе издание CISPR 16-4-2:2011 заменяет и отменяет первое издание, опубликованное в 2003 г.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.6).

Перевод с английского языка (en).

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия — идентичная (IDT)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2016

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 3
3.1 Термины и определения 3
3.2 Обозначения 3
3.3 Сокращения 4
4 Критерий соответствия норме с учетом неопределенности измерений, вызываемой измерительной аппаратурой (MIU) 4
4.1 Общие положения 4
4.2 Оценка соответствия норме 5
5 Измерения кондуктивных помех 6
5.1 Измерения кондуктивных помех на порте питания с использованием эквивалента сети питания (ЭСП/AMN) 6
5.2 Измерения кондуктивных помех на порте питания с использованием пробника напряжения . . . 6
5.3 Измерения кондуктивных помех на порте связи с использованием асимметричного эквивалента сети (AAN, Y-эквивалент) 7
5.4 Измерения кондуктивных помех на порте связи с использованием емкостного пробника напряжения 8
5.5 Измерения кондуктивных помех на порте связи с использованием пробника тока (CP) 8
6 Измерение мощности помех 9
6.1 Измеряемая величина при измерениях мощности помех 9
6.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям мощности помех 9
6.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях мощности помех 9
7 Измерения излучаемых помех в полосе частот от 30 до 1000 МГц 9
7.1 Измерения излучаемых помех на открытой испытательной площадке (OATS) или в полубезэховой камере (SAC) 9
7.2 Измерения излучаемых помех в полностью безэховой камере (FAR) 10
8 Измерения излучаемых помех в полосе частот от 1 до 18 ГГц 11
8.1 Измеряемая величина при измерениях излучаемых помех в FAR (FSOATS) 11
8.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям излучаемых помех 11
8.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях излучаемых помех в FAR 11
Приложение А (справочное) Способы определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, основная информация и обоснование входных величин, общих для всех методов измерения 13
Приложение В (справочное) Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях кондуктивных помех 19
Приложение С (справочное) Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях мощности помех 26
Приложение D (справочное) Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях излучаемых помех в полосе частот от 30 до 1000 МГц 27
Приложение Е (справочное) Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях излучаемых помех в полосе частот от 1 до 18 ГГц 37
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам 40
Библиография 42

Введение

В публикациях СИСПР серии 16 «Технические требования к аппаратуре для измерения помех и помехоустойчивости и методы измерения. Неопределенности, статистика и моделирование норм» приведена информация, относящаяся к неопределенностям, статистике и моделированию норм, и эта серия состоит из пяти частей:

- часть 4-1: Неопределенности в стандартизованных испытаниях в области электромагнитной совместимости (ЭМС);
- часть 4-2: Неопределенность измерений, вызываемая измерительной аппаратурой;
- часть 4-3: Статистический подход к определению соответствия нормам ЭМС продукции, выпускаемой серийно;
- часть 4-4: Статистика жалоб и модель расчета норм для защиты радиослужб;
- часть 4-5: Условия использования альтернативных методов испытаний.

По практическим причинам стандартизованные испытания в области ЭМС представляют собой упрощенные сценарии возможных случаев электромагнитных помех, с которыми может встретиться изделие на практике. Соответственно в стандарте в области ЭМС измеряемая величина, норма, измерительные устройства, измерительная установка, процедура измерения и условия измерения упрощены, но остаются значимыми (репрезентативными). Здесь понятие «значимый» означает, что существует статистическая корреляция между соответствием изделия норме, основанным на результатах стандартизованного испытания с использованием стандартного испытательного оборудования, и высокой вероятностью обеспечения реальной ЭМС того же изделия в течение его жизненного цикла. В части 4-4 приведены основанные на статистике методы получения значимых норм помех для защиты радиослужб.

В общем случае стандартизованное испытание в области ЭМС должно разрабатываться так, чтобы при проведении разными компаниями одинаковых испытаний с одинаковым испытуемым оборудованием получить воспроизводимые результаты. Однако воспроизводимость результатов стандартизованных испытаний в области ЭМС ограничивается наличием разных источников неопределенности.

Часть 4-1 — технический отчет, состоящий из сводки информативных отчетов, касающихся всех соответствующих источников неопределенности, которые могут встретиться во время испытаний в области ЭМС на соответствие норме. Типичными примерами источников неопределенности являются: само испытуемое техническое средство (ТС), парк измерительных приборов, испытательная установка, методы испытаний и условия окружающей среды.

В части 4-2 представлена конкретная категория неопределенностей, т.е. неопределенности, обусловленные измерительной аппаратурой, иначе — инструментальные неопределенности (MIU). В этой части приведены примеры бюджетов MIU для большинства методов измерения, принятых в CISPR. Также в ней приведены нормативные требования относительно того, как применять MIU при определении соответствия ТС норме помех (т.е. принятии решения об оценке соответствия).

Часть 4-3 — технический отчет, представляющий статистическую трактовку результатов испытаний при проведении испытаний на соответствие норме на образцах серийно производимых изделий. Такая трактовка известна как правило 80 %/80 %.

Часть 4-4 — технический отчет, содержащий технические рекомендации CISPR по сравнению статистических данных по жалобам на помехи и по классификации источников помех. Здесь также приведены модели расчета норм для разных режимов связи при влиянии помех.

Часть 4-5 — технический отчет, в котором приведен метод, позволяющий комитетам по продукции разрабатывать нормы для альтернативных методов испытаний с использованием преобразований установленных норм.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Совместимость технических средств электромагнитная

ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РАДИОПОМЕХ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Часть 4-2

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, СТАТИСТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМ. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, ВЫЗЫВАЕМАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ

Electromagnetic compatibility of technical equipment.
Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 4-2. Uncertainties, statistics and limit modelling. Measurement instrumentation uncertainty

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы учета неопределенности измерений при оценке соответствия технических средств (далее — ТС) нормам индустриальных радиопомех (ИРП), установленным CISPR.

Требования настоящего стандарта также применяются при проведении любых испытаний в области ЭМС, если при представлении результатов измерений требуется оценивать инструментальную составляющую неопределенности измерений, источником которой является измерительная система, используемая при проведении испытаний.

Примечание — В соответствии с Руководством МЭК 107 CISPR 16-4-2 является основополагающим стандартом для использования комитетами по продукции МЭК. Как указано в Руководстве МЭК 107, комитеты по продукции ответственны за определение применимости стандарта в области ЭМС. CISPR и его подкомитеты готовы к сотрудничеству с техническими комитетами и комитетами по продукции в области оценки применимости такого стандарта для конкретных изделий.

Приложения содержат вспомогательные материалы, которые использовались для вычисления указанных в разделах 4—8 базовых значений инструментальной составляющей неопределенности измерения параметров помех, установленных CISPR. Вспомогательные материалы позволяют получить как первоначальные сведения, так и более подробную информацию об инструментальной составляющей неопределенности измерений и порядке учета отдельных влияющих величин. Данные, приведенные в приложениях, не предназначены для копирования при проведении расчетов в конкретных случаях. При проведении расчетов неопределенности измерений следует также использовать ссылочные документы, указанные в библиографии.

Технические требования к измерительной аппаратуре приведены в серии стандартов CISPR 16-1, а методы измерений — в серии стандартов CISPR 16-2. Дополнительная информация и историческая справка по CISPR и радиопомехам приведена в CISPR 16-3. В других частях серии Публикаций CISPR 16-4 представлена дополнительная информация, касающаяся неопределенности в целом, статистики и моделирования норм. Относительно более подробной информации по основным вопросам и по содержанию серии CISPR 16-4 см. введение к настоящему стандарту.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая любые изменения).

CISPR 11:2010, Industrial, scientific and medical equipment — Radio-frequency disturbance characteristics — Limits and methods of measurement (Промышленное, научное и медицинское оборудование. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерения)

CISPR 12:2009, Vehicles, boats and internal combustion engines — Radio disturbance characteristics — Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers (Самоходные средства, моторные лодки и двигатели внутреннего сгорания. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерения для защиты радиоприемных устройств, размещенных вне подвижных объектов)

CISPR 13:2009, Sound and television broadcast receivers and associated equipment — Radio disturbance characteristics — Limits and methods of measurement (Приемники звукового и телевизионного вещания и связанное с ними оборудование. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерения)

CISPR 16-1-1:2010, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Measuring apparatus (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-1. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Измерительная аппаратура)

CISPR 16-1-2:2006, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Ancillary equipment — Conducted disturbances (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-2: Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Дополнительное оборудование. Кондуктивные помехи)

CISPR 16-1-3:2004, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Ancillary equipment — Disturbance power (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-3. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Дополнительное оборудование. Мощность помех)

CISPR 16-1-4:2012, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Antennas and test sites for radiated disturbance measurements (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерений излучаемых помех)

CISPR 16-2-1:2010, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity — Conducted disturbance measurements (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 2-1: Методы измерения помех и помехоустойчивости. Измерения кондуктивных помех)

CISPR 16-2-2:2010, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 2-2: Methods of measurement of disturbances and immunity — Measurement of disturbance power (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 2-2: Методы измерения помех и помехоустойчивости. Измерение мощности помех)

CISPR 16-2-3:2010, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity — Radiated disturbance measurements (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 2-3: Методы измерения помех и помехоустойчивости. Измерения излучаемых помех)

CISPR 16-3, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 3: CISPR technical reports (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 3. Технические отчеты CISPR)

CISPR 16-4-1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling — Uncertainties in standardized EMC tests (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения.

Часть 4-1. Неопределенности, статистика и моделирование норм. Неопределенности в стандартизованных испытаниях ЭМС)

CISPR 16-4-3, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-3: Uncertainties, statistics and limit modelling — Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 4-3. Неопределенности, статистика и моделирование норм. Статистический подход к определению соответствия изделий массового производства требованиям ЭМС)

CISPR 22:2008, Information technology equipment — Radio disturbance characteristics — Limits and methods of measurement (Оборудование информационных технологий. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерения)

ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) [Неопределенность измерений. Часть 3: Руководство по представлению неопределенности в измерении (GUM:1995)]

ISO/IEC Guide 99, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM) [Международный метрологический словарь. Базовые и основные понятия и соответствующие термины (VIM)]

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте используются термины, приведенные в Руководстве 98-3 ИСО/МЭК и Руководстве 99 ИСО/МЭК, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1.1 **неопределенность измерений, вызываемая измерительной аппаратурой, инструментальная неопределенность измерений** (measurement instrumentation uncertainty); MIU: Параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине, обусловленный всеми влияющими величинами, относящимися к измерительной системе.

Примечание — Общие термины и определения, используемые для представления неопределенности, содержатся в Руководстве 98-3 ИСО/МЭК. Общие метрологические определения приведены в Руководстве 99 ИСО/МЭК. В настоящем стандарте соответствующие базовые определения не повторяются.

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте используются обозначения, приведенные в разделах 3, 5, 6—8, а также следующие обозначения:

3.2.1 Общие обозначения

X_i — входная величина;

x_i — оценка X_i;

δX_i — поправка для входной величины;

$u(x_i)$ — стандартная неопределенность x_i;

c_i — коэффициент влияния;

y — результат измерения (оценка измеренной величины), корректируемый для всех распознаваемых значимых систематических воздействий, в логарифмических единицах, например дБ (мкВ/м);

$u_c(y)$ — суммарная стандартная неопределенность y, дБ;

$U(y)$ — расширенная неопределенность y, дБ;

U_{cispr} — критерий CISPR для расширенной MIU, оцениваемой в настоящем стандарте для каждого конкретного метода измерения, дБ;

U_{lab} — расширенная MIU, определяемая в испытательной лаборатории, дБ;

k — коэффициент охвата;

a^+ — верхнее значение абсциссы распределения вероятностей;

a^- — нижнее значение абсциссы распределения вероятностей.

3.2.2 Обозначения измеряемых величин

E — напряженность электрического поля помех, дБ (мкВ/м);

I — ток помех, дБ (мкА);

P — мощность помех, дБ (пВт);

V — напряжение помех, дБ (мкВ).

3.2.3 Обозначения входных величин, общих для всех измерений помех

a_c — затухание в соединении между измерительным приемником и вспомогательным оборудованием (например, эквивалентом сети питания, антенной и т.п.), дБ;

δM — поправка на ошибку из-за рассогласования, дБ;

V_r — показание индикаторного прибора измерительного приемника, дБ(мкВ);

δV_{sw} — поправка на точность измерения приемником синусоидального напряжения, дБ;

δV_{pa} — поправка на отклонение от номинального значения амплитудного соотношения приемника, дБ;

δV_{pr} — поправка на отклонение от номинального значения импульсной характеристики приемника, дБ;

δV_{nf} — поправка, учитывающая влияние минимального уровня шума приемника, дБ.

3.3 Сокращения

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

AAN — асимметричный эквивалент сети;

AE — оборудование, связанное с основным (см. определения в CISPR 16-2-1);

AF — коэффициент калибровки антенны;

AMN — эквивалент сети питания, ЭСП;

CP — пробник тока;

CVP — емкостный пробник напряжения;

EUT — испытуемое оборудование;

FAR — полностью безэховая камера;

FSOATS — открытая испытательная площадка с условиями свободного пространства по CISPR 16-1-4;

LCL — затухание при преобразовании общего несимметричного напряжения (затухание продольного преобразования);

LPDA — логопериодическая дипольная антенная решетка;

MIU — неопределенность измерений, вызываемая измерительной аппаратурой, инструментальная неопределенность измерения;

OATS — открытая испытательная площадка;

PRF — частота повторения импульсов;

RF — радиочастота (высокая частота);

SAC — полубезэховая камера;

S/N — отношение сигнал/шум (сигнал/помеха);

VDF — коэффициент деления напряжения;

VP — пробник напряжения;

VSWR — коэффициент стоячей волны по напряжению.

Примечание — Сокращения, которые не представлены в настоящем подразделе, определены при их первом появлении в настоящем стандарте.

4 Критерий соответствия норме с учетом неопределенности измерений, вызываемой измерительной аппаратурой (MIU)

4.1 Общие положения

При определении соответствия или несоответствия испытуемого оборудования норме помех необходимо учитывать указанную в настоящем разделе неопределенность, вызываемую измерительной аппаратурой (MIU).

Для испытательной лаборатории неопределенность, вызываемая измерительной аппаратурой (инструментальная неопределенность измерения), должна оцениваться при измерениях, описанных в разделах 5—8, с учетом каждой из перечисленных там входных величин. Для оценки x_i каждой величины должна оцениваться стандартная неопределенность $u(x_i)$ в децибелах и коэффициент чувствитель-

ности c_i. Суммарную стандартную неопределенность $u_c(y)$ значения y измеряемой величины рассчитывают по формуле

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_i c_i^2 \, u^2(x_i)}. \quad (1)$$

Расширенную инструментальную неопределенность измерения U_{lab} испытательной лаборатории рассчитывают для каждого типа измерений как

$$U_{lab} = U(y) = 2 \, u_c(y). \quad (2)$$

Если U_{lab} менее или равна U_{cispr}, приведенной в таблице 1, то в отчете об испытаниях можно либо указать значение U_{lab}, либо отметить, что U_{lab} меньше, чем U_{cispr}.

Если U_{lab} более U_{cispr}, приведенной в таблице 1, то в отчете об испытаниях необходимо указать значение U_{lab}, в дБ, для измерительных устройств, реально использованных при измерениях.

Примечание — Считается, что в уравнении (2) коэффициент охвата $k = 2$ обеспечивает уровень доверительной вероятности приблизительно 95 % при распределении, близком к нормальному, что типично для большинства результатов измерения.

Таблица 1 — Значения U_{cispr}

Измерение		U_{cispr}, дБ	Таблица
Кондуктивные помехи на сетевом порте с использованием ЭСП	(9 — 150 кГц)	3,8	B.1
	(150 кГц — 30 МГц)	3,4	B.2
Кондуктивные помехи на сетевом порте с использованием пробника напряжения	(9 кГц — 30 МГц)	2,9	B.3
Кондуктивные помехи на порте связи с использованием AAN	(150 кГц — 30 МГц)	5,0	B.4
Кондуктивные помехи на порте связи с использованием емкостного пробника напряжения	(150 кГц — 30 МГц)	3,9	B.5
Кондуктивные помехи на порте связи с использованием пробника напряжения	(150 кГц — 30 МГц)	2,9	B.6
Мощность помех	(30 — 300 МГц)	4,5	C.1
Излучаемые помехи (напряженность электрического поля на открытой испытательной площадке или в полубезэховой камере)	(30 — 1000 МГц)	6,3	D.1—D.4
Излучаемые помехи (напряженность электрического поля в полностью безэховой камере)	(30 — 1000 МГц)	5,3	D.5—D.6
Излучаемые помехи (напряженность электрического поля в полностью безэховой камере)	(1 — 6 ГГц)	5,2	E.1
Излучаемые помехи (напряженность электрического поля в полностью безэховой камере)	(6 — 18 ГГц)	5,5	E.2

Примечание 1 — Значения U_{cispr} основаны на расширенных неопределенностях, указанных в приложениях, которые оценивались путем рассмотрения неопределенностей, связанных с величинами, приведенными в разделах, относящихся к конкретным измерениям. Если в приложениях указаны разные значения, тогда значением, принимаемым в качестве U_{cispr}, будет максимальное значение (например, максимум в таблицах D.1−D.4).

Примечание 2 — В полосе частот ниже 1 ГГц значения U_{cispr} рассчитаны для измерений с использованием квазипикового детектора при допущении, что значения для детектора средних значений и среднеквадратичных-средних значений не превысят этих значений. На частотах выше 1 ГГц значение U_{cispr} рассчитано для измерения с помощью пикового детектора.

Настоящий раздел не отменяет требований к измерительной аппаратуре, установленных в серии стандартов CISPR 16-1 и CISPR 16-4-3.

4.2 Оценка соответствия норме

Соответствие норме помех определяют следующим образом.

Если U_{lab} менее или равно значению U_{cispr}, приведенному в таблице 1, то считают, что:

- соответствие норме обеспечено, если ни один из измеренных уровней помех не превышает норму помех;

- соответствие норме не обеспечено, если какой-либо из измеренных уровней помех превышает норму помех.

Если U_{lab} более значения U_{cispr}, приведенного в таблице 1, то считают, что:

- соответствие норме обеспечено, если ни один из измеренных уровней помех, увеличенный на значение разности ($U_{lab} - U_{cispr}$), не превышает норму помех;

- соответствие норме не обеспечено, если какой-либо из измеренных уровней помех, увеличенный на значение разности ($U_{lab} - U_{cispr}$), превышает норму помех.

Примечание — Измеренный уровень помех и значение нормы помех выражены в логарифмических единицах, например в дБ (мкВ/м).

5 Измерения кондуктивных помех

5.1 Измерения кондуктивных помех на порте питания с использованием эквивалента сети питания (ЭСП/AMN) (см. также В.1)

5.1.1 Измеряемая величина при измерениях с использованием ЭСП

V — несимметричное напряжение, дБ(мкВ), измеряемое на порте ЭСП для подключения измерительного приемника относительно опорной пластины заземления.

5.1.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям с использованием ЭСП/AMN:

F_{AMN} — коэффициент калибровки ЭСП, дБ;

δF_{AMNf} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки (VDF), дБ;

δD_{mains} — поправка на погрешность, вызванную сетевыми помехами, дБ;

δV_{env} — поправка на воздействие окружающей среды, дБ;

δZ_{AMN} — поправка на несогласованность полного сопротивления ЭСП, дБ.

5.1.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях кондуктивных помех на порте питания с использованием ЭСП:

- показание измерительного приемника;
- затухание в соединении между ЭСП и измерительным приемником;
- коэффициент калибровки ЭСП;
- интерполяции частоты коэффициента калибровки ЭСП;
- эффекты рассогласования между портом ЭСП для подключения измерительного приемника и измерительным приемником;
- полное сопротивление ЭСП;
- влияние сетевых помех;
- влияние окружающей среды.

Входные величины, относящиеся к приемнику:

- точность измерения приемником синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение приемника;
- импульсная характеристика приемника;
- минимальный уровень шума измерительного приемника.

5.2 Измерения кондуктивных помех на порте питания с использованием пробника напряжения (см. также В.2)

5.2.1 Измеряемая величина при измерениях с использованием пробника напряжения

V — несимметричное напряжение, дБ(мкВ), измеряемое на порте ЭСП при нагрузке на сопротивление 1500 Ом, относительно эталонной пластины заземления.

5.2.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям с использованием пробника напряжения (VP):

F_{VP} — коэффициент калибровки пробника напряжения (VDF), дБ;

δF_{VPf} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки, дБ;

δD_{mains} — поправка на погрешность, вызванную сетевыми помехами, дБ;

δV_{env} — поправка на воздействие окружающей среды, дБ;

δZ_{VP} — поправка на отклонение полного сопротивления пробника напряжения от номинального значения, дБ;

δZ_{mains} — поправка на погрешность, обусловленную рассогласованием полных сопротивлений сети и ЭСП, дБ.

5.2.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях кондуктивных помех на порте питания с использованием пробника напряжения (VP):

- показание измерительного приемника;
- затухание в соединении между пробником напряжения (VP) и измерительным приемником;
- коэффициент калибровки пробника напряжения;
- интерполяция частоты коэффициента калибровки VP;
- эффекты рассогласования между портом приемника VP и приемником;
- полное сопротивление VP;
- влияние сетевых помех;
- влияние рассогласования полных сопротивлений сети и ЭСП;
- влияние окружающей среды.

Входные величины, относящиеся к измерительному приемнику:

- точность измерения приемником синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение приемника;
- импульсная характеристика приемника;
- минимальный уровень шума приемника;

5.3 Измерения кондуктивных помех на порте связи с использованием асимметричного эквивалента сети (AAN, Y-эквивалент) (см. также В.3)

Примечание — Определение термина «асимметричный эквивалент сети (AAN)» приведено в CISPR 16-1-2. В CISPR 22 его рассматривают как схему стабилизации полного сопротивления (ISN). Термин «Y-эквивалент» применяется наряду с терминами «V-эквивалент» и «Δ-эквивалент».

5.3.1 Измеряемая величина при измерениях с использованием асимметричного эквивалента сети (AAN)

V — общее несимметричное напряжение (синфазный режим), в дБ(мкВ), измеряемое на порте асимметричного эквивалента сети для подключения измерительного приемника относительно эталонной пластины заземления

5.3.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям с использованием асимметричного эквивалента сети (AAN):

F_{AAN} — коэффициент калибровки AAN, дБ;

δF_{AANf} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки (VDF), дБ;

δD_{AE} — поправка на погрешность из-за помех от оборудования, связанного с основным;

δV_{env} — поправка на воздействие окружающей среды, дБ;

δa_{LCL} — поправка на затухание продольного преобразования AAN;

δZ_{AAN} — поправка на отклонение входного полного сопротивления от номинального (синфазного режима) AAN, дБ.

5.3.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях кондуктивных помех на порте связи с использованием AAN:

- показание измерительного приемника;
- затухание в соединении между AAN и приемником;
- коэффициент калибровки AAN;
- частотная интерполяция коэффициента деления напряжения AAN;
- эффекты рассогласования между портом приемника AAN и приемником;
- асимметричное полное сопротивление AAN;
- затухание продольного преобразования AAN;
- влияние помех от оборудования, связанного с основным;
- влияние окружающей среды.

Входные величины, относящиеся к приемнику:

- точность измерения синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение;
- импульсная характеристика;
- минимальный уровень шума.

5.4 Измерения кондуктивных помех на порте связи с использованием емкостного пробника напряжения (см. также В.4)

5.4.1 Измеряемая величина при измерениях с использованием емкостного пробника напряжения (CVP)

V — общее несимметричное напряжение (синфазный режим), дБ (мкВ), измеряемое на порте связи относительно опорной пластины заземления.

5.4.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям с использованием емкостного пробника напряжения (CVP):

F_{CVP} — коэффициент калибровки емкостного пробника напряжения (CVP), дБ;

δF_{CVPf} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки CVP, дБ;

δD_{AE} — поправка на погрешность из-за помех от оборудования, связанного с основным, дБ;

δV_{env} — поправка на воздействие окружающей среды, дБ;

$\delta F_{c\ pos}$ — поправка, обусловленная влиянием положения кабеля внутри апертуры емкостного пробника напряжения на коэффициент калибровки, дБ;

$\delta F_{c\ rad}$ — поправка, обусловленная влиянием радиуса кабеля на коэффициент калибровки, дБ;

δZ_{AE} — поправка на отклонение от номинального значения нагрузки порта связи оборудования, связанного с основным, дБ;

δZ_{CVP} — поправка на влияние нагрузочного полного сопротивления емкостного пробника напряжения (CVP), дБ.

5.4.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях кондуктивных помех на порте связи с использованием емкостного пробника напряжения (CVP):

- показание приемника;
- затухание в соединении между емкостным пробником напряжения (CVP) и измерительным приемником;
- коэффициент калибровки емкостного пробника напряжения (CVP);
- частотная интерполяция коэффициента калибровки CVP;
- влияние положения кабеля внутри апертуры емкостного пробника напряжения на коэффициент калибровки;
- влияние радиуса кабеля на коэффициент калибровки;
- влияние помех от оборудования, связанного с основным;
- влияние полного сопротивления оборудования, связанного с основным, по сравнению с AAN;
- эффекты рассогласования между портом приемника CVP и приемником;
- полное нагрузочное сопротивление CVP;
- влияние окружающей среды.

Входные величины, относящиеся к приемнику:

- точность измерения синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение;
- импульсная характеристика;
- минимальный уровень шума.

5.5 Измерения кондуктивных помех на порте связи с использованием пробника тока (CP) (см. также В.5)

5.5.1 Измеряемая величина при измерениях с использованием пробника тока (CP)

I — асимметричный (общий несимметричный) ток, измеренный в кабеле, подключенном к порту связи ТС, дБ.

5.5.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям с использованием пробника тока (CP):

Y_T — передаточная полная проводимость пробника тока (CP), дБ(S);

δY_{Tf} — поправка на погрешность частотной интерполяции передаточной полной проводимости пробника тока (CP), дБ;

δD_{AE} — поправка на погрешность из-за помех от оборудования, связанного с основным, дБ;

δI_{env} — поправка на воздействие окружающей среды, дБ;

δZ_{CP} — поправка на погрешность за счет вносимого полного сопротивления пробника тока (CP), дБ;

δZ_{AE} — поправка на отклонение сопротивления нагрузки порта связи оборудования, связанного с основным, дБ.

5.5.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях кондуктивных помех на порте связи с использованием пробника тока (CP):

- показание приемника;
- затухание в соединении между пробником тока (CP) и приемником;
- передаточная полная проводимость пробника тока (CP);
- интерполяции частоты передаточной полной проводимости CP;
- эффекты рассогласования между CP и приемником;
- влияние вносимого полного сопротивления пробника тока;
- влияние помех от оборудования, связанного с основным;
- влияние полного сопротивления нагрузки кабеля связи оборудованием, связанным с основным;
- влияние окружающей среды.

Входные величины, относящиеся к приемнику:

- точность синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение;
- импульсная характеристика;
- минимальный уровень шума.

6 Измерение мощности помех (см. также С.1)

6.1 Измеряемая величина при измерениях мощности помех

P — мощность помех, дБ (пВт), измеряемая на проводе питания в точке, где поглощающие клещи (далее — клещи) регистрируют максимальное излучение.

6.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям мощности помех:

F_{AC} — коэффициент калибровки клещей (исходный), дБ (пВт/мкВ).

Примечание — Коэффициент калибровки клещей (исходный) определен в CISPR 16-1-3;

δF_{Acf} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки клещей, дБ;

δD_{mains} — поправка на погрешность, вызванную сетевыми помехами, дБ;

δV_{env} — поправка на воздействие окружающей среды, дБ.

6.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях мощности помех:

- показание приемника;
- затухание в соединении между поглощающими клещами и измерительным приемником;
- коэффициент калибровки клещей (исходный) (как указано в CISPR 16-1-3);
- частотная интерполяции коэффициента калибровки клещей;
- эффекты рассогласования между портом приемника клещей и приемником;
- влияние сетевых помех;
- влияние окружающей среды.

Входные величины, относящиеся к приемнику:

- точность синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение;
- импульсная характеристика;
- минимальный уровень шума приемника.

7 Измерения излучаемых помех в полосе частот от 30 до 1000 МГц

7.1 Измерения излучаемых помех на открытой испытательной площадке (OATS) или в полубезэховой камере (SAC) (см. также D.1)

7.1.1 Измеряемая величина при измерениях излучаемых помех на OATS или в SAC

E — максимальная напряженность электрического поля, дБ (мкВ/м), при горизонтальной и вертикальной поляризациях антенны, измеряемая на определенном расстоянии по горизонтали от ТС на высоте от 1 до 4 м относительно отражающей пластины заземления при повороте ТС на 360° по азимуту.

7.1.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям излучаемых помех:

F_a — коэффициент калибровки антенны, дБ (1/м);

δF_{af} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки антенны, дБ;

δF_{ah} — поправка на изменение коэффициента калибровки антенны с изменением высоты, дБ;

δF_{adir} — поправка на направленность антенны, дБ;

δF_{aph} — поправка на местоположение фазового центра антенны, дБ;

δF_{acp} — поправка на восприимчивость антенны к перекрестной поляризации, дБ;

δF_{abal} — поправка на несимметричность антенны, дБ;

δA_N — поправка на неидеальность нормализованного затухания площадки, дБ;

δA_{NT} — поправка на влияние материала стола установки на результаты измерения, дБ;

δd — поправка на неточность измерения расстояния до антенны, дБ;

δh — поправка на неточность определения высоты стола относительно пластины заземления, дБ;

δE_{amb} — поправка на влияние шума окружающей среды на OATS, дБ.

7.1.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях излучаемых помех на OATS или в SAC:

- показание приемника;
- затухание в соединении между антенной и приемником;
- коэффициент калибровки антенны;
- эффекты рассогласования между портом антенны и приемником;
- интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны;
- изменение коэффициента калибровки антенны с изменением высоты;
- направленность антенны;
- местоположение фазового центра антенны;
- восприимчивость антенны к перекрестной поляризации;
- симметрия антенны;
- затухание измерительной площадки;
- расстояние между ТС и измерительной антенной;
- высота стола для размещения ТС;
- влияние материала установочного стола для размещения ТС;
- влияние шума окружающей среды на OATS.

Входные величины, относящиеся к приемнику:

- точность измерения синусоидального напряжения;
- амплитудное соотношение;
- импульсная характеристика;
- минимальный уровень шума.

7.2 Измерения излучаемых помех в полностью безэховой камере (FAR) (см. также D.2)

7.2.1 Измеряемая величина при измерениях излучаемых помех в FAR

E — максимальная напряженность электрического поля, дБ (мкВ/м), измеряемая при горизонтальной и вертикальной поляризациях на определенном расстоянии по горизонтали от ТС при повороте ТС на 360° по азимуту.

7.2.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям излучаемых помех:

F_a — коэффициент калибровки антенны, дБ (1/м);

δF_{af} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки антенны, дБ;

δF_{ah} — поправка на изменение коэффициента калибровки антенны из-за влияния FAR, дБ;

δF_{adir} — поправка на направленность антенны, дБ;

δF_{aph} — поправка на местоположение фазового центра антенны, дБ;

δF_{acp} — поправка на восприимчивость антенны к перекрестной поляризации, дБ;

δF_{aba} — поправка на несимметричность антенны, дБ;

δA_N — поправка на неидеальность нормализованного затухания площадки, дБ;

δA_{NT} — поправка на влияние материала установочного стола на результаты измерения, дБ;

δd — поправка на неточность расстояния до антенны, дБ;

δh — поправка на неточность высоты стола, дБ.

7.2.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях излучаемых помех в FAR:
- показание приемника;
- затухание в соединении между антенной и приемником;
- коэффициент калибровки антенны;
- эффекты рассогласования между портом антенны и приемником;
- интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны;
- изменение коэффициента калибровки антенны из-за FAR;
- направленность антенны;
- восприимчивость антенны к перекрестной поляризации;
- местоположение фазового центра антенны;
- симметричность антенны;
- затухание площадки у испытательной площадки (FAR);
- разнесение ТС и измерительной антенны;
- влияние материала установочного стола для размещения ТС;
- влияние неточности установки высоты стола.

Входные величины, относящиеся к приемнику:
- точность синусоидального напряжения приемника;
- амплитудное соотношение приемника;
- импульсная характеристика приемника;
- минимальный уровень шума приемника.

8 Измерения излучаемых помех в полосе частот от 1 до 18 ГГц

(см. также Е.1)

8.1 Измеряемая величина при измерениях излучаемых помех в FAR (FSOATS)

Примечание 1 — Полностью безэховая камера (FAR) является практической аппроксимацией открытой испытательной площадки с условиями свободного пространства (FSOATS) (см. CISPR 16-1-4).

E — максимальная напряженность электрического поля, дБ(мкВ/м), измеряемая при горизонтальной и вертикальной поляризациях, при приемлемой высоте антенны и при определенном расстоянии по горизонтали от ТС при повороте ТС на 360° по азимуту.

Примечание 2 — Если ТС не входит целиком в ширину луча антенны в вертикальной плоскости, то высоту антенны изменяют.

8.2 Обозначения входных величин, относящихся к измерениям излучаемых помех

G_p — коэффициент усиления предварительного усилителя;
δG_p — поправка на нестабильность коэффициента усиления предварительного усилителя, дБ;
F_a — коэффициент калибровки антенны, дБ (1/м);
δF_{af} — поправка на погрешность частотной интерполяции коэффициента калибровки антенны, дБ;
δF_{adir} — поправка на направленность антенны, дБ;
δF_{aph} — поправка на местоположение фазового центра антенны, дБ;
δF_{acp} — поправка на восприимчивость антенны к перекрестной поляризации, дБ;
δS_{VSWR} — поправка на неидеальность коэффициента стоячей волны по напряжению S_{VSWR}, дБ;
δA_{NT} — поправка на влияние материала установочного стола на результаты измерения, дБ;
δd — поправка на неточность установки расстояния до антенны, дБ;
δh — поправка на неточность установки высоты стола, дБ.

8.3 Входные величины, рассматриваемые при измерениях излучаемых помех в FAR:
- показание приемника;
- затухание в соединении между портом антенны и входом;
- предварительного усилителя;
- коэффициент усиления предварительного усилителя;
- влияние нестабильности коэффициента усиления предварительного усилителя;
- затухание в соединении между выходом предварительного усилителя и приемником;
- коэффициент калибровки антенны;

- точность синусоидального напряжения приемника;
- минимальный уровень шума приемника;
- эффекты рассогласования между портом антенны и входом предварительного усилителя;
- эффекты рассогласования между выходом предварительного усилителя и приемником;
- интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны;
- направленность антенны;
- местоположение фазового центра антенны;
- восприимчивость антенны к перекрестной поляризации;
- коэффициент стоячей волны по напряжению для испытательной площадки (FAR);
- разнесение ТС и измерительной антенны;
- влияние материала установочного стола для размещения ТС;
- влияние неточности установки высоты стола.

Приложение А
(справочное)

Способы определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, основная информация и обоснование входных величин, общих для всех методов измерения

А.1 Общие положения

В приложениях А—Е описаны способы определения значений U_{cispr} при использовании методов измерений, указанных в серии стандартов CISPR 16-2.

В каждом приложении сначала представлено уравнение модели для измеряемой величины — базовое уравнение, в которое сведены основные источники инструментальной неопределенности измерения (MIU) (т. е. входные величины), входящие в систему измерительных устройств, участвующих в измерениях. Уравнение модели получают из модели испытания, и оно обеспечивает математическое определение значения измеряемой величины.

Затем представлены одна или несколько таблиц, в которых приведено оценочное значение каждой входной величины, которая рассматривалась при оценке значений U_{cispr} в таблице 1 раздела 4. Отметим, что значения, указанные в таблицах приложений В—Е, приведены только в качестве примеров; они получены на основании требований, приведенных в серии стандартов CISPR 16-1, и сами к разряду требований не относятся.

Все допущения, сделанные для определения оценочных значений, должны быть отражены в отчете об испытаниях. Ссылка на допущения делается через сноску. Сноски с индексом «А» относятся к источникам MIU, которые являются общими не менее чем для двух методов. Допущения в отношении таких источников MIU приведены в А.2.

Сноски с индексами от «В» до «Е» относятся к источникам MIU для одного конкретного метода измерения. Допущения, на которых основаны оценки, приведены в разделе соответствующего приложения, которое идет за таблицами. В примечании, следующим за комментарием, приведена дополнительная информация для испытательных лабораторий, которые могут столкнуться с ситуациями, отличающимися от изложенных в настоящем стандарте.

Неопределенность, связанная со значением x_i каждой входной величины, указанной в таблицах приложений В—Е, вероятно, является самым большим рассматриваемым значением в частотной полосе, указанной в таблицах, при условии, что это значение неопределенности отвечает техническим требованиям к измерительной аппаратуре, сформулированным в серии стандартов CISPR 16-1.

Определения терминов, относящихся к неопределенности измерений, и информация об оценке и представлении неопределенности измерения приведены в [2]—[5] и в Руководстве ISO/IEC 98-3.

Стандартную неопределенность $u(x_i)$ рассчитывают путем деления величины неопределенности, связанной с x_i, на коэффициент, который зависит от распределения вероятностей входной величины и от уровня доверительной вероятности, связанного с этой величиной. Для U-образного, прямоугольного или треугольного распределения вероятностей, когда считают, что X_i находится в пределах между $(x_i - a^-)$ и $(x_i + a^+)$ с уровнем доверительной вероятности 100 %, $u(x_i)$ выбирают как

$$a/\sqrt{2},\ \ a/\sqrt{3}\ \text{ или }\ a/\sqrt{6},$$

соответственно, где $a = (a^+ + a^-)/2$ — половина ширины функции распределения вероятностей.

Для нормального распределения вероятностей делитель равен 2, если величина неопределенности, связанной с x_i, имеет уровень доверительной вероятности 95 % (значение, равное удвоенному стандартному экспериментальному отклонению), или 1, если величина неопределенности, связанной с x_i, имеет уровень доверительной вероятности 68 % (значение, равное стандартному экспериментальному отклонению).

В случае несимметричного распределения, при необходимости, следует рассмотреть величину $\delta X_i = c_i\,(a^+ - a^-)/2$, которую используют для коррекции результата измерения.

Если это необязательно, можно использовать среднее значение двух норм.

Поправку вводят для компенсации систематической ошибки. Значение поправки обычно приведено в отчетах по калибровке или в документации испытательной лаборатории. Поправку, значение которой неизвестно, но которая с равной вероятностью может считаться либо положительной, либо отрицательной, принимают равной нулю.

Считается, что все известные поправки применялись в соответствии с моделью. Это отражено в уравнениях модели, которые приведены перед таблицами. Каждая поправка также служит входной величиной, имеющей связанную с ней неопределенность.

Допущения, в результате которых получены значения, представленные в таблицах приложений В—Е, могут не подходить для конкретной испытательной лаборатории. Когда испытательная лаборатория оценивает расширенную инструментальную погрешность измерения U_{lab}, она должна учитывать имеющуюся информацию об используемой измерительной системе, включая характеристики оборудования, реальные данные по аттестации испытательных площадок, качество данных калибровки (в пределах указанного периода действия калибровки), известные или вероятные распределения вероятностей и процедуры измерения. Для испытательной лаборатории может быть полезным проведение оценки неопределенностей по участкам рассматриваемой полосы частот, в частности, если доминантная входная величина в полной полосе частот изменяется существенно.

Размер частотного шага измерительного приемника в качестве источника неопределенности не рассматривается, т.к. его можно минимизировать за счет уменьшения шага и в целом «обойти» за счет конечной настройки частоты. Рекомендации по выбору шага приведены в CISPR 16-2-1, CISPR 16-2-2 и CISPR 16-2-3.

Конечные настройки частоты обычно проводят на критичных частотах относительно нормы на помехи. Если уменьшение шага или конечную настройку не используют, то шаг частоты может рассматриваться как дополнительная входная величина. Это аналогично пошаговому сканированию высоты антенны и азимута ТС при измерениях излучаемых помех, когда желательно использовать конечную настройку высоты и азимута. Некоторые из этих воздействий представлены в CISPR 16-4-1.

Коэффициенты чувствительности — это частные производные уравнения модели для измеряемых величин (т. е. левые части уравнений модели) относительно меняющейся входной величины. Поскольку уравнения модели линейны при логарифмических единицах, то все коэффициенты чувствительности c_i становятся равными 1 ($c_i = 1$) и поэтому в таблицах не представлены.

Неопределенность, обусловленная рассогласованностью кабельных соединений, считается пренебрежимо малым источником неопределенности по сравнению с другими источниками. Поэтому ее не рассматривают в качестве соответствующей входной величины.

А.2 Обоснование значений входных величин, общих для всех измерений помех (комментарии «А»)

К входным величинам, которые являются общими более чем для одного метода измерений и помечены сноской «А)» (например, [A1)]), применимы следующие комментарии:

[A1)] Показания индикаторного прибора приемника могут зависеть от разных причин, среди которых: нестабильность измерительной системы и ошибки интерполяции шкалы индикаторного прибора.

Значение V_r является средним значением ряда показаний (объем выборки не менее десяти) устойчивого сигнала при стандартной неопределенности, заданной стандартным экспериментальным отклонением среднего значения ($k = 1$).

[A2)] Значения затухания a_c соединения между измерительным приемником и эквивалентом сети питания (ЭСП), поглощающими клещами или антенной, а также расширенная неопределенность и коэффициент охвата, обычно приведены в отчете по калибровке.

Примечание 1 — Если значение затухания a_c для кабеля или аттенюатора взято из документации производителя, можно предположить, что распределение вероятностей будет прямоугольным и половина его ширины будет равна допуску на затухание, указанному производителем. Если соединение представляет собой кабель вместе с аттенюатором и имеются данные производителя по каждому из них, то a_c имеет две составляющие, каждая из которых имеет свое собственное прямоугольное распределение вероятностей.

Примечание 2 — Если поглощающие клещи откалиброваны вместе с кабелем, этот вклад в неопределенность не учитывают.

Примечание 3 — В таблицах B.1—B.6 значение расширенной неопределенности равно 0,1 дБ, в таблицах C.1 и D.1—D.6 оно составляет 0,2 дБ, в таблице E.1 оно равно 0,3 дБ и в таблице E.2 оно составляет 0,6 дБ при коэффициенте охвата 2. Более низкое значение для этого вклада в неопределенность можно получить при использовании для калибровки кабеля векторного схемного анализатора.

[A3)] Влияние поправки δV_{sw} на точность измерения приемником синусоидального напряжения, а также расширенная неопределенность и коэффициент охвата обычно приведены в отчете по калибровке.

Примечание 4 — Если в отчете по калибровке только сказано, что точность измерения приемником синусоидального напряжения находится в пределах допуска (±2 дБ), определенного в CISPR 16-1-1, то значение поправки δV_{sw} должно быть взято равным нулю при прямоугольном распределении вероятности, имеющем половинную ширину 2 дБ.

Если в отчете по калибровке указано значение, которое менее допуска, определенного в CISPR 16-1-1 (например, ± 1 дБ), то это значение необходимо использовать при расчете неопределенности, а не принимать указанное значение неопределенности процесса калибровки.

Если в отчете по калибровке приведены подробные данные об отклонениях от эталонных (опорных) значений, то указанные отклонения и неопределенности калибровочной лаборатории можно использовать для определения неопределенностей измерительного приемника [12].

[A4)] В общем случае неидеальные импульсные характеристики приемника корректировать непрактично.

Считается, что существует отчет о проверке, в котором указано, что амплитудная импульсная характеристика приемника соответствует допуску ±1,5 дБ, указанному в CISPR 16-1-1, при детектировании пиковым, квазипиковым детектором, детектором средних значений или детектором среднеквадратичных-средних значений. Поправка δV_{pa} оценивается как нулевая при прямоугольном распределении вероятности, имеющем половинную ширину 1,5 дБ.

Допуск, указанный в CISPR 16-1-1 для откликов приемника на частоту повторения импульсов, меняется с частотой повторения и зависит от типа детектора. Считается, что существует отчет о проверке, в котором сказано, что импульсные характеристики приемников (отклики) соответствуют допускам, указанным в CISPR 16-1-1.

Поправка δV_{pr} оценивается как нулевая при прямоугольном распределении вероятностей, имеющем половинную ширину 1,5 дБ, и это значение считается репрезентативным значением для различных допусков, приведенных в CISPR 16-1-1.

Примечание 5 — Если установлено, что амплитудное соотношение или импульсная характеристика находятся в пределах ± α дБ от технических требований CISPR ($\alpha \le 1,5$), то поправку такой характеристики можно оценить как нулевую с прямоугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину α дБ.

Примечание 6 — Если помеха создает на детекторе сигнал незатухающей волны, то рассматривать поправки к импульсной характеристике не требуется.

A5) Минимальный уровень шума приемника CISPR обычно намного ниже значения нормы напряжения или мощности помех, т.е. его влияние на результаты измерений вблизи значений этих норм несущественно. Однако для излучаемых помех «близость» к минимальному уровню шума приемника может влиять на результаты измерений, близкие к норме излучаемых помех.

При измерении излучаемых помех на частотах ниже 1 ГГц отклонение δV_{nf} оценивается как значение от нуля до 1,1 дБ. Поправку оценивают как нулевую, как если бы отклонение было симметричным относительно значения, измеряемого при равномерном распределении вероятностей, имеющем половинную ширину 1,1 дБ.

Любая поправка на воздействие минимального уровня шума приемника будет зависеть от типа сигнала (например, импульсный или немодулированный) и отношения сигнал/шум и будет изменять показание уровня шума. Значение 1,1 дБ взято из графика рисунка А.1 при отношении сигнал/шум, равном 14 дБ. Отношение сигнал/шум получено при коэффициенте шума 6 дБ по формуле:

$$E_{NQP} = V_{NQP} + F_a + a_c,$$
$$E_{NQP} = -67 + 10\ \lg F_N + 10\ \lg B_N + w_{NQP} + F_a + a_c, \quad (A.1)$$

где E_{NQP} — эквивалентная напряженность поля минимального уровня шума при квазипиковых измерениях, дБ (мкВ/м);

V_{NQP} — минимальный уровень шума приемника при квазипиковых измерениях, дБ (мкВ/м);

F_a — коэффициент калибровки антенны на частоте приемника, дБ (1/м);

a_c — затухание в соединительном кабеле антенны, дБ;

F_N — коэффициент шума измерительного приемника, т.е. безразмерное число;

$10\ \lg F_N$ — коэффициент шума измерительного приемника, дБ;

B_N — ширина полосы шума измерительного приемника, Гц;

w_{NQP} — весовой коэффициент при квазипиковых измерениях шума, дБ;

−67 — $10\ \lg(kT_0 \cdot 1\text{Гц}/P_{1\ \text{мкВ}})$, абсолютный уровень шума, дБ (мкВ/м), при ширине полосы 1 Гц, k — постоянная Больцмана, $T_0 = 293,15$ К и $P_{1\ \text{мкВ}}$ — мощность, генерируемая напряжением 1 мкВ на сопротивлении 50 Ом.

Наихудший случай отношения сигнал/шум получается вблизи частоты 1000 МГц. При $10\ \lg F_N = 6$, $10\ \lg B_N = 50,8$ (для 120 кГц), весовом коэффициенте w_{NQP}, равном 7 дБ, коэффициенте калибровки логопериодической дипольной антенны (LPDA) $F_a = 24$ дБ ($м^{-1}$) на частоте 1000 МГц и затухании кабеля $a_c = 2$ дБ, показание шума при квазипиковом измерении в единицах напряженности поля будет: $E_{NQP} = 23$ дБ (мкВ/м). Это сравнимо с уровнем помех при норме на излучение 37 дБ (мкВ/м) на расстоянии 10 м для обеспечения отношения сигнал/шум 14 дБ. В полосе частот от 30 МГц до 200 МГц отношение сигнал/шум будет выше, поэтому считают, что отношение сигнал/шум >20 дБ. При расстоянии 3 м норма напряженности электрического поля помех больше, что ведет к большему отношению сигнал/шум. При расстоянии 30 м предполагается, что нормы излучаемых помех относятся к классу А, что определяет такое же отношение сигнал/шум, как при расстоянии 10 м.

При измерениях излучаемых помех в полностью безэховой камере (FAR) считают, что норма на излучение составляет 42 дБ (мкВ/м), определяя отношение S/N = 19 дБ на частоте 1000 МГц. Затем производят оценку отклонения δV_{nf} при значении от нуля до + 0,7 дБ.

При измерениях излучаемых помех от 1 до 18 ГГц частотный диапазон разделяют на полосы:

1—6 ГГц, где рассматривают нормы излучаемых помех, установленные в CISPR 22, т. е. от 1 до 3 ГГц применяют значение нормы 50 дБ (мкВ/м) — в средних значениях и 70 дБ (мкВ/м) — в пиковых значениях; от 3 до 6 ГГц применяют значение нормы 54 дБ (мкВ/м) — в средних значениях и 74 дБ (мкВ/м) — в пиковых значениях;

6—18 ГГц, где применяют значение нормы излучаемых помех 54 дБ (мкВ/м) — в средних значениях и 74 дБ (мкВ/м) — в пиковых значениях.

Считается, что коэффициент шума системы равен $10\ \lg F_N = 6$ дБ вплоть до частоты 6 ГГц. Для полосы частот свыше 6 ГГц считается, что $10\ \lg F_N = 4$ дБ, т. е. на антенный порт устанавливают предварительный усилитель. Из графиков, представленных на рисунке А.2, где на частоте ниже 6 ГГц минимальное значение отношения S/N = = 22 дБ и на частоте свыше 6 ГГц составляет 19 дБ, получают отклонения на частотах ниже 6 ГГц до 0,5 дБ включительно и на частотах свыше 6 ГГц до 0,8 дБ включительно.

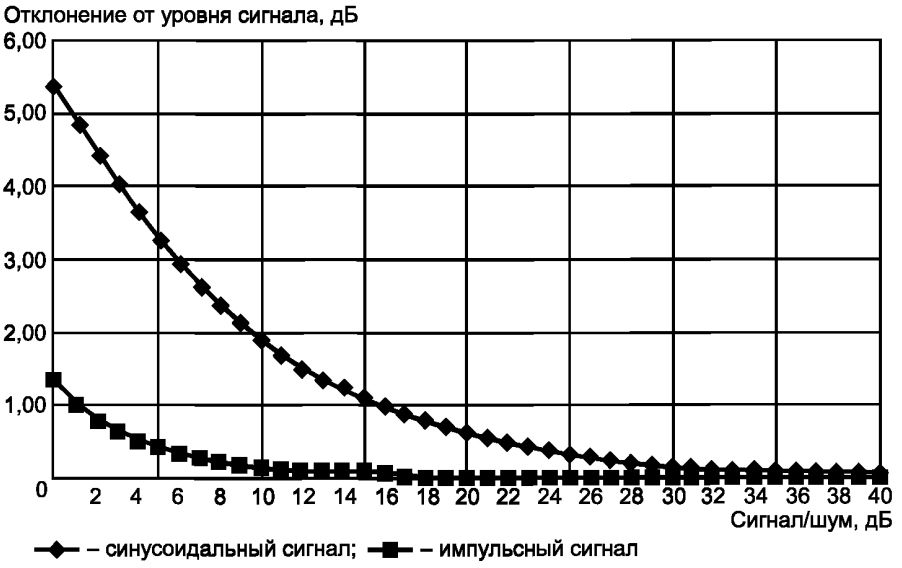


Рисунок А.1 — Отклонение показания уровня квазипикового детектора от уровня сигнала на входе приемника для двух случаев: синусоидальный сигнал и импульсный сигнал (частота следования 100 Гц)

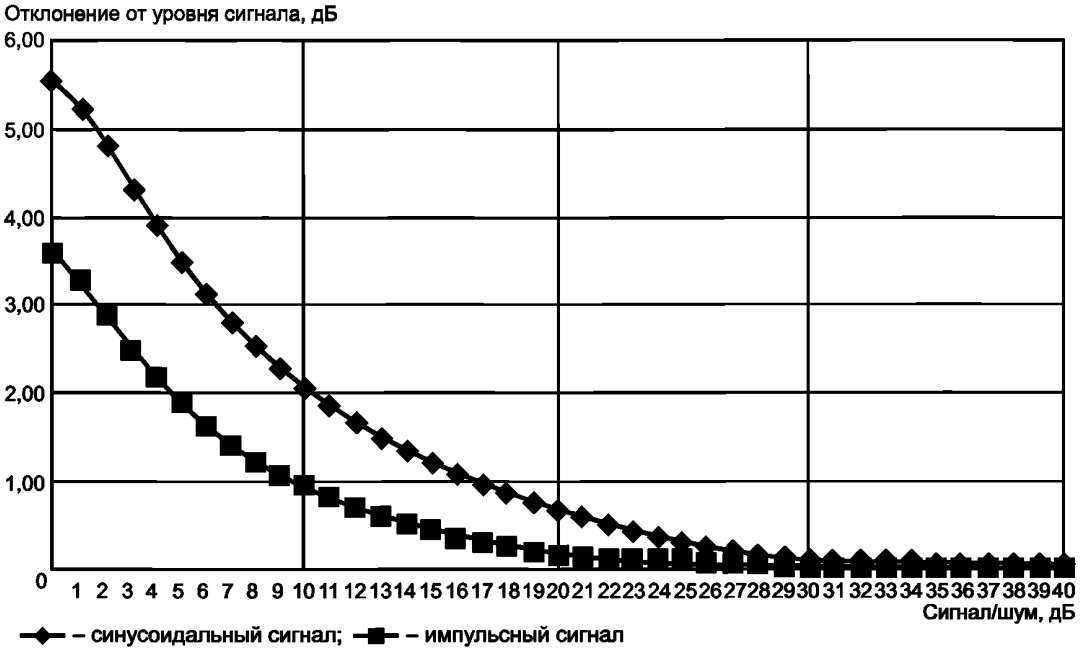


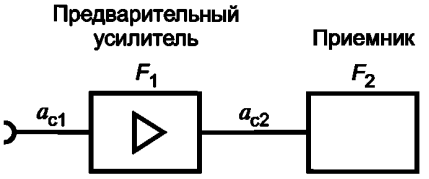
Рисунок А.2 — Отклонение показания уровня пикового детектора от уровня сигнала на входе приемника для двух случаев: синусоидальный сигнал и импульсный сигнал (частота следования 100 Гц)

Примечание 7 — Коэффициент шума системы N_{fsyst} — это коэффициент шума системы, состоящей из измерительного приемника, предварительного усилителя и соединительных кабелей со стороны антенного порта. Она определяет минимальный уровень шума и отношение сигнал/шум для сигнала, имеющего предельный уровень по отношению к значению нормы. F_1 и F_2 — коэффициенты шума предварительного усилителя и измерительного приемника, a_{c1} и a_{c2} — затухания в двух соединительных кабелях, дБ. G_1 — 10 lg g_1 — усиление предварительного усилителя, дБ, минус затухание a_{c2} ($G_1 = G_p = a_{c2}$). Коэффициент шума N_{ftot} — это коэффициент шума F_{tot}, отнесенный к входу предварительного усилителя, дБ.

Для поддержания коэффициента шума системы на низком уровне необходимо обеспечить минимально возможное затухание соединения между портом антенны и предварительным усилителем A_{c1}. Коэффициент шума

системы можно определить по формуле (А.2). На рисунке А.3 приведен пример влияния составляющих частей измерительной системы на коэффициент шума.

$$F_{tot} = F_1 + (F_2 - 1)/g_1,\ N_{ftot} = 10 \lg F_{tot},\ N_{fsyst} = a_{c1} + N_{ftot}. \quad (A.2)$$



a_{c1} и a_{c2} — значения затухания в соединительных кабелях; F_1 и F_2 — коэффициент шума предварительного усилителя и измерительного приемника соответственно

Рисунок А.3 — Коэффициент шума системы

А6) Когда рассчитывают коэффициент преобразования (коэффициент деления напряжения для ЭСП, асимметричного эквивалента сети, пробника напряжения и емкостного пробника напряжения, передаточную проводимость пробника тока, коэффициент калибровки поглощающих клещей и коэффициент калибровки антенны) путем интерполяции между частотами, на которых производилась калибровка, неопределенность, связанная с этим коэффициентом преобразования, зависит от интервала частот между точками калибровки и изменения коэффициента преобразования с изменением частоты. Построение графика калиброванного коэффициента преобразования в зависимости от частоты помогает визуализировать изменения коэффициента.

Значение поправки δF_{AMNf}, δF_{VPf}, δF_{AANf}, δF_{CVPf}, δY_{Tf} для коэффициента деления напряжения и погрешности интерполяции передаточной проводимости равно нулю при прямоугольном распределении вероятностей с половинной полосой 0,1 дБ.

Значение поправки δF_{ACf} для погрешности интерполяции коэффициента калибровки поглощающих клещей равно нулю при прямоугольном распределении вероятностей с половинной полосой 0,2 дБ.

Значение поправки δF_{af} для погрешности интерполяции коэффициента калибровки антенны равно нулю при прямоугольном распределении вероятностей с половинной полосой 0,3 дБ.

Примечание 8 — На любой частоте, для которой имеется калиброванный коэффициент преобразования, поправку δF_{xf} рассматривать не требуется.

А7) Неопределенность рассогласования

а) Общие положения

В общем случае порт измерительного приемника в ЭСП, поглощающих клещах, антенне или в другом вспомогательном оборудовании подсоединяется к порту 1 двухпортовой схемы, порт 2 которой нагружен на приемник с коэффициентом отражения Γ_r.

Двухпортовая схема, которую может представлять собой кабель, аттенюатор, аттенюатор вместе с кабелем или другой комбинацией элементов, может быть представлена с помощью *S*-параметров.

Тогда поправка на рассогласование

$$\delta M = 20 \lg[(1 - \Gamma_e S_{11})(1 - \Gamma_r S_{22}) - S_{21}^2 \Gamma_e \Gamma_r], \quad (A.3)$$

где Γ_e — коэффициент отражения со стороны порта приемника на ЭСП или поглощающих клещах с подключенным испытуемым оборудованием или со стороны выходного порта антенны при ее установке для измерения помех. Все параметры рассматривают относительно сопротивления 50 Ом. Более подробная информация приведена в [13].

Если известны только величины или крайние значения величин параметров, то невозможно рассчитать δM, но значения ее экстремумов $\delta M^{\pm}$ будут не более чем:

$$\delta M^{\pm} = 20 \lg\left[1 \pm \left(|\Gamma_e||S_{11}| + |\Gamma_r||S_{22}| + |\Gamma_e||\Gamma_r||S_{11}||S_{22}| + |\Gamma_e||\Gamma_r||S_{21}|^2\right)\right]. \quad (A.4)$$

Распределение вероятностей значений δM имеет приблизительно *U*-образную форму с шириной не более чем ($\delta M^+ - \delta M^-$), а стандартное отклонение составляет не более половины ширины, деленной на $\sqrt{2}$.

b) Кондуктивные помехи и мощность помех

При измерениях напряжения и мощности помех значение Γ_e ограничивается аттенюаторами, указанными в CISPR 16-1-2 (10 дБ) и CISPR 16-1-3 (6 дБ) соответственно.

Поэтому считают, что значение коэффициента отражения для наихудшего случая $|\Gamma_e|$ = 0,1 при измерении напряжения помех и $|\Gamma_e|$ = 0,25 при измерении мощности помех. Также считают, что подключение к приемнику осуществляется хорошо согласованным кабелем ($|S_{11}| << 1$, $|S_{22}| << 1$) с незначительным затуханием ($|S_{21}| \approx 1$), и

затухание приемника по ВЧ установлено на 10 дБ или более, при котором допуск коэффициента стоячей волны по напряжению $s_{wr} \le 1{,}2{:}1$ (CISPR 16-1-1), предполагает $|\Gamma_r| \le 0{,}09$.

При измерениях напряжения помех пробником напряжения следует считать, что коэффициент отражения самого пробника $|\Gamma_e| = 1$ (из-за высокого полного сопротивления источника). Поэтому минимальное затухание приемника по ВЧ должно быть 10 дБ, что предполагает $|\Gamma_r| \le 0{,}09$.

При измерениях тока помех пробником тока следует считать, что коэффициент отражения самого пробника $|\Gamma_e| = 1$ (из-за низкого полного сопротивления источника). Поэтому минимальное затухание приемника по ВЧ должно быть 10 дБ, предполагает $|\Gamma_r| \le 0{,}09$.

c) Излучаемые помехи

При измерениях излучаемых помех на частоте ниже 1 ГГц считается, что в технических требованиях к антенне $s_{wr} \le 2{,}0{:}1$, т.е. $|\Gamma_e| \le 0{,}33$. Также считается, что подключение к приемнику осуществляется хорошо согласованным кабелем ($|S_{11}| << 1$, $|S_{22}| << 1$) с незначительным затуханием ($|S_{21}| \approx 1$), и что затухание приемника по ВЧ равно 0 дБ, при котором допуск $s_{wr} \le 2{,}0{:}1$, указанный в CISPR 16-1-1, предполагает $|\Gamma_r| \le 0{,}33$.

При измерениях излучаемых помех на частоте свыше 1 ГГц считается, что в технических требованиях к антенне $s_{wr} \le 2{,}0{:}1$, т.е. $|\Gamma_e| \le 0{,}33$. Также считается, что подключение к приемнику осуществляется хорошо согласованным кабелем ($|S_{11}| << 1$, $|S_{22}| << 1$) с незначительным затуханием 1 дБ на частоте 1 ГГц ($|S_{21}| \approx 1$), и что затухание приемника по ВЧ равно 0 дБ, при котором допуск $s_{wr} \le 3{,}0{:}1$, указанный в CISPR 16-1-1, предполагает $|\Gamma_r| \le 0{,}50$.

При использовании внешнего по отношению к приемнику предварительного усилителя необходимо рассматривать две неопределенности рассогласования — между портом антенны и входным портом предварительного усилителя и между выходным портом предварительного усилителя и входным портом приемника. Считается, что для предварительного усилителя коэффициент стоячей волны по напряжению на входе и выходе $s_{wr} \le 2{,}0{:}1$.

Вопрос использования внешнего предварительного усилителя рассмотрен в приложении E для полосы частот свыше 1 ГГц. Обычно на частоте ниже 1 ГГц внешние предварительные усилители не используют, но если все же используют, то в качестве модели расчета неопределенности можно применить рекомендации, изложенные в приложении E.

Значение поправки δM равно нулю с U-образным распределением вероятностей, имеющим ширину, равную разности $(\delta M^+ - \delta M^-)$ [10], [11].

Примечание 9 — Выражения для δM и $\delta M^{\pm}$ показывают, что ошибку рассогласования можно уменьшить за счет увеличения затухания хорошо согласованной двухпортовой схемы, установленной до измерительного приемника. Однако при этом чувствительность измерений падает.

Примечание 10 — Для некоторых антенн на некоторых частотах s_{wr} может быть намного больше, чем 2,0:1, например 20:1 при биконических антеннах на частоте 30 МГц. Если это так, то для ограничения неопределенности рассогласования рекомендуется использовать аттенюатор 6 дБ и учитывать более низкое значение отношения сигнал/шум [см. комментарий A5)].

Примечание 11 — При использовании сложной антенны может потребоваться принятие специальных мер для гарантии того, что входное полное сопротивление со стороны приемника соответствует техническим требованиям $s_{wr} \le 2{,}0{:}1$, изложенным в CISPR 16-1-4.

Примечание 12 — Если ЭСП или поглощающие клещи калибруют с аттенюатором, постоянно подключенным к их выходному порту, влияние полного сопротивления ТС на ошибку рассогласования уменьшится, так как затухание увеличится, т.е. $|\Gamma_e| \le |\Gamma_a| + 0{,}5 \cdot 10^{a/20}$, где $|\Gamma_a|$ и a — коэффициент отражения и затухание аттенюатора соответственно, дБ.

Примечание 13 — Дополнительные соображения относительно уравнения (A.3):

a) при отсутствии корреляции или при весьма слабой корреляции слагаемых (слагаемых или членов суммы) линейное сложение можно заменить квадратичным суммированием;

b) благодаря обычно низким значениям слагаемых, можно применить дальнейшую аппроксимацию (когда $\delta M^{\pm}$ составляет половину ширины U-образного распределения) (см. также [5], [8]), получая в итоге:

$$\delta M^{\pm} \approx 8{,}7\sqrt{\left(|\Gamma_e||S_{11}|\right)^2 + \left(|\Gamma_r||S_{22}|\right)^2 + \left(|\Gamma_e||\Gamma_r||S_{21}|\right)^2}^{\,2}, \text{ дБ}.$$

Приложение В
(справочное)

Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях кондуктивных помех

В.1 Бюджет неопределенности при измерениях кондуктивных помех на сетевом порте при использовании эквивалента сети питания (ЭСП)

Измеряемую величину V рассчитывают по формуле

$$V = V_r + a_c + F_{AMN} + \delta F_{AMNf} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta Z_{AMN} + \delta D_{mains} + \delta V_{env}. \quad (B.1)$$

Таблица В.1 — Измерения кондуктивных помех в полосе частот от 9 до 150 кГц при использовании эквивалента сети питания (ЭСП) 50 Ом/50 мкГн + 5 Ом

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i\,u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: ЭСП–приемник[A2]	a_c	±0,1	$k = 2$	0,05
Коэффициент деления напряжения ЭСП[B1]	F_{AMN}	±0,2	$k = 2$	0,10
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3] - Амплитудная импульсная характеристика[A4] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4] - Минимальный уровень шума[A5]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 $k = 2$ Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты коэффициента деления напряжения ЭСП[A6]	δF_{AMNf}	±0,1	Прямоугольная	0,06
Рассогласование: ЭСП–приемник[A7]	δM	±0,07	U-образная	0,05
Полное сопротивление ЭСП[B2]	δZ_{AMN}	+3,1/–3,6	Треугольная	1,37
Влияние сетевых помех[B5]	δD_{mains}	±0,0		0,00
Влияние окружающей среды[B19]	δV_{env}	–	–	–

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и В.6).
[b] Все $c_i = 1$ (см. А.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(V) = 2\,u_c(V) = 3{,}83$ дБ.

Таблица В.2 — Измерения кондуктивных помех в полосе частот от 150 кГц до 30 МГц при использовании эквивалента сети питания (ЭСП) 50 Ом/50 мкГн

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i\,u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: ЭСП–приемник[A2]	a_c	±0,1	$k = 2$	0,05
Коэффициент деления напряжения ЭСП[B1]	F_{AMN}	±0,2	$k = 2$	0,10

Окончание таблицы В.2

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3] - Амплитудная импульсная характеристика[A4] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4] - Минимальный уровень шума[A5]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 $k = 2$ Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты коэффициента деления напряжения ЭСП[A6]	δF_{AMNf}	±0,1	Прямоугольная	0,06
Рассогласование: ЭСП–приемник[A7]	δM	±0,07	U-образная	0,05
Полное сопротивление ЭСП[B2]	δZ_{AMN}	+2,6/–2,7	Треугольная	1,08
Влияние сетевых помех[B5]	δD_{mains}	±0,0		0,00
Влияние окружающей среды[B19]	δV_{env}	–	–	–

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и В.6).
[b] Все $c_i = 1$ (см. А.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(V) = 2\,u_c(V) = 3{,}44$ дБ

В.2 Бюджет неопределенности при измерениях кондуктивных помех на сетевом порте при использовании пробника напряжения (VP)

Измеряемую величину V рассчитывают по формуле

$$V = V_r + a_c + F_{VP} + \delta F_{VPf} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta Z_{VP} + \delta D_{mains} + \delta Z_{mains} + \delta V_{env}. \quad (B.2)$$

Таблица В.3 — Измерения кондуктивных помех в полосе частот от 9 кГц до 30 МГц при использовании пробника напряжения (VP)

Входная величина [a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: VP-приемник[A2]	a_c	±0,1	$k = 2$	0,05
Коэффициент деления напряжения VP[B3]	F_{VP}	±0,2	$k = 2$	0,10
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3] - Амплитудная импульсная характеристика[A4] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4] - Минимальный уровень шума[A5]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 $k = 2$ Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты коэффициента деления напряжения VP[A6]	δF_{VPf}	±0,1	Прямоугольная	0,06
Рассогласование: VP-приемник[A7]	δM	+0,7/–0,8	U-образная	0,53
Полное сопротивление VP[B4]	δZ_{VP}	±0,5	Треугольная	0,20
Влияние сетевых помех[B5]	δD_{mains}	–	–	–
Влияние сетевых помех по сравнению с ЭСП[B5]	δZ_{mains}	±30,0	Треугольная	12,24
Влияние окружающей среды[B19]	δV_{env}	–	–	–

Окончание таблицы В.3

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и В.6). [b] Все c_i = 1 (см. А.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(V) = 2\ u_c(V)$ составляет 2,91дБ (24,65 дБ с учетом влияния импеданса сети по сравнению с ЭСП).

Примечание — Рекомендуется рассматривать расширенную неопределенность при влиянии полного сопротивления сети по сравнению с ЭСП (т.е. 24,65 дБ), когда нормы на излучение определены для метода испытания с ЭСП. При измерениях на месте эксплуатации сравнение с ЭСП не применяют, т. е. используют только неопределенность измерения пробником напряжения (2,9 дБ). При испытаниях на месте эксплуатации может потребоваться рассмотреть другие входные величины (например, δD_{mains}, δV_{env}).

В.3 Бюджет неопределенности при измерениях кондуктивных помех на порте связи при использовании асимметричного эквивалента сети (AAN)

Измеряемую величину V рассчитывают следующим образом:

$$V = V_r + a_c + F_{AAN} + \delta F_{AANf} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta Z_{AAN} + \delta a_{lcl} + \delta D_{AE} + \delta V_{env}. \quad (B.3)$$

Таблица В.4 — Измерения кондуктивных помех в полосе частот от 150 кГц до 30 МГц при использовании асимметричного эквивалента сети (AAN)

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i\,u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	k = 1	0,10
Затухание: AAN-приемник[A2]	a_c	±0,1	k = 2	0,05
Коэффициент деления напряжения AAN[B3]	F_{AAN}	±0,2	k = 2	0,10
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3] - Амплитудная импульсная характеристика[A4] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4] - Минимальный уровень шума[A5]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 k = 2 Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты коэффициента деления напряжения AAN[A6]	δF_{AANf}	±0,1	Прямоугольная	0,06
Рассогласование: AAN-приемник[A7]	δM	+0,7/−0,8	U-образная	0,53
Асимметричное полное сопротивление AAN[B7]	δZ_{AAN}	+2,5/−2,0	Треугольная	0,92
Потери преобразования в продольном направлении AAN[B8]				
AAN с a_{LCL} = 55...40 дБ[c]	δa_{LCL}	+3,0/−3,0	Треугольная	1,22
AAN с a_{LCL} = 65...50 дБ[c]	δa_{LCL}	+3,0/−4,5	Треугольная	1,53
AAN с a_{LCL} = 75...60 дБ[c]	δa_{LCL}	+3,0/−6,0	Треугольная	1,84
Влияние помех оборудования, связанного с основным[B9]	δD_{AE}	±0,2	Прямоугольная	0,12
Влияние окружающей среды[B19]	δV_{env}	–	–	–
[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и В.6). [b] Все c_i = 1 (см. А.1). [c] a_{LCL} начинается на 150 кГц со значения 55 дБ (65 дБ или 75 дБ соответственно), меняется с частотой и достигает значения 40 дБ (50 дБ или 60 дБ соответственно) на 30 МГц.				

Следовательно, расширенная неопределенность $U(V) = 2\,u_c(V)$ составляет:
4,20 дБ — при AAN с a_{LCL} = 55−40 дБ ;
4,59 дБ — при AAN с a_{LCL} = 65−50 дБ;
5,03 дБ — при AAN с a_{LCL} = 75−60 дБ.

B.4 Бюджет неопределенности при измерениях кондуктивных помех на порте связи при использовании емкостного пробника напряжения (CVP)

Измеряемую величину V рассчитывают следующим образом

$$V = V_r + a_c + F_{CVP} + \delta F_{CVPf} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta Z_{CVP} + \delta F_{cpos} + \delta F_{crad} + \delta D_{AE} + \delta Z_{AE} + \delta V_{env}. \quad (B.4)$$

Таблица B.5 — Измерения кондуктивных помех в полосе частот от 150 кГц до 30 МГц при использовании емкостного пробника напряжения (CVP)

Входная величина[a)]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i\,u(x_i)$[b)]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1)]	V_r	±0,1	k = 1	0,10
Затухание: CVP-приемник[A2)]	a_c	±0,1	k = 2	0,05
Коэффициент деления напряжения CVP[B10)]	F_{CVP}	±0,5	k = 2	0,25
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3)] - Амплитудная импульсная характеристика[A4)] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4)] - Минимальный уровень шума[A5)]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 k = 2 Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты коэффициента деления напряжения CVP[A6)]	δF_{CVPf}	±0,1	Прямоугольная	0,06
Рассогласование: CVP-приемник[A7)]	δM	+0,7/-0,8	U-образная	0,53
Импеданс CVP[B11)]	δZ_{CVP}	+1/-2	Треугольная	0,87
Влияние позиции кабеля на F_{CVP}[B12)]	δF_{cpos}	0,5	k = 1	0,5
Влияние радиуса кабеля на F_{CVP}[B13)]	δF_{crad}	0,76	k = 1	0,76
Влияние помех оборудования, связанного с основным[B14)]	δD_{AE}	–	–	–
Влияние полного сопротивления оборудования, связанного с основным[B14)]	δZ_{AE}	±30	Треугольная	12,24
Влияние окружающей среды[B19)]	δV_{env}	–	–	–

[a)] Сноски (например, [A1)]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и B.6).
[b)] Все c_i = 1 (см. A.1).

Расширенная неопределенность $U(V) = 2\,u_c(V)$ составляет 3,85 дБ (24,78 дБ — с учетом влияния полного сопротивления оборудования, связанного с основным, по сравнению с AAN).

Примечание 1 — Может потребоваться рассмотреть настройки при измерениях с CVP и использованием измерений с пробником тока (см. комментарии [B18)]).

Примечание 2 — Рекомендуется рассматривать расширенную неопределенность при влиянии полного сопротивления оборудования, связанного с основным, по сравнению с AAN (т. е. 24,78 дБ), когда нормы на излучение определены для метода испытания с AAN.

B.5 Бюджет неопределенности при измерениях кондуктивных помех на порте связи при использовании пробника тока (CP)

Измеряемую величину рассчитывают следующим образом

$$I = V_r + a_c + Y_T + \delta Y_{Tf} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta Z_{CP} + \delta D_{AE} + \delta Z_{AE} + \delta I_{env}. \quad (B.5)$$

Таблица В.6 — Измерения кондуктивных помех в полосе частот от 9 кГц до 30 МГц при использовании пробника тока (CP)

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	k = 1	0,10
Затухание: пробник тока-приемник[A2]	a_c	±0,1	k = 2	0,05
Передаточная проводимость пробника тока[B15]	Y_T	±0,3	k = 2	0,15
Поправки приемника: - Ссинусоидальное напряжение[A3] - Амплитудная импульсная характеристика[A4] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4] - Минимальный уровень шума[A5]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 k = 2 Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты передаточной проводимости[A6]	δY_{Tf}	±0,1	Прямоугольная	0,06
Рассогласование: пробник тока–приемник[A7]	δM	+0,7/–0,8	U-образная	0,53
Вносимое полное сопротивление пробника тока[B16]	δZ_{CP}	+0,1	Треугольная	0,06
Влияние помех оборудования, связанного с основным[B17]	δD_{AE}	–	–	–
Влияние полного сопротивления оборудования, связанного с основным[B17]	δZ_{AE}	±30	Треугольная	12,24
Влияние окружающей среды[B19]	δI_{env}	–	–	–

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и В.6).
[b] Все c_i = 1 (см. А.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(I) = 2\ u_c(I)$ составляет 2,89дБ (24,65 дБ — с учетом влияния полного сопротивления оборудования, связанного с основным, по сравнению с AAN)

Примечание — Рекомендуется рассматривать расширенную неопределенность при влиянии полного сопротивления оборудования, связанного с основным, по сравнению с AAN (т.е. 24,65 дБ), когда нормы на излучение определены для метода испытания с AAN.

В.6 Обоснование оценок входных величин, относящихся к методам измерения кондуктивных помех

[B1] Коэффициент деления напряжения ЭСП F_{AMN}, а также расширенную неопределенность и коэффициент охвата можно узнать из отчета о калибровке.

[B2] Допуск на значение полного сопротивления, указанный в CISPR 16-1-2, для ЭСП 50 Ом/50 мкГн + 5 Ом или для ЭСП 50 Ом/50 мкГн требует, чтобы величина этого сопротивления находилась в пределах 20 % значения номинального полного сопротивления, а фаза — в пределах номинального фазового угла ± 11,5°, когда порт приемника нагружен на сопротивление 50 Ом.

Считается, что полное сопротивление, представляемое портом испытуемого оборудования на ЭСП, когда порт приемника нагружен на 50 Ом, находится внутри окружности на плоскости полных сопротивлений, в центре которой номинальное значение сопротивления, при этом радиус равен 20 % номинального значения сопротивления. Это налагает на фазу полного сопротивления допуск, соразмерный с тем, который дается на значение сопротивления. Значение поправки δZ_{AMN} равно нулю с распределением вероятностей, ограниченным экстремумами из всех комбинаций вынужденного полного сопротивления ЭСП и свободного полного сопротивления ТС в определенном диапазоне частот. Более подробная информация приведена в [9]. Считается, что распределение вероятностей будет треугольным, так как есть только небольшой шанс совпадения конкретных комбинаций частоты и полных сопротивлений ЭСП и ТС, необходимых для образования этих экстремумов.

Примечание — Если для согласования с реальным штыревым разъемом сетевого шнура ТС используют переходное устройство, то в точке подключения ТС (т. е. на адаптере) должны быть выполнены требования к значению полного сопротивления, указанные в CISPR 16-1-2.

[B3] Значение коэффициента деления напряжения пробника напряжения F_{VP}, а также расширенную неопределенность и коэффициент охвата можно получить из отчета по калибровке.

B4) В CISPR 16-1-2 указано полное сопротивление пробника напряжения как значение 1500 Ом без допуска. Существующие резисторы имеют максимальные допуски 5 %. К тому же необходимо учесть емкость связи 10 нФ, которая делает коэффициент деления напряжения зависимым от частоты. Кроме того, типовые пробники напряжения имеют входную емкость, которая при измерении действует как шунтирующая, до 10 пФ включительно.

B5) При измерениях с использованием ЭСП считают, что сетевые помехи подавляет сам ЭСП, или, если требуется, ставят дополнительные фильтры.

Пробники напряжения используют без развязки между ТС и сетью, что представляет собой большой источник неопределенности (например, при испытаниях на месте эксплуатации). Полное сопротивление на стороне сети и помехи со стороны сети при этом неизвестны. Провести оценку неопределенности, обусловленной воздействиями со стороны сети, невозможно. При проведении реальных измерений надо полагаться на опыт и мнение пользователя. Поэтому оценка этой входной величины не предусмотрена.

Если измерения с использованием пробников напряжения сравнимы с измерениями с применением ЭСП, то полное сопротивление сети Z_{mains} в большей степени определяет результат по сравнению с полными сопротивлениями пробника Z_{VP} и ЭСП Z_{AMN}. При допущении высокого значения полного сопротивления ТС, если $Z_{mains} >> Z_{VP}$, результат измерения может быть в 30 раз (приблизительно 30 дБ) больше результата, получаемого при использовании ЭСП. Также если $Z_{mains} << Z_{AMN}$, то измеренное напряжение помех пропорционально коэффициенту Z_{mains}/Z_{AMN}.

Возможны низкие коэффициенты, такие как 1/30 (приблизительно минус 30 дБ), так что значение Z_{mains} становится частью измерительного устройства, а инструментальная неопределенность увеличивается до плюс 30 дБ. Таким образом, более низкое значение U_{cispr} при измерении пробником напряжения, приведенное в таблице 1, не является основанием для замены ЭСП пробником напряжения.

B6) Оценку коэффициента деления напряжения асимметричного эквивалента сети (AAN) F_{AAN} можно получить из отчета о калибровке наряду с расширенной неопределенностью и коэффициентом охвата.

B7) В CISPR 16-1-2 указано значение полного сопротивления AAN 150 Ом с допуском плюс 20 Ом и допуском по фазе плюс 20°.

B8) В CISPR 16-1-2 приведены примеры требований к затуханию при продольном преобразовании (LCL), а в CISPR 22 указаны частотно-зависимые LCL с частотами 5 МГц и допусками для следующих кабелей:

- категория 3 — 55 дБ с уменьшением до 40 дБ на частоте 30 МГц, с допуском от плюс 3 дБ до 30 МГц включительно;
- категория 5 — 65 дБ с уменьшением до 50 дБ на частоте 30 МГц:
  ≤ 2МГц — допуск плюс 3дБ,
  > 2 МГц — допуск минус 3дБ/плюс 4,5 дБ;
- категория 6 — 75 дБ с уменьшением до 60 дБ на частоте 30 МГц:
  ≤ 2МГц — допуск плюс 3дБ,
  > 2 МГц — допуск минус 3дБ/плюс 6 дБ.

AAN с с затуханием при продольном преобразовании 65 дБ является наиболее важным AAN, и поэтому его допуск используют при определении U_{cispr}. Если отклонения от номинального значения LCL, указанные в сертификате калибровки, будут низкими и неопределенность тоже будет достаточно низкой, то это уменьшит вклад LCL в неопределенность.

B9) При воздействии помех от оборудования, связанного с основным (AE), считают, что самое низкое затухание развязки будет 35 дБ, а уровень помех AE равен уровню помех от ТС.

B10) Значение коэффициента деления напряжения емкостного пробника напряжения (CVP) F_{CVP} можно получить из отчета по калибровке наряду с расширенной неопределенностью и коэффициентом охвата. В значении неопределенности учитывают калибровочную установку.

B11) Полное сопротивление включает в себя шунтирующую емкость, которая в CISPR 16-1-2 определена как емкость менее 10 пФ. Когда полные сопротивления источника ТС и нагрузки равны 50 Ом, влияние шунтирующей емкости включают в коэффициент деления напряжения. При сопротивлении 150 Ом нагрузочный эффект составляет приблизительно минус 2 дБ на частоте 30 МГц.

B12) Влияние позиции кабеля на коэффициент деления напряжения показано в CISPR 16-1-2.

B13) Влияние радиуса кабеля на коэффициент деления напряжения показано в CISPR 16-1-2. Для уменьшения неопределенности коэффициент деления напряжения следует калибровать в функции от радиуса кабеля или коэффициенты коррекции δF_{crad} должны быть представлены в таблице.

B14) Емкостные пробники напряжения используют без развязки между ТС и оборудованием, связанным с основным (AE). Это является большим источником неопределенности. При этом неизвестны полные сопротивления на стороне AE и помехи со стороны AE. Обеспечить оценку неопределенности из-за воздействий на стороне AE невозможно. При проведении реальных измерений надо полагаться на опыт и мнение пользователя. Поэтому оценку этой входной величины не предусматривают.

Если измерения с использованием емкостных пробников напряжения сравнимы с измерениями с применением AAN, то полное сопротивление AE Z_{AE} в большей степени определяет результат по сравнению с полным сопротивлением пробника Z_{CVP} и полным сопротивлением AAN Z_{AAN}. При допущении высокого значения полного сопротивления ТС, если $Z_{AE} >> Z_{CVP}$, можно предположить, что результат измерения может быть в 30 раз (приблизительно на 30 дБ) больше результата, получаемого при использовании AAN. Также если $Z_{AE} << Z_{AAN}$, то изме-

ренное значение напряжения помех пропорционально коэффициенту Z_{AE}/Z_{AAN}. Возможны низкие коэффициенты, такие как 1/30 (приблизительно минус 30 дБ), так что полное сопротивление Z_{AE} становится частью измерительного устройства, а инструментальная неопределенность увеличивается до ± 30 дБ.

Таким образом, более низкое значение U_{cispr} при измерении емкостным пробником напряжения, приведенное в таблице 1, не является основанием для замены AAN емкостным пробником напряжения.

B15) Коэффициент коррекции пробника тока — это логарифм передаточной проводимости $20\lg Y_T = 20\ \lg(1/Z_T)$, который добавляют к уровню напряжения для определения уровня тока I, дБ (мкА). Значение коэффициента коррекции пробника тока Y_T можно получить из отчета о калибровке наряду с расширенной неопределенностью и коэффициентом охвата.

B16) В CISPR 16-1-2 приведено требование, чтобы значение вносимого полного сопротивления пробника тока было менее 1 Ом.

B17) Пробники тока используют без развязки между ТС и оборудованием, связанным с основным (АЕ). Это является большим источником неопределенности. При этом неизвестны как полное сопротивление на стороне АЕ, так и помехи со стороны АЕ. Обеспечить оценку неопределенности из-за воздействий на стороне АЕ невозможно. При проведении реальных измерений надо полагаться на опыт и мнение пользователя. Поэтому оценку этой входной величины не предусматривают.

Если измерения с использованием пробников тока сравнимы с измерениями с применением ЭСП, то полное сопротивление сети Z_{mains} в большей степени определяет результат по сравнению с полным сопротивлением ЭСП. При допущении высокого значения полного сопротивления ТС, если $Z_{mains} << Z_{AMN}$, то результат измерения может быть в 30 раз (приблизительно на 30 дБ) больше результата, получаемого при использовании ЭСП. Также если $Z_{mains} >> Z_{AMN}$, то измеренный ток помех пропорционален коэффициенту Z_{mains}/Z_{AMN}. Возможны низкие коэффициенты, такие как 1/30 (приблизительно минус 30 дБ). При этом полное сопротивление Z_{mains} становится частью измерительного устройства, а инструментальная неопределенность увеличивается до ± 30 дБ. Таким образом, более низкое значение U_{cispr} при измерении пробником тока, приведенное в таблице 1, не является основанием для замены ЭСП пробником тока.

Аналогичные рассуждения применимы при сравнении измерений с помощью пробника тока с измерениями с помощью AAN. В этом случае Z_{mains} должна быть заменена Z_{tn} (полным сопротивлением сети связи), а Z_{AMN} должна быть заменена Z_{AAN}.

B18) Если напряжение помех, измеряемое емкостным пробником напряжения, регулируется запасом тока, который учитывает результаты измерения тока помех, как указано в С.1.3 приложения С CISPR 22, то неопределенность измерения напряжения немного увеличивается с учетом тех входных величин неопределенности тока помех, которые не относятся к неопределенности при измерении емкостным пробником напряжения. Может потребоваться рассмотреть следующие дополнительные величины: неопределенность передаточной проводимости Y_T пробника тока и неопределенность рассогласования пробник тока — приемник δM. Полагая, что для обоих измерений используют один и тот же измерительный приемник, и используя значения Y_T (0,15 дБ) и δM (0,53 дБ) из таблицы В.6, получают U_{cispr}, равную 4,0 вместо 3,85.

B19) Влияние окружающей среды (испытательной площадки, контуров заземления магнитных полей, несовершенства заземления вспомогательного оборудования и т. п.) в некоторой степени представлено в CISPR 16-2-1 и CISPR 16-4-1. Оценить это в цифровом выражении невозможно. Для определения значения этой входной величины для одного ТС можно использовать эталонный источник, но это не подходит для системы, состоящей из нескольких блоков.

Приложение С
(справочное)

Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях мощности помех

С.1 Бюджет неопределенности при измерениях мощности помех

Измеряемую величину P рассчитывают по формуле

$$P = V_r + a_c + F_{AC} + \delta F_{ACf} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta D_{mains} + \delta P_{env}. \quad (C.1)$$

Таблица С.1 — Мощность помех в полосе частот от 30 до 300 МГц

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: поглощающие клещи — приемник[A2]	a_c	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки поглощающих клещей[C1]	F_{AC}	±3,0	$k = 2$	1,50
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3] - Амплитудная импульсная характеристика[A4] - Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4] - Минимальный уровень шума[A5]	 δV_{sw} δV_{pa} δV_{pr} δV_{nf}	 ±1,0 ±1,5 ±1,5 ±0,0	 $k = 2$ Прямоугольная Прямоугольная	 0,50 0,87 0,87 0,00
Интерполяция частоты коэффициента калибровки клещей[A6]	δF_{ACf}	±0,2	Прямоугольная	0,12
Рассогласование: поглощающие клещи — приемник[A7]	δM	+0,19/–0,20	U-образная	0,14
Влияние сетевых помех[C2]	δD_{mains}	±0,0		0,00
Влияние окружающей среды[C3]	δP_{env}	±2,5	Треугольная	1,02

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и С.2).

[b] Все $c_i = 1$ (см. А.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(P) = 2\,u_c(P) = 4{,}52$ дБ.

С.2 Обоснование оценок входных величин, относящихся к методу измерения мощности помех

[C1] Значение исходного коэффициента калибровки F_{AC} поглощающих клещей (см. CISPR 16-1-3), а также расширенную неопределенность и коэффициент охвата, можно получить из отчета по калибровке.

[C2] Сетевые помехи, от которых недостаточно изолирован трансформатор тока поглощающих клещей, могут влиять на показания приемника. Чтобы снизить воздействие сетевых помех, могут понадобиться установка ферритового поглотителя на сетевом шнуре у сети питания или использование ЭСП для обеспечения фильтрации сети питания.

Считается, что любые сетевые помехи незначительны или их воздействие уменьшено до пренебрежимо малой величины с помощью соответствующих мер подавления помех. Величина поправки δD_{mains} равна 0 с неопределенностью, равной нулю.

Примечание — Если сетевые помехи не являются пренебрежимо малыми и их воздействие на показание приемника не было адекватно уменьшено за счет соответствующих мер подавления, учитывают значение поправки и ее неопределенность, которые не будут равны нулю.

[C3] Измерения мощности помех с помощью поглощающих клещей зависят от окружающей среды, свойств поверхностей помещения и близости расположения ТС к этим поверхностям. В CISPR 16-1-3 приведен метод аттестации, позволяющий получить отклонение ± 2,5 дБ от эталонной испытательной площадки.

Значение поправки δP_{env} равно нулю при стандартном отклонении 2,5 дБ. Считается, что распределение вероятностей имеет треугольную форму, так как шанс получения максимального отклонения очень невелик.

Приложение D
(справочное)

Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях излучаемых помех в полосе частот от 30 до 1000 МГц

D.1 Бюджеты неопределенности при измерениях напряженности электрического поля излучаемых помех на OATS или SAC

Измеряемую величину E рассчитывают по формуле

$$E = V_r + a_c + F_a + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta F_{af} + \\ + \delta F_{ah} + \delta F_{a\,dir} + \delta F_{a\,ph} + \delta F_{a\,cp} + \delta F_{a\,bal} + \delta A_N + \delta A_{NT} + \delta d + \delta h + \delta E_{amb}. \quad (D.1)$$

Таблица D.1 — Горизонтально поляризованные излучаемые помехи в полосе частот от 30 до 200 МГц при использовании биконической антенны на расстоянии 3, 10 или 30 м

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i\,u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1)]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2)]	a_c	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки биконической антенны [D1)]	F_a	±2,0	$k = 2$	1,00
Поправки приемника:				
- Синусоидальное напряжение[A3)]	δV_{sw}	±1,0	$k = 2$	0,50
- Амплитудная импульсная характеристика[A4)]	δV_{pa}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4)]	δV_{pr}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Минимальный уровень шума[A5)]	δV_{nf}	+0,5/0,0	Прямоугольная	0,29
Рассогласование: антенна–приемник[A7)]	δM	+0,9/−1,0	U-образная	0,67
Поправки биконической антенны:				
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6)]	δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Изменение коэффициента калибровки с высотой[D2)]	δF_{ah}	±1,0	Прямоугольная	0,58
- Разница в направленности[D3)] при 3 м	δF_{adir}	±0,0		0,00
или 10 м,	δF_{adir}	±0,0		0,00
или 30 м	δF_{adir}	±0,0		0,00
- Положение фазового центра[D4)] при 3 м	δF_{aph}	±0,0		0,00
или 10 м,	δF_{aph}	±0,0		0,00
или 30 м	δF_{aph}	±0,0		0,00
- Кроссполяризация[D5)]	δF_{acp}	±0,0		0,00
- Симметричность[D6)]	δF_{abal}	±0,3	Прямоугольная	0,17
Поправки площадки:				
- Неидеальность площадки[D7)]	δA_N	±4,0	Треугольная	1,63
- Разделительное расстояние[D8)] при 3 м	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
или 10 м,	δd	±0,1	Прямоугольная	0,06
или 30 м	δd	±0,0		0,00
- Влияние материала установочного стола[D10)]	δA_{NT}	±0,0		0,00
- Высота стола[D9)] при 3 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
или 10 м,	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
или 30 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
Влияние шума окружающей среды на OATS[D13)]	δE_{amb}	±0,0		0,00

[a] Сноски (например, [A1)]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и D.3).

[b] Все $c_i = 1$ (см. A.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(E) = 2\,u_c(E)$ составляет:
5,06 дБ — при измерительном расстоянии 3 м;
5,05 дБ — при измерительном расстоянии 10 м;
5,05 дБ — при измерительном расстоянии 30 м.

Таблица D.2 — Вертикально поляризованные излучаемые помехи в полосе частот от 30 до 200 МГц при использовании биконической антенны на расстоянии 3, 10 или 30 м

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i\,u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2]	a_c	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки биконической антенны [D1]	F_a	±2,0	$k = 2$	1,00
Поправки приемника:				
- Синусоидальное напряжение[A3]	δV_{sw}	±1,0	$k = 2$	0,50
- Амплитудная импульсная характеристика[A4]	δV_{pa}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4]	δV_{pr}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Минимальный уровень шума[A5]	δV_{nf}	+0,5/0,0	Прямоугольная	0,29
Рассогласование: антенна-приемник[A7]	δM	+0,9/–1,0	U-образная	0,67
Поправки биконической антенны:				
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6]	δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Изменение коэффициента калибровки с высотой[D2]	δF_{ah}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Разница в направленности[D3] при				
3 м < 130 МГц	δF_{adir}	±0,5	Прямоугольная	0,29
3 м >130 МГц	δF_{adir}	±1,0	Прямоугольная	0,58
- Разница в направленности при 3 м с наклоном	δF_{adir}	±0,5	Прямоугольная	0,29
или 10 м,	δF_{adir}	±0,25	Прямоугольная	0,14
или 30 м	δF_{adir}	±0,1	Прямоугольная	0,06
- Положение фазового центра[D4] при 3 м	δF_{aph}	±0,0		0,00
или 10 м,	δF_{aph}	±0,0		0,00
или 30 м	δF_{aph}	±0,0		0,00
- Кроссполяризация[D5]	δF_{acp}	±0,0		0,00
- Симметричность[D6]	δF_{abal}	±0,9	Прямоугольная	0,52
Поправки площадки:				
- Неидеальность площадки[D7]	δA_N	±4,0	Треугольная	1,63
- Разделительное расстояние[D8]				
при 3 м	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
или 10 м,	δd	±0,1	Прямоугольная	0,06
или 30 м	δd	±0,0		0,00
- Влияние материала установочного стола[D10]	δA_{NT}	±0,0		0,00
- Высота стола[D9]				
при 3 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
или 10 м,	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
или 30 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
Влияние шума окружающей среды на OATS[D13]	δE_{amb}	±0,0		0,00

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и D.3).
[b] Все $c_i = 1$ (см. A.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(E) = 2\,u_c(E)$ составляет:
5,07 дБ — при измерительном расстоянии 3 м (с наклоном антенны);
5,17 дБ — при измерительном расстоянии 3 м (без наклона антенны);
5,03 дБ — при измерительном расстоянии 10 м;
5,02 дБ — при измерительном расстоянии 30 м.

Таблица D.3 — Горизонтально поляризованные излучаемые помехи в полосе частот от 200 МГц до 1 ГГц при использовании антенны LPDA на расстоянии 3, 10 или 30 м

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1)]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2)]	a_c	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки антенны LPDA[D1)]	F_a	±2,0	$k = 2$	1,00
Поправки приемника:				
- Синусоидальное напряжение[A3)]	δV_{sw}	±1,0	$k = 2$	0,50
- Амплитудная импульсная характеристика[A4)]	δV_{pa}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4)]	δV_{pr}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Минимальный уровень шума[A5)]	δV_{nf}	+1,1/0,0	Прямоугольная	0,63
Рассогласование: антенна-приемник[A7)]	δM	+0,9/−1,0	U-образная	0,67
Поправки антенны LPDA:				
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6)]	δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Изменение коэффициента калибровки с высотой[D2)]	δF_{ah}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Разница в направленности[D3)] при 3м	δF_{adir}	±1,0	Прямоугольная	0,58
- Разница в направленности при 3 м с наклоном	δF_{adir}	±0,5	Прямоугольная	0,29
или 10 м,	δF_{adir}	±0,2	Прямоугольная	0,12
или 30 м	δF_{adir}	±0,1	Прямоугольная	0,06
- Положение фазового центра [D4)]				
при 3 м	δF_{aph}	±1,0	Прямоугольная	0,58
или 10 м,	δF_{aph}	±0,3	Прямоугольная	0,17
или 30 м	δF_{aph}	±0,1	Прямоугольная	0,06
- Кроссполяризация[D5)]	δF_{acp}	±0,9	Прямоугольная	0,52
- Симметричность[D6)]	δF_{abal}	±0,0		0,00
Поправки площадки:				
- Неидеальность площадки[D7)]	δA_N	±4,0	Треугольная	1,63
- Разделительное расстояние[D8)] при 3 м	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
или 10 м,	δd	±0,1	Прямоугольная	0,06
или 30 м	δd	±0,0		0,00
- Влияние материала установочного стола[D10)]	δA_{NT}	±0,5	Прямоугольная	0,29
- Высота стола[D9)] при 3 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
или 10 м,	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
или 30 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
- Эффекты ближнего поля[D11)] при 3 м	δA_{NNF}	±0,0	Треугольная	0,00
Влияние шума окружающей среды на OATS[D13)]	δE_{amb}	±0,0		0,00

[a] Сноски (например, [A1)]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и D.3).

[b] Все $c_i = 1$ (см. A.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(V) = 2\,u_c(E)$ составляет:
5,24 дБ — при измерительном расстоянии 3 м (с наклоном антенны);
5,34 дБ — при измерительном расстоянии 3 м (без наклона антенны);
5,21 дБ — при измерительном расстоянии 10 м;
5,19 дБ — при измерительном расстоянии 30 м.

Таблица D.4 — Вертикально поляризованные излучаемые помехи в полосе частот от 200 МГц до 1 ГГц при использовании антенны LPDA на расстоянии 3, 10 или 30 м

Входная величина[a]		X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
			дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]		V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2]		a_c	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки антенны LPDA[D1]		F_a	±2,0	$k = 2$	1,00
Поправки приемника:					
- Синусоидальное напряжение[A3]		δV_{sw}	±1,0	$k = 2$	0,50
- Амплитудная импульсная характеристика[A4]		δV_{pa}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4]		δV_{pr}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Минимальный уровень шума[A5]		δV_{nf}	+1,1/0,0	Прямоугольная	0,63
Рассогласование: антенна-приемник[A7]		δM	+0,9/–1,0	U-образная	0,67
Поправки антенны LPDA:					
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6]		δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Изменение коэффициента калибровки с высотой[D2]		δF_{ah}	±0,1	Прямоугольная	0,06
- Разница в направленности[D3]	при 3 м	δF_{adir}	±3,2	Прямоугольная	1,80
- Разница в направленности	при 3м с наклоном	δF_{adir}	±0,75	Прямоугольная	0,43
	или 10 м,	δF_{adir}	±0,5	Прямоугольная	0,29
	или 30 м	δF_{adir}	±0,15	Прямоугольная	0,09
- Положение фазового центра[D4]	при 3 м	δF_{aph}	±1,0	Прямоугольная	0,58
	или 10 м,	δF_{aph}	±0,3	Прямоугольная	0,17
	или 30 м	δF_{aph}	±0,1	Прямоугольная	0,06
- Кроссполяризация[D5]		δF_{acp}	±0,9	Прямоугольная	0,52
- Симметричность[D6]		δF_{abal}	±0,0		0,00
Поправки площадки:					
- Неидеальность площадки[D7]		δA_N	±4,0	Треугольная	1,63
- Разделительное расстояние[D8]	при 3м	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
	или 10 м,	δd	±0,1	Прямоугольная	0,06
	или 30 м	δd	±0,0		0,00
- Влияние материала установочного стола[D10]		δA_{NT}	±0,5	Прямоугольная	0,29
-Высота стола[D9]	при 3 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
	или 10 м,	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
	или 30 м	δh	±0,1	$k = 2$	0,05
- Эффекты ближнего поля[D11]	при 3 м	δA_{NNF}	±0,0	Треугольная	0,00
Влияние шума окружающей среды на OATS[D13]		δE_{amb}	±0,0		0,00

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и D.3).

[b] Все $c_i = 1$ (см. A.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(V) = 2\,u_c(V)$ составляет:
5,26 дБ — при измерительном расстоянии 3 м (с наклоном антенны);
6,32 дБ — при измерительном расстоянии 3 м (без наклона антенны);
5,22 дБ — при измерительном расстоянии 10 м;
5,18 дБ — при измерительном расстоянии 30 м.

D.2 Бюджеты неопределенности при измерениях напряженности электрического поля излучаемых помех в полностью безэховых камерах (FAR)

Измеряемую величину E рассчитывают следующим образом

$$E = V_r + a_c + F_a + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta F_{af} + \\ + \delta F_{ah} + \delta F_{a\,dir} + \delta F_{a\,ph} + \delta F_{a\,cp} + \delta F_{a\,bal} + \delta A_N + \delta A_{NT} + \delta d + \delta h. \quad (D.2)$$

Таблица D.5 — Измерения излучаемых помех в полосе частот от 30 до 200 МГц при использовании биконической антенны в FAR на расстоянии 3 м

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	k = 1	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2]	a_c	±0,2	k = 2	0,10
Коэффициент калибровки биконической антенны [D1]	F_a	±2,0	k = 2	1,00
Поправки приемника:				
- Синусоидальное напряжение[A3]	δV_{sw}	±1,0	k = 2	0,50
- Амплитудная импульсная характеристика[A4]	δV_{pa}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4]	δV_{pr}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Минимальный уровень шума[A5]	δV_{nf}	+0,5/0,0	Прямоугольная	0,29
Рассогласование: антенна-приемник[A7]	δM	+0,9/−1,0	U-образная	0,67
Поправки биконической антенны:				
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6]	δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Изменение коэффициента калибровки из-за влияния FAR[D2]	δF_{ah}	±0,5	Прямоугольная	0,29
- Разница в направленности[D3]	δF_{adir}	±0,5	Прямоугольная	0,29
- Положение фазового центра[D4]	δF_{aph}	±0,0		0,00
- Кроссполяризация[D5]	δF_{acp}	±0,0		0,00
- Симметричность[D6]	δF_{abal}	±0,5	Прямоугольная	0,29
Поправки площадки:				
- Неидеальность площадки[D7]	δA_N	±4,0	Треугольная	1,63
- Влияние материала установочного стола[D10]	δA_{NT}	±0,0	Прямоугольная	0,00
- Разделительное расстояние[D8]	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Высота стола[D9]	δh	±0,0	k = 2	0,00
[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и D.3). [b] Все c_i = 1 (см. A.1).				

Следовательно, расширенная неопределенность $U(E) = 2\,u_c(E)$ = 5,01 дБ.

Таблица D.6 — Измерения излучаемых помех в полосе частот от 200 до 1000 МГц при использовании антенны LPDA в FAR на расстоянии 3м

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1]	V_r	±0,1	k = 1	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2]	a_c	±0,2	k = 2	0,10
Коэффициент калибровки антенны LPDA[D1]	F_a	±2,0	k = 2	1,00
Поправки приемника:				
- Синусоидальное напряжение[A3]	δV_{sw}	±1,0	k = 2	0,50
- Амплитудная импульсная характеристика[A4]	δV_{pa}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Характеристика в функции от частоты повторения импульсов[A4]	δV_{pr}	±1,5	Прямоугольная	0,87
- Минимальный уровень шума[A5]	δV_{nf}	+0,7/0,0	Прямоугольная	0,40
Рассогласование: антенна−приемник[A7]	δM	+0,9/−1,0	U-образная	0,67
Поправки антенны LPDA:				
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6]	δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Изменение коэффициента калибровки из-за влияния FAR[D2]	δF_{ah}	±0,0	Прямоугольная	0,00
- Разница в направленности[D3]	δF_{adir}	±1,0	Прямоугольная	0,58

Окончание таблицы D.6

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
- Положение фазового центра[D4]	δF_{aph}	±1,0	Прямоугольная	0,58
- Кроссполяризация[D5]	δF_{acp}	±0,9	Прямоугольная	0,52
- Симметричность[D6]	δF_{abal}	±0,0	Прямоугольная	0,00
Поправки площадки:				
- Неидеальность площадки[D7]	δA_N	±4,0	Треугольная	1,63
- Влияние материала установочного стола[D10]	δA_{NT}	±0,5	Прямоугольная	0,29
- Разделительное расстояние[D8]	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Высота стола[D9]	δh	±0,1	$k = 2$	0,05

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. A.2 и D.3).

[b] Все $c_i = 1$ (см. A.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(E) = 2\,u_c(E) = 5{,}34$ дБ.

D.3 Обоснование оценок входных величин, относящихся к методам измерения излучаемых помех в диапазоне частот от 30 до 1000 МГц

[D1] Коэффициент калибровки антенны в свободном пространстве F_a, а также расширенная неопределенность и коэффициент охвата обычно приведены в отчете о калибровке. В данных, приведенных в таблицах D.1–D.6, предполагается, что расширенная неопределенность составляет 2 дБ при коэффициенте охвата 2.

[D2] Коэффициент калибровки антенны меняется из-за взаимосвязи между антенной и ее зеркальным изображением в плоскости земли. Когда антенна сканируется по высоте над пластиной заземления с хорошей проводимостью, значение среднего коэффициента калибровки антенны близко к значению коэффициента калибровки антенны в свободном пространстве F_a. Сканирование высоты должно проводиться по крайней мере на участке, равном половине длины волны, при снятии показаний с интервалами в одну восьмую длины волны или менее, а самая маленькая высота должна быть более трети длины волны. Влияние полного передаточного сопротивления холостого хода наиболее заметно для настроенных диполей.

Если считать, что самый длинный диполь настроен на частоту 80 МГц, то требуемая высота антенны будет не более 4 м. Поправка δF_{ah} — это отклонение от F_a. Если в указанной полосе частот поправка δF_{ah} меняется существенно, то либо в каждой полосе частот делают поправку, либо применяют δF_{ah} для каждой полосы частот в качестве источника неопределенности.

В общем случае поправка δF_{ah} с ростом частоты уменьшается и становится пренебрежимо малой на частоте свыше 300 МГц. Также учтено некоторое влияние FAR на коэффициент калибровки антенны (см. таблицы D.5—D.6).

Значение поправки δF_{ah} из-за влияния стен FAR равно нулю и имеет равномерное распределение вероятностей, половина ширины которого оценивалась по характеристикам коэффициента калибровки биконической и логопериодической дипольной антенной решетки (LPDA) в зависимости от высоты соответственно.

В методе оценки влияния стен FAR на коэффициент калибровки биконической антенны необходимо использовать пару небольших широкополосных биконических антенн в качестве замены для пары стандартных биконических антенн и сравнить вносимые потери площадки при измерении с небольшими и со стандартными биконическими антеннами с потерями на открытой площадке. Другим методом могло бы быть моделирование.

Примечание 1 — На частотах свыше 300 МГц или если измерительной антенной является диполь, нет необходимости рассматривать поправку δF_{ah}.

[D3] В CISPR 16-1-4 требуется учитывать характеристики сложной антенны в направлении прямого луча и в направлении луча, отраженного от земли, если систематическая ошибка превышает 1 дБ, повернуть сложную антенну вниз, чтобы оба луча (прямой и отраженный) находились в пределах 3 дБ ширины диаграммы направленности антенны. Если поворот не используют, может потребоваться корректировка уровня принимаемого сигнала, в частности при измерительных расстояниях менее 10 м.

Если влияние направленности составляет минус x_i, дБ, для антенны, имеющей неравномерную диаграмму направленности в вертикальной плоскости, то x_i можно использовать для расчета коэффициента корректировки и неопределенности. Поправка δF_{adir} для учета влияния направленности равна 0 дБ для антенны, имеющей равномерную диаграмму направленности в вертикальной плоскости, и находится между 0 дБ и плюс x_i для антенны, имеющей неравномерную диаграмму направленности в вертикальной плоскости. В CISPR 16-1-4 даны рекомендации относительно максимально допустимого коэффициента усиления для биконических, LPDA и гибридных антенн (см. комментарий [D12]), для которых используют значения x_i.

Считается, что горизонтально поляризованная биконическая антенна имеет равномерную диаграмму направленности в вертикальной плоскости. Предполагалось, что при использовании вертикально поляризованной биконической антенны и горизонтально или вертикально поляризованной антенны LPDA требуется поправка δF_{adir} до + x_i /2 дБ при измерительном расстоянии 3 и 10м, но не более +0,15 дБ при измерительном расстоянии 30 м. Неопределенность поправки x_i, дБ, приведена в таблицах D.2−D.4 для горизонтально настроенных антенн и антенн с наклоном.

Для горизонтальных антенн LPDA без наклона, имеющих неравномерную диаграмму направленности при измерительном расстоянии 3 м, рекомендуется, чтобы оценивалась δF_{adir} при высоте антенны, при которой в реальном измерении излучение будет максимальным, и оценивалась неопределенность с углов, обусловленная высотой ТС. Также рекомендуется составить таблицу поправочных коэффициентов для используемой антенны в зависимости от высоты антенны.

Например, в случае, представленном на рисунке D.1, коэффициент коррекции δF_{adir} для типичной антенны LPDA при высоте 1 м на расстоянии 3 м и при вертикальной поляризации, полученный из диаграммы излучения антенны, будет плюс 1,5 дБ с областью неопределенности от плюс 1,5 дБ до минус 3,0 дБ. При этом более высокая плотность вероятности будет в области от плюс 1,5 дБ до 0 дБ, что соответствует равномерному распределению приблизительно плюс 2,5 дБ, а δF_{adir} будет плюс 4,5 дБ при высоте антенны 2,5 м.

Это предполагает, что на частотах свыше 200 МГц при измерительных расстояниях 3 м высота антенны будет максимальной на частотах свыше 200 МГц с областью неопределенности от плюс 3,0 до минус 3,5 дБ, имеющей приблизительно равномерное распределение вероятностей, соответствующее равномерному распределению приблизительно плюс 3,2 дБ. Поэтому в итоге неопределенность, обусловленная направленностью $u(x_i)$, составляет 1,8 дБ, что намного больше неопределенности, когда антенна имеет наклон.

Для вертикально поляризованной антенны с неравномерной диаграммой направленности при оптимальном наклоне считается, что поправка δF_{adir} будет +x_i /2 дБ при расстояниях 3 м. Следовательно, значение поправки δF_{adir} составляет +x_i /2 дБ с прямоугольным распределением вероятностей неопределенности, имеющей половину ширины + x_i /2 дБ. Например, для вертикально поляризованных антенн LPDA с геометрией, представленной на рисунке B.2, x_i приблизительно равно 1,5 дБ. Соответственно, неопределенность $u(x_i)$ = 0,43 дБ.

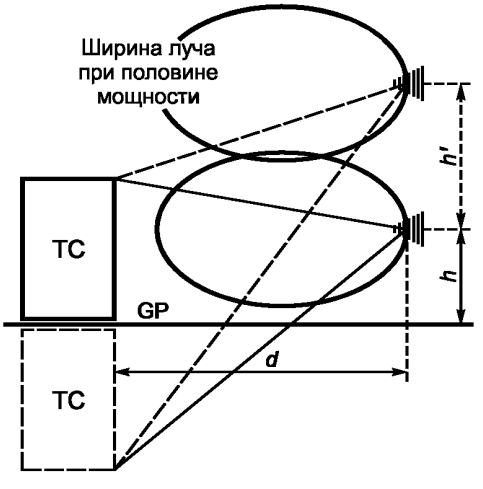
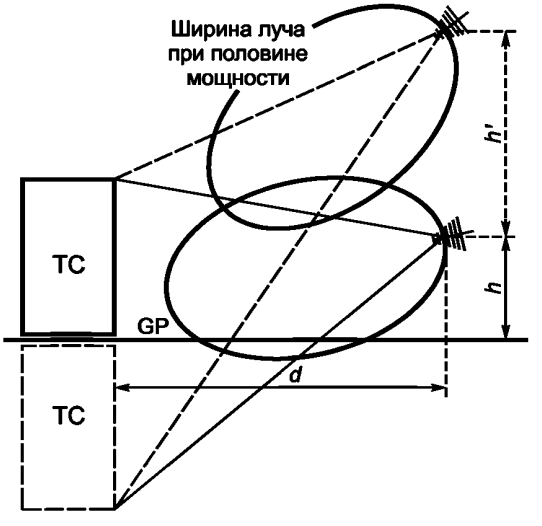


Рисунок D.1 — Влияние направленности антенны без наклона



GP – плоскость земли (пластина заземления); *d* = 3 м, *h* = 1 м, *h'* = 2,5 м, высота ТС =1,5 м

Рисунок D.2 — Влияние направленности антенны с оптимальным наклоном

Если тип ТС и направленность антенны можно соотнести с допущениями, принятыми в настоящем стандарте, метод, представленный выше, можно заменить выбором значений, указанных в [7].

При измерениях в FAR отражения отсутствуют, поэтому наклон антенны не требуется. Однако при измерительном расстоянии 3 м требуется учитывать направленность антенны и коэффициент коррекции и применять соответствующую им неопределенность в зависимости от размеров ТС. Например, для антенны LPDA с вертикальной поляризацией коэффициент коррекции будет +0,5 дБ с неопределенностью ± 0,5 дБ.

Примечание 2 — В таблицах D.5—D.6 поправка δF_{adir} будет +x_i /2 дБ при вертикальной поляризации и ТС высотой 1,5 м. Это значение будет положительным, т. к. оно представляет только потери сигнала.

Примечание 3 — При измерительном расстоянии 3 м при наличии отражающей пластины заземления нет необходимости использовать антенны с высокой направленностью. Такие антенны были разработаны для обеспечения более высокого отношения сигнал/шум на частотах от 200 до 1000 МГц. При использовании широкополосных антенн влияние направленности было бы минимальным.

D4) Для биконической антенны поправка δF_{aph} для местоположения фазового центра незначительна; однако изменение местоположения фазового центра антенны LPDA с изменением частоты создает необходимость изменения требуемого измерительного расстояния.

Для антенны LPDA значение поправки δF_{aph} равно нулю с прямоугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину, оцениваемую путем рассмотрения влияния ошибки в расстоянии ± 0,35 м при условии, что напряженность поля обратно пропорциональна расстоянию.

Примечание 4 — Если измерительной антенной является настроенный диполь, поправка δF_{aph} пренебрежимо мала.

Примечание 5 — Для гибридных антенн погрешность будет возрастать, если при систематическом воздействии не используется поправка δF_{aph} (см. комментарий D12)).

D5) Считается, что восприимчивость биконической антенны к перекрестной поляризации незначительна. Значение поправки δF_{acp} для восприимчивости антенны LPDA к перекрестной поляризации было нулевым с прямоугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину 0,9 дБ, что соответствует допуску на восприимчивость к перекрестной поляризации минус 20 дБ, приведенному в CISPR 16-1-4. Помимо допущения 0,9 дБ считают, что векторы поля E при горизонтальной и вертикальной поляризациях могут быть равными, и тогда подавление вектора перекрестной поляризации 20 дБ вызывает составляющую перекрестного поля, подлежащую измерению.

Примечание 6 — Если в качестве измерительной антенны используют диполь, поправка δF_{acp} пренебрежимо мала.

D6) Влияние несимметричности антенны будет самым большим, когда входной коаксиальный кабель расположен параллельно элементам антенны.

Значение поправки δF_{abal} при несимметрии антенны было нулевым с равномерным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину, полученную из характеристик имеющихся в продаже антенн. Для оценки всей неопределенности для OATS/SAC можно использовать проверку преобразования «дифференциальный режим/синфазный режим» симметрирующего устройства. В FAR проверка преобразования «дифференциальный режим/синфазный режим» приведет к меньшему влиянию несимметричности. Естественно, неопределенность из-за несимметричности антенны будет меньше.

D7) Величина D_{max} максимальной разности между теоретическим затуханием площадки и измеренным затуханием площадки, увеличенным на неопределенность измерения затухания площадки, показывает возможное влияние неидеальности площадки на измерение помех. Допуск, указанный в CISPR 16-1-4 для этой разности, равен ±4 дБ. Однако инструментальная неопределенность измерения, связанная с методом измерения затухания площадки, установленным в CISPR 16-1-4, обычно велика, а над ней доминируют неопределенности коэффициентов калибровки двух антенн. Поэтому площадка, которая соответствует допуску 4 дБ, вряд ли будет иметь дефекты, способные при измерении помех вызвать ошибки 4 дБ. Значение поправки δA_N равно нулю с треугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину 4 дБ.

Дальнейшее совершенствование методов аттестации площадки, приведенных в CISPR 16-1-4, может снизить технические требования к допуску.

Если измеренное значение D_{max} менее 4 дБ, для расчета U_{lab} можно взять значение поправки δA_N равным нулю с треугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину D_{max}.

D8) Ошибка в разносе (расстоянии) возникает из-за ошибок в определении периметра испытуемого ТС, измерения расстояния и наклона антенной мачты. Значение поправки δd для ошибки в расстоянии равно нулю с прямоугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину, полученную из предположения, что максимальная ошибка в расстоянии составляет ±0,1 м, и что напряженность поля обратно пропорциональна расстоянию сверх запаса на это расстояние.

D9) Ошибка, вызванная размещением испытуемого оборудования на столе, высота которого отлична от номинальной высоты 0,8 м. Поправка δh, которая должна добавляться к максимальной измеренной напряженности поля для корректировки высоты стола, отличающейся от номинальной не более чем на ±0,01м, оценивается как равная нулю с нормальным распределением вероятностей, имеющим расширенную неопределенность 0,1 дБ при уровне доверительной вероятности 95 %.

Для напольного оборудования такая добавка неопределенности не используется, так как влияние высоты подставки несущественно; поэтому отдельное значение U_{cispr} определять не требуется.

D10) В CISPR 16-1-4 представлен метод оценки влияния материала установочного стола на частотах вплоть до 1 ГГц. Допуск для этого воздействия не указан. На частотах ниже 200 МГц значение поправки δA_{NT} равно нулю с прямоугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину 0 дБ; на частотах выше 200 МГц значение поправки δA_{NT} равно нулю с прямоугольным распределением вероятностей, имеющим половинную ши-

рину ±0,5 дБ. Для напольного оборудования такая добавка неопределенности не используется, только если влияние материала установочного стола можно оценить (например, для установочных столов выше 0,15 м). Поскольку влияние материала установочного стола относительно невелико, отдельное значение U_{cispr} не определялось.

D11) Эффекты ближнего поля. В CISPR 11, CISPR 12 и CISPR 22 значения норм излучаемых помех приведены для измерительного расстояния 10 м. Значения норм для измерения на расстоянии 3 м необходимо рассчитывать, эти значения указаны только в CISPR 13. Для стандартов на продукцию, в которых опорным измерительным расстоянием является 10 м, при измерениях на расстоянии 3 м эффекты ближнего поля представляют собой источник неопределенности.

В CISPR 16-2-3 дано руководство по выбору измерительного расстояния d для заданного максимального размера D испытуемого оборудования. Если $D >> \lambda$, используют следующее соотношение: $d \geq 2D^2/\lambda$, где D — наибольший размер ТС. Строгое следование этому соотношению указывает на то, что при расстоянии d = 3 м D должно ограничиваться значением 67 см при максимальной частоте 1 ГГц. Это относится как к диаметру (ширине) ТС, так и к его высоте и означает, что условная схема размещения ТС над отражающей пластиной заземления, включая кабели, исключается. Единственное решение — оценить неопределенность, обусловленную эффектами ближнего поля.

Для расчета можно использовать трехлучевую модель: лучи от верха, из центра и от днища оборудования. Антенна ориентируется на центр ТС. Модель можно расширить, чтобы включить в нее пластину заземления. При рассмотрении трех лучей, которые отходят от ТС с одинаковыми амплитудами и фазами, погрешность (уменьшение напряженности поля) на частоте 1 ГГц при высоте ТС 1,5 м, отсутствии пластины заземления и измерительном расстоянии 3 м будет равна 4,25 дБ.

Для ТС с бóльшими размерами погрешность будет больше. Поскольку не каждое ТС имеет излучение от верха, низа и из центра, то считают, что распределение вероятностей будет треугольным. Необходимо дальнейшее совершенствование модели, учитывающее изменение высоты антенны.

Эффекты ближнего поля также существуют в диапазоне частот ниже 200 МГц, особенно вблизи частоты 30 МГц, когда расстояние между ТС и антенной менее половины длины волны.

Результат этих рассмотрений не включен в расчет суммарной стандартной и расширенной неопределенностей.

D12) В расчетах, представленных в таблицах D.1—D.6, не рассматривались гибридные антенны. Гибридные антенны, используемые для измерений излучения в полосе частот от 30 до 1000 МГц, имеют следующие параметры:

- полоса частот приблизительно до 100 МГц, где антенна действует как биконическая антенна (см. таблицы D.1, D.2 и D.5);
- область переходных частот приблизительно от 100 до 200 МГц (см. ниже);
- полоса частот приблизительно от 200 МГц, где антенна действует как антенна LPDA (см. таблицы D.3, D.4 и D.6). Для поправки δF_{adir} считают, что часть LPDA обычно находится ближе к ТС, чем описано в комментарии D4), что означает, что коэффициенты коррекции будут выше и значения неопределенности больше.

В области переходных частот при рассмотрении неопределенности можно предположить следующее:

- коэффициент усиления антенны, дБ, и направленность растут линейно с увеличением частоты (подробные диаграммы излучения антенн для поправки δF_{adir} можно получить от производителя);
- поскольку частота увеличивается, активный фазовый центр смещается линейно от биконических элементов к элементам части LPDA, резонансным на частоте 200 МГц [расчет поправки для коэффициента калибровки δF_{aph} приведен ниже в уравнении (D.3)];
- зависимость коэффициента калибровки от высоты линейно уменьшается с ростом частоты;
- подавление кроссполяризации будет свыше 20 дБ;
- несимметричность симметрирующего устройства обычно такая же низкая, как у элементов биконической антенны.

Считается, что для антенны имеются коэффициенты калибровки в свободном пространстве. Такие коэффициенты относятся к местоположению фазового центра антенны. Поскольку местоположение фазового центра антенны зависит от частоты, расстояние от фиксированного места расположения ТС также зависит от частоты.

Для корректировки отклонения от эталонного измерительного расстояния (например, 10 или 3 м) можно скорректировать коэффициент калибровки антенны. Считается, что маркер установлен в средней точке антенны, которая используется при определении расстояния между ТС и антенной. Затем с помощью представленных ниже уравнений можно рассчитать реальный коэффициент калибровки $F_{a\,act}$:

$$F_{a\,act} = F_a + \delta F_{aph}, \qquad (D.3)$$

где $\delta F_{aph} = 20\lg[(d_0 - \Delta d)/d_0]$;

$F_{a\,act}$ — реальный (скорректированный) коэффициент корректировки антенны, дБ($м^{-1}$);

F_a — коэффициент корректировки антенны в свободном пространстве, дБ($м^{-1}$);

δF_{aph} — поправка при изменении фазового центра, дБ;

d_0 — расстояние от испытуемого ТС до средней точки антенны, м;

Δd — расстояние между фазовым центром и средней точкой антенны (величина положительная, если фазовый центр находится ближе к ТС, чем средняя точка антенны), м.

Для полосы частот от 30 до 100 МГц $\Delta d = c_0$, т.е. фиксированной (отрицательной) константе (расстояние биконических элементов от средней точки антенны). Для полосы частот от 100 до 200 МГц значение $\Delta d = c_1 + c_2 f$, где $c_0 = c_1 + 100c_2$, так что Δd на частоте 100 МГц равно значению в нижней полосе частот; f измеряется в МГц. На частоте 200 МГц значение Δd (позиция определяется элементами LPDA, резонансными на частоте 200 МГц) должно совпадать со значением Δd в верхней полосе частот. Для полосы частот от 200 до 1000 МГц значение $\Delta d = c_3 + c_4/f$, где константы c_3 и c_4 должны выбираться так, чтобы Δd соответствовало позициям фазового центра на частотах 200 и 1000 МГц.

Примечание 7 — c_0, c_1, c_2, c_3 и c_4 — постоянные для расчета Δd, которые может предоставить изготовитель антенны.

Пример

При значениях $c_0 = -0,47$ м; $c_1 = -0,61$ м; $c_2 = 0,0014$ м/МГц; $c_3 = 0,58$ м и $c_4 = -182,5$ м/МГц:

- на частотах ниже 100 МГц расстояние между фазовым центром и средней точкой антенны $\Delta d = -0,47$ м и при измерительном расстоянии 3 м ($d_0 = 3$м) коэффициент калибровки антенны $\delta F_{aph} = 20\ lg[(3\ м + 0,47\ м)/3\ м] = +1,26$ дБ;

- на частотах от 100 до 200 МГц местоположение фазового центра Δd меняется от минус 0,47 до минус 0,33 м. На частоте 200 МГц $\delta F_{aph} = +0,91$ дБ (при $d_0 = 3$м);

- на частотах от 200 до 1000 МГц местоположение фазового центра относительно средней точки антенны изменяется от минус 0,33 до плюс 0,4 м. При этом значение поправки коэффициента калибровки антенны равно минус 1,24 дБ на частоте 1000 МГц (при $d_0 = 3$ м);

- на частоте 314,6 МГц фазовый центр находится в средней точке антенны.

При оценке неопределенности δF_{aph} данная модель рассматривается как аппроксимация.

Примечание 8 — При расчете значений, представленных в таблицах D.1–D.6, гибридные антенны не рассматриваются.

D13) При использовании OATS уровень излучений радиопередатчиков в окружающей среде может искажать результаты измерений излучаемых помех на определенных частотах или даже делать измерения невозможными. В общем случае сигналы окружающей среды не когерентны с измеряемыми помехами, и поэтому их можно трактовать как мешающий сигнал. Соответствующая неопределенность зависит от соотношения помехи и сигнала окружающей среды. Конкретных значений для δE_{amb} привести невозможно.

Более подробно измерения помех от ТС при наличии сигналов окружающей среды описаны в приложении A CISPR 16-2-3. При измерениях в SAC или FAR излучение от мачты и двигателей поворотной платформы и/или контроллеров можно рассматривать как сигналы окружающей среды.

Приложение Е
(справочное)

Исходные данные для определения значений U_{cispr}, приведенных в таблице 1, бюджеты неопределенностей при измерениях излучаемых помех в полосе частот от 1 до 18 ГГц

Е.1 Бюджет неопределенности при измерениях излучаемых помех от 1 до 18 ГГц

Измеряемую величину E рассчитывают следующим образом

$$E = V_r + a_c + G_p + F_a + \delta V_{sw} + \delta V_{nf} + \delta G_p + \delta M + \delta F_{af} + \delta F_{adir} + \delta F_{aph} + \\ + \delta F_{acp} + \delta S_{VSWR} + \delta A_{NT} + \delta d + \delta h. \quad (E.1)$$

Таблица Е.1 — Измерения излучаемых помех в диапазоне частот от 1 до 6 ГГц в FAR (FSOATS) на расстоянии 3 м

Входная величина[a)]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b)]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1)]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2)]	a_c	±0,3	$k = 2$	0,15
Коэффициент усиления предусилителя[E5)]	G_p	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки антенны[E1)]	F_a	±1,0	$k = 2$	0,50
Поправки приемника: - Синусоидальное напряжение[A3)] - Нестабильность коэффициента усиления предусилителя[E5)] - Минимальный уровень шума[A5)]	 δV_{sw} δG_p δV_{nf}	 ±1,5 ±1,2 +0,7/0,0	 $k = 2$ Прямоугольная Прямоугольная	 0,75 0,70 0,4
Рассогласование: антенна-предусилитель[A7)]	δM	+1,3/–1,5	U-образная	1,00
Рассогласование: предусилитель-приемник[A7)]	δM	+1,2/–1,4	U-образная	0,92
Поправки антенны: - Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6)] - Разница в направленности[E2)] - Положение фазового центра[E3)] при 3 м - Кроссполяризация[E4)]	 δF_{af} δF_{adir} δF_{aph} δF_{acp}	 ±0,3 +3,0/–0,0 ±0,3 ±0,9	 Прямоугольная Прямоугольная Прямоугольная Прямоугольная	 0,17 0,87 0,17 0,52
Поправки площадки: Неидеальность площадки[E6)] Влияние материала установочного стола[E7)] Разделительное расстояние[E8)] при 3 м Высота стола[E9)]	 δS_{VSWR} δA_{NT} δd δh	 ±3,0 ±1,5 ±0,3 ±0,0	 Треугольная Прямоугольная Прямоугольная $k = 2$	 1,22 0,87 0,17 0,00
[a)] Сноски (например, [A1)]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и Е.2). [b)] Все $c_i = 1$ (см. А.1).				

Следовательно, расширенная неопределенность $U(E) = 2\,u_c(E) = 5{,}18$ дБ.

Таблица Е.2 — Измерения излучаемых помех в диапазоне частот от 6 до 18 ГГц в FAR (FSOATS) на расстоянии 3 м

Входная величина[a)]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b)]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Показание приемника[A1)]	V_r	±0,1	$k = 1$	0,10
Затухание: антенна-приемник[A2)]	a_c	±0,6	$k = 2$	0,30

Окончание таблицы Е.2

Входная величина[a]	X_i	Неопределенность x_i		$c_i u(x_i)$[b]
		дБ	Функция распределения вероятностей	дБ
Коэффициент усиления предусилителя[E5]	G_p	±0,2	$k = 2$	0,10
Коэффициент калибровки антенны[E1]	F_a	±1,0	$k = 2$	0,50
Поправки приемника:				
- Синусоидальное напряжение[A3]	δV_{sw}	±1,5	$k = 2$	0,75
- Нестабильность коэффициента усиления предусилителя[E5]	δG_p	±1,2	Прямоугольная	0,70
- Минимальный уровень шума[A5]	δV_{nf}	+1,0/0,0	Прямоугольная	0,58
Рассогласование: антенна-предусилитель[A7]	δM	+1,3/–1,5	U-образная	1,00
Рассогласование: предусилитель-приемник[A7]	δM	+1,2/–1,4	U-образная	0,92
Поправки антенны:				
- Интерполяция частоты коэффициента калибровки антенны[A6]	δF_{af}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Разница в направленности[E2]	δF_{adir}	+3,0/–0,0	Прямоугольная	0,87
- Положение фазового центра[E3] при 3 м	δF_{aph}	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Кроссполяризация[E4]	δF_{acp}	±0,9	Прямоугольная	0,52
Поправки площадки:				
- Неидеальность площадки[E6]	δS_{VSWR}	±3,0	Треугольная	1,22
- Влияние материала установочного стола [E7]	δA_{NT}	±2,0	Прямоугольная	1,15
- Разделительное расстояние[E8] при 3 м	δd	±0,3	Прямоугольная	0,17
- Высота стола[E9]	δh	±0,0	$k = 2$	0,00

[a] Сноски (например, [A1]) соответствуют пронумерованным комментариям, приведенным в приложениях (см. А.2 и Е.2).

[b] Все $c_i = 1$ (см. А.1).

Следовательно, расширенная неопределенность $U(E) = 2\,u_c(E) = 5{,}48$ дБ.

Е.2 Обоснование оценок входных величин, относящихся к методу измерения излучаемых помех в полосе частот от 1 до 18 ГГц

[E1] Значение коэффициента калибровки антенны в свободном пространстве F_a, а также расширенную неопределенность и коэффициент охвата можно узнать из отчета о калибровке.

[E2] Направленность приемной антенны определяет величину w (см. уравнение (9) CISPR 16-2-3), которую используют для определения необходимости сканирования по высоте. Значение w рассчитывают при условии справедливости критерия дальнего поля. При близких измерительных расстояниях измерения выполняются в зоне Френеля, а не в дальнем поле. Реальное значение w как меры зоны охвата приемной антенны отличается от значения, полученного из уравнения в CISPR 16-2-3.

Влияние свойств приемной антенны на значение неопределенности также определяется частотой, размерами ТС и измерительным расстоянием. Результирующее значение неопределенности не ясно.

На более высоких частотах некоторые приемные антенны имеют не один главный лепесток, а множество лепестков. Это может стать причиной дополнительных инструментальных неопределенностей, которые здесь не рассматриваются.

Значение поправки δF_{adir} равно +1 и имеет равномерное распределение вероятностей, половина ширины которого равна 1,5 дБ при условии, что хотя бы один из размеров ТС больше значения w, полученного из диаграммы излучения антенны.

Примечание 1 — При измерениях излучаемых помех в FAR на частотах свыше 1 ГГц номинальное измерительное расстояние равно 3 м (см. CISPR 16-2-3). При использовании альтернативного измерительного расстояния, например 1 м, необходимо выполнять преобразование результатов измерения помех, полученных для расстояния 1 м, к результатам, относящимся к номинальному измерительному расстоянию 3 м.

На практике такие преобразования часто выполняют при допущении, что излучение от ТС на определенном измерительном расстоянии можно пересчитать для другого расстояния с помощью уравнения для свободного пространства (20 дБ/декада или характеристика $1/r$). Точность преобразования в значительной степени зависит от типа ТС, измерительного расстояния и частоты.

Измерения на частотах свыше 1 ГГц выполняются в зоне Френеля, и упрощенное правило преобразования для свободного пространства 20 дБ на декаду не применяется. Тем не менее в CISPR 16-2-3 рекомендуется ис-

пользовать правило преобразования для свободного пространства. Это может вызвать существенные неопределенности, обусловленные приведением к измерительному расстоянию, которые необходимо рассматривать подробно и внимательно.

E3) Изменение местоположения фазового центра с частотой для антенны LPDA или двойного гребенчатого волноводного рупора вызывает отклонение от требуемого разделительного расстояния. Считается, что расстояние от антенны до ТС измеряют от средней точки антенны, что означает, что поправка равна нулю.

Для этих антенн значение поправки δF_{aph} равно нулю с равномерным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину, оцениваемую путем рассмотрения влияния погрешности в разделительном расстоянии ± 0,1м, и при условии, что напряженность поля обратно пропорциональна этому расстоянию.

E4) Кроссполяризационная характеристика двойного гребенчатого волноводного рупора считается пренебрежимо малой. Значение поправки δF_{acp} для кроссполяризационной характеристики антенны LPDA равно нулю с равномерным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину 0,9 дБ, что соответствует значению допуска на такую характеристику минус 20 дБ, указанному в CISPR 16-1-4.

E5) Калиброванные предварительные усилители либо используют на входе измерительного приемника, либо встраивают в сам измерительный приемник. Любые отклонения в коэффициенте усиления внешних усилителей не учитываются в процессе калибровки приемника. Считается, что значения коэффициента усиления предусилителя G_p, а также расширенную неопределенность и коэффициент охвата можно получить из отчета по калибровке.

Любые отклонения в коэффициенте усиления (нестабильность из-за температурных изменений и старения) от калиброванной частотной характеристики необходимо учитывать в качестве дополнительных неопределенностей, особенно при использовании внешних предусилителей. Значение поправки δG_p для коэффициента усиления равно нулю при равномерном распределении вероятностей с половинной шириной полосы 1,2 дБ.

E6) Измеренный коэффициент стоячей волны по напряжению S_{VSWR} на площадке обеспечивает индикацию возможного влияния несовершенства площадки на измерение помех. Допуск для S_{VSWR} в соответствии с CISPR 16-1-4 составляет 6 дБ.

Для получения инструментальной неопределенности измерения (MIU), связанной с FAR, которая аттестована по методу измерения S_{VSWR}, указанному в CISPR 16-1-4, предлагаются два метода.

Метод 1. Площадка, которая соответствует допуску для S_{VSWR} 6 дБ, не будет создавать погрешностей в измерениях помех 6 дБ. Полезное сравнение S_{VSWR} и отклонения от стандартных потерь при передаче для площадки 3 м приведено в [6]. В этом издании максимум S_{VSWR} 6дБ строго соответствует максимальному отклонению от «идеальных» потерь при передаче 4 дБ. При условии, что потери передачи имеют нормальное распределение вероятностей, и учитывая, что значение 4 дБ не превышается во всей полосе частот, это значение 4 дБ принимают как соответствующую расширенную неопределенность с коэффициентом охвата k = 3 (соответствует высокому уровню достоверности), т.е. стандартная неопределенность равна 1,33 дБ. Значение поправки δS_{VSWR} равно нулю при нормальном распределении вероятностей с половинной шириной полосы 4 дБ и коэффициентом охвата k = 3.

Метод 2. Измеренное значение S_{VSWR} делят на 2 для получения отклонения δS_{VSWR}, обусловленного несовершенством площадки. При условии, что S_{VSWR} — это максимум из 15 (или 20) сравниваемых результатов измерений, можно считать, что распределение вероятностей будет треугольным. При S_{VSWR}, равном 6 дБ, треугольное распределение вероятностей дает стандартную неопределенность 1,22. Значение поправки при этом равно нулю.

Примечание 2 — Если при использовании метода 1 измеренное значение S_{VSWR} менее 6 дБ, значение поправки δS_{VSWR} можно взять равным нулю при стандартном распределении вероятностей с половинной шириной $4(S_{VSWR}/6)$ и коэффициенте охвата k = 3. Если при использовании метода 2 измеренное значение S_{VSWR} менее 6 дБ, значение поправки δS_{VSWR} можно взять равным нулю. Измеренное значение S_{VSWR} делится на 2 для получения δS_{VSWR}. Используя треугольное распределение вероятностей, получаем результирующую неопределенность $c_i\, u(x_i) = S_{VSWR}/2\sqrt{6}$.

E7) В CISPR 16-1-4 приведен метод оценки влияния материала установочного стола на частоте выше 1 ГГц. Для этого влияния допуск не указан. В полосе частот от 1 до 6 ГГц значение поправки δA_{NT} равно нулю с равномерным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину ± 1,5 дБ. На частотах свыше 6 ГГц значение поправки δA_{NT} равно нулю с равномерным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину ± 2,0 дБ. Для напольного оборудования этот вклад неопределенности не учитывают, т.к. высота установочного стола ниже поглотителей между измерительной антенной и ТС.

E8) Погрешность определения разделительного расстояния обусловлена погрешностями при определении периметра ТС и измерительного расстояния.

Значение поправки δd для погрешности разделения равно нулю с равномерным распределением вероятностей, имеющим половинную ширину, оцениваемую при допущении, что максимальная погрешность разнесения составляет ± 0,1 м и что напряженность поля обратно пропорциональна разнесению выше этого запаса на расстояние.

E9) Измерения напряженности поля на частотах свыше 1 ГГц проводят в условиях квазисвободного пространства. Номинальную высоту стола не указывают. Поэтому невозможно привести неопределенность из-за влияния изменения высоты стола.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1 — Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60050-161:1990 Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость	—	*
CISPR 11:2006 Промышленные, научные и медицинские устройства. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерений	—	*
CISPR 12:2009 Самоходные средства, моторные лодки и устройства с двигателями внутреннего сгорания. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерений для защиты приемников, размещенных вне подвижных объектов	—	*
CISPR 13:2006 Радиовещательные и телевизионные приемники и связанное с ними оборудование. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерений	MOD	ГОСТ 30805.13—2013 (CISPR 13:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Радиовещательные приемники, телевизоры и другая бытовая радиоэлектронная аппаратура. Радиопомехи индустриальные. Нормы и методы измерений
CISPR 16-1-1:2006 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Измерительная аппаратура	MOD	ГОСТ 30805.16.1.1—2013 (CISPR 16-1-1:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости. Приборы для измерения индустриальных радиопомех
CISPR 16-1-2:2006 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-2. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Дополнительное оборудование. Кондуктивные помехи	MOD	ГОСТ 30805.16.1.2—2013 (CISPR 16-1-2:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-2. Аппаратура для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости. Устройства для измерения кондуктивных радиопомех и испытаний на устойчивость к кондуктивным радиопомехам
CISPR 16-1-3:2004 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-3. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Дополнительное оборудование. Мощность помех	MOD	ГОСТ 30805.16.1.3—2013 (CISPR 16-1-3:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех. Часть 1-3. Аппаратура для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Устройства для измерения мощности радиопомех

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
CISPR 16-1-4:2007 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-3. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерения излучаемых помех	MOD	ГОСТ 30805.16.1.4—2013 (CISPR 16-1-4:2007) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех. Часть 1-4. Аппаратура для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Устройства для измерения излучаемых радиопомех и испытаний на устойчивость к излучаемым радиопомехам
CISPR 16-2-1:2005 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 2-1. Методы измерений радиопомех и помехоустойчивости. Измерения кондуктивных радиопомех	MOD	ГОСТ 30805.16.2.1—2013 (CISPR 16-2-1:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 2-1. Методы измерений параметров радиопомех и помехоустойчивости. Измерение кондуктивных радиопомех
CISPR 16-2-2:2005 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 2-2. Методы измерений радиопомех и помехоустойчивости. Измерение мощности помех	MOD	ГОСТ 30805.16.2.2—2013 (CISPR 16-2-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех. Часть 2-2. Методы измерения индустриальных радиопомех и помехоустойчивости. Измерение мощности радиопомех
CISPR 16-2-3:2006 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 2-3. Методы измерений радиопомех и помехоустойчивости. Измерения излучаемых радиопомех	MOD	ГОСТ 30805.16.2.3—2013 (CISPR 16-2-3:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 2-3. Методы измерений параметров индустриальных радиопомех и помехоустойчивости. Измерение излучаемых радиопомех
CISPR 22:2006 Оборудование информационных технологий. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерений	MOD	ГОСТ 30805.22—2013 (CISPR 22:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы измерений

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- MOD — модифицированные стандарты.

Библиография

[1] CISPR/TR 16-4-4, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 4-4: Uncertainties, statistics and limit modelling — Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services (Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 4-4. Неопределенности, статистика и моделирование норм. Статистика жалоб и модель для расчета норм для защиты радиослужб)

[2] TAYLOR, B.N., and KUYATT, C.E., NIST Technical Note 1297, Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, United States Department of Commerce Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, September 1994 (Руководство по оценке и представлению неопределенности результатов измерений NIST)

[3] Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, EA-4/02, European Cooperation for Accreditation of Laboratories, December 1999 (gost.e-ecolog.ru) (Представление неопределенности измерения при калибровке)

[4] LAB34, The Expression Of Uncertainty In EMC Testing, Edition 1, United Kingdom Accreditation Service, August 2002 (gost.e-ecolog.ru) (Представление неопределенности в испытаниях на ЭМС)

[5] M3003, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, Edition 2, United Kingdom Accreditation Service, January 2007 (gost.e-ecolog.ru) (Представление неопределенности и достоверности в измерениях)

[6] CISPR/A/838/INF, January 2009, containing CISPR/A/WG1 (Dunker-Riedeisheimer-Trautnitz)06-01, Measurement of FAR similar to CISPR 16-1-4 and site VSWR in the Kolberg FAR of the Federal Network Agency for Electricity, Gas, Telecommunications, Post anad Railway, September 2006 (background material on an estimation of the uncertainty due to results of S_{VSWR} measurements, to be published before the FDIS) (disponible en anglais seulement)

[7] KRIZ, A., Calculation of Antenna Pattern Influence on Radiated Emission Measurement Uncertainty, Proceedings of the IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Detroit, 2008 (Расчет влияния диаграммы направленности антенны на неопределенность измерения излучаемых помех)

[8] ETSI TR 100 028, Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics (gost.e-ecolog.ru ьсы электромагнитной совместимости и радиоспектра (ERM); Неопределенности в измерении характеристик мобильного радиооборудования)

[9] STECHER, M., Uncertainty in RF Disturbance Measurements: Revision of CISPR 16-4-2, Proceedings of the IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Kyoto, 2009 (Неопределенность в измерениях ВЧ помех)

[10] CARPENTER, D., A Demystification of the U-Shaped Probability Distribution, Proceedings of the IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Boston, 2003 (Объяснение U-образного распределения вероятностей)

[11] CARPENTER, D., A Further Demystification of the U-Shaped Probability Distribution, Proceedings of the IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Chicago, 2005 (Дополнительное объяснение U-образного распределения вероятностей)

[12] STECHER, M., A Detailed Analysis of EMI Test Receiver Measurement Uncertainty, Proceedings of the IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Montreal, 2001 (Подробный анализ неопределенности измерения испытательного приемника электромагнитных помех)

[13] WARNER, F. L., New expression for mismatch uncertainty where measuring microwave attenuation, IEEE Proceedings, Part H — Microwaves, Optics and Antennas, Vol. 127, Part H, No. 2, April 1980 (Новое представление неопределенности, обусловленной рассогласованием, при измерении затухания в микроволновой части диапазона частот)

УДК 621.396/.397.001.4:006.354 МКС 33.100.10 33.100.20 IDT

Ключевые слова: электромагнитная совместимость технических средств, испытания в области ЭМС, измерения радиопомех, неопределенность измерений, стандартная неопределенность, расширенная неопределенность

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 25.02.2016. Подписано в печать 12.04.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,20. Тираж 36 экз. Зак. 1013.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru