
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВОЕННЫЙ СТАНДАРТ
ГОСТ РВ 6601—001—2008

**ОБОРУДОВАНИЕ БОРТОВОЕ
АВИАЦИОННОЕ**

**Общие требования к восприимчивости
при воздействии электромагнитных помех
и методики измерения**

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2009

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
ФГУП "РОСОБОРОНСТАНДАРТ"

Предисловие

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ») с участием Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования» (ФГУП «НИИАО»)

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 мая 2008 г. № 14-ст

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях стандарта, его пересмотре или отмене публикуется в «Указателе государственных военных стандартов» и в периодических информационных указателях государственных военных стандартов (ИУС)

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без согласованного решения Ростехрегулирования и Минобороны России

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и сокращения	2
4 Общие положения	3
5 Требования к восприимчивости бортового оборудования при воздействии электромагнитных помех	3
5.1 Требование восприимчивости к низкочастотному синусоидальному воздействию на провода цепей питания (ВП1)	3
5.2 Требование восприимчивости к высокочастотному синусоидальному воздействию на провода линий связи и цепей питания (ВП2)	5
5.3 Требование восприимчивости к импульсному воздействию на провода линий связи и цепей питания (ВП3)	5
5.4 Требование восприимчивости к импульсному воздействию затухающего синусоидального сигнала на провода линий связи, цепей питания и заземления (ВП4)	6
5.5 Требование восприимчивости к воздействию излучения электрического поля в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц на блоки и соединительные провода (ВИ1)	7
6 Методики измерений восприимчивости бортового оборудования к воздействию электромагнитных помех	8
6.1 Общие положения	8
6.2 Методика измерения восприимчивости к низкочастотному синусоидальному воздействию на провода цепей питания (методика ВП1)	15
6.3 Методика измерения восприимчивости к высокочастотному синусоидальному воздействию на провода линий связи и цепей питания (методика ВП2)	19
6.4 Методика измерения восприимчивости к импульсному воздействию на провода линий связи и цепей питания (методика ВП3)	22
6.5 Методика измерения восприимчивости к импульсному воздействию затухающим синусоидальным сигналом на провода линий связи, цепей питания и заземления (методика ВП4)	25
6.6 Методика измерения восприимчивости к воздействию излучения электрического поля в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц на блоки и соединительные провода (методика ВИ1)	28
Приложение А (рекомендуемое) Альтернативные методики измерения восприимчивости бортового оборудования к воздействию полей излучения в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц с помощью ТЕМ-, ГТЕМ- и РТЕМ-камер	35
Приложение Б (рекомендуемое) Методика измерения антенного фактора антенны в режиме приема и передачи	45
Приложение В (рекомендуемое) Описание и применение РТЕМ-камеры	47
Библиография	49

ГОСТ РВ 6601 — 001 — 2008

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВОЕННЫЙ СТАНДАРТ

ОБОРУДОВАНИЕ БОРТОВОЕ АВИАЦИОННОЕ

Общие требования к восприимчивости при воздействии
электромагнитных помех и методики измерения

Дата введения — 2009—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на бортовое радиоэлектронное, электротехническое и оптоэлектронное оборудование (далее — бортовое оборудование) и комплексы бортового оборудования самолетов, вертолетов военного назначения и авиационных управляемых ракет (далее — летательные аппараты), которое может быть восприимчиво к воздействию электромагнитных помех, помимо антенн.

Настоящий стандарт устанавливает допустимые уровни и методики измерений, которые должны применяться при лабораторных испытаниях бортового оборудования на восприимчивость к воздействию электромагнитных помех в диапазоне частот от 30 Гц до 18 ГГц.

Требования настоящего стандарта включаются в техническое задание на разработку бортового оборудования в раздел «Радиоэлектронная защита».

Положения настоящего стандарта подлежат применению федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации — государственными заказчиками, организациями, предприятиями и другими субъектами хозяйственной деятельности независимо от форм собственности и подчинения, расположенными на территории Российской Федерации и участвующими в разработке, применении и сопровождении изделий военной техники на всех стадиях жизненного цикла в соответствии с действующим законодательством.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.002 — 84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах

ГОСТ 12.1.006 — 84 Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

ГОСТ 12.1.030 — 81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.2.003 — 91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.0 — 75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.032 — 78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.033 — 78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.3.019 — 80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 19705 — 89 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии

ГОСТ РВ 8.560 — 95 Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений военного назначения. Испытания и утверждения типа

ГОСТ РВ 8.576 — 2000 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений в сфере обороны и безопасности Российской Федерации

ГОСТ Р 50397 — 92 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ Р 51319 — 99 Совместимость технических средств электромагнитная. Приборы для измерения промышленных радиопомех. Технические требования и методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом необходимо проверить действие ссылочных стандартов по действующему «Указателю государственных военных стандартов» и по соответствующим информационным указателям, а также по «Сводному перечню документов по стандартизации оборонной продукции». Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 50397, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **антенный фактор антенны**: Параметр, характеризующий преобразование высокочастотной энергии в антенне и численно равный отношению напряженности поля к напряжению на зажимах этой антенны при работе на согласованную нагрузку.

3.1.2 **бортовое радиоэлектронное и электротехническое оборудование или бортовое оборудование**: Устанавливаемые на летательном аппарате радиотехнические, электронные (в том числе, цифровые), электрические, электромеханические, оптоэлектронные устройства (отдельно или совокупно), а также системы летательного аппарата и его агрегаты, способные создавать или воспринимать электромагнитные помехи.

3.1.3 **восприимчивость**: По ГОСТ Р 50397.

3.1.4 **работоспособность**: Способность оборудования функционировать с заданным качеством.

3.1.5 **электромагнитное воздействие**: Нежелательное электрическое и (или) магнитное воздействие на бортовое оборудование, которое может привести к искажению обрабатываемых, хранимых или передаваемых электрических сигналов и источник которого не является частью этой аппаратуры.

3.1.6 **жгут линии связи**: Конструктивно объединенные провода линий связи, предназначенные для монтажного соединения бортового оборудования на самолете, вертолете.

3.1.7 **обратный провод**: Для цепи питания постоянным током ± 27 В — минусовой провод, для цепи питания переменным током — нулевой провод.

3.1.8 **провод заземления**: Провод, предназначенный для заземления корпусов блоков испытуемого оборудования, экранирующих оплеток жгутов линий связи и заземления других металлических изделий бортового оборудования.

3.1.9 **ТЕМ-волна**: Электромагнитная волна, в которой отсутствуют составляющие магнитного и электрического векторов в направлении распространения в линии передачи.

3.1.10 **ТЕМ-камера**: По ГОСТ Р 50397.

3.1.11 **реверберационная ТЕМ-камера; РТЕМ-камера**: Однородная линия передачи с постоянным характеристическим сопротивлением 50 Ом, в которой распространяется основная волна типа ТЕМ на частотах от единиц кГц до частоты первого объемного резонанса f_1 .

Примечания

1 Эта частота зависит от размеров камеры и обычно находится в пределах 90—150 МГц.

2 На участке частот от f_1 до $(3—5) f_1$ камера работает в переходном режиме, когда наряду с основной волной типа ТЕМ появляются и высшие типы волн.

3 На частотах выше f_1 в 3—5 раз камера работает в многомодовом, реверберационном режиме, что является основным режимом ее работы.

3.1.12 гигагерцовая ТЕМ-камера; ГТЕМ-камера: ТЕМ-камера, в которой распространяется основная волна типа ТЕМ на частотах от единиц кГц до 2—3 ГГц.

П р и м е ч а н и е — Это усовершенствованный вариант ТЕМ-камеры, где за счет пирамидальной формы корпуса, наличия распределенной нагрузки 50 Ом центрального электрода и радиопоглощающего материала обеспечивается подавление высших типов волн и объемных резонансов.

3.1.13 рабочий объем камеры: Участок камеры, в котором обеспечивается однородность поля в пределах ± 3 дБ.

П р и м е ч а н и е — Как правило, это центральная часть камеры, удаленная на расстояние не менее 0,2 м от стен, смесителей, антенн и других проводящих элементов конструкции. Объем испытуемого оборудования не должен превышать 8 % объема камеры.

3.1.14 безэховая камера: По ГОСТ Р 50397.

3.1.15 экранированная камера: По ГОСТ Р 50397.

3.2 В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

БО — бортовое оборудование;

ВИ1 — восприимчивость бортового оборудования к воздействию излучения электрического поля на блоки и соединительные провода;

ВП1 — восприимчивость бортового оборудования к низкочастотному синусоидальному воздействию помех проводимости на провода цепей питания;

ВП2 — восприимчивость бортового оборудования к высокочастотному синусоидальному воздействию помех проводимости на провода линий связи и цепи питания;

ВП3 — восприимчивость бортового оборудования к импульсному воздействию помех проводимости на провода линий связи и цепи питания;

ВП4 — восприимчивость бортового оборудования к импульсному воздействию помех проводимости в виде затухающего синусоидального сигнала на провода линий связи, цепи питания и заземления;

ВЧ — высокая частота;

ИБО — испытуемое бортовое оборудование;

ЛА — летательный аппарат;

НО — направленный ответвитель;

РПУ — радиоприемное устройство;

РЧ — радиочастота;

ЭК — экранированная камера;

ЭМП — электромагнитная помеха;

ЭМС — электромагнитная совместимость;

ЭС — эквивалент сети.

4 Общие положения

4.1 Одним из основных параметров БО, влияющих на ЭМС, является восприимчивость к кондуктивным ЭМП, помехам индукции и полям радиоизлучений, воздействующим на провода линий связи, цепи электропитания и через корпуса аппаратуры.

4.2 Количественной мерой восприимчивости БО к ЭМП (порог восприимчивости) является максимальный уровень воздействующего напряжения, тока или напряженности поля, при которых сохраняется работоспособность БО.

5 Требования к восприимчивости бортового оборудования при воздействии электромагнитных помех

5.1 **Требование восприимчивости к низкочастотному синусоидальному воздействию помех проводимости на провода цепей питания (ВП1)**

5.1.1 *Область применения*

Данное требование предъявляют к проводам электропитания БО и подсистем переменного и постоянного тока, исключая обратные провода.

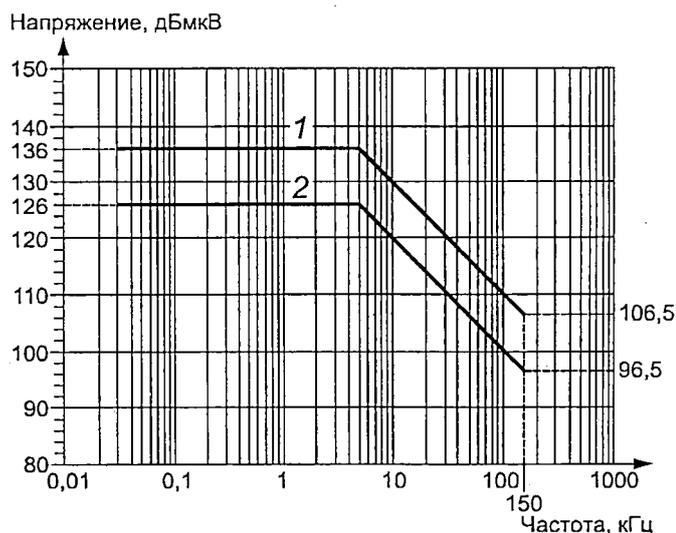
Если БО питается от источника постоянного тока, то требование применяют в частотном диапазоне от 30 Гц до 150 кГц.

Если БО питается от источника переменного тока, то требование применяют в частотном диапазоне, начиная со второй гармоники частоты напряжения питания и до 150 кГц.

5.1.2 *Предельные уровни*

БО должно сохранять работоспособность при воздействии на его провода питания синусоидального сигнала с уровнями напряжения, приведенными на рисунке 1.

Требование считают выполненным, если в цепи питания БО подводится мощность помех (измеренная и предварительно определенная при калибровке на нагрузке 0,5 Ом), указанная на рисунке 2, и у оборудования при этом не нарушается работоспособность. Испытания проводят в соответствии с методикой, изложенной в 6.2.



1 — предельный уровень для БО, использующего номинальное питающее напряжение свыше 27 В; 2 — предельный уровень для БО, использующего номинальное питающее напряжение меньшее или равное 27 В

Рисунок 1 — Предельное напряжение по ВП1

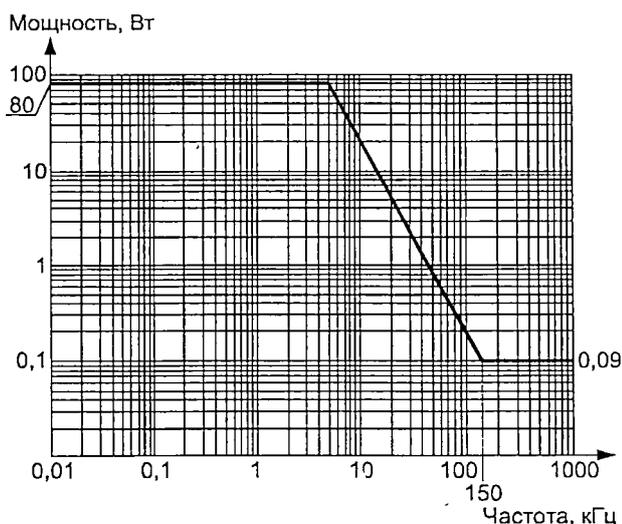


Рисунок 2 — Предельная мощность по ВП1

5.2 Требование восприимчивости к высокочастотному синусоидальному воздействию на провода линий связи и цепей питания (ВП2)

5.2.1 Область применения

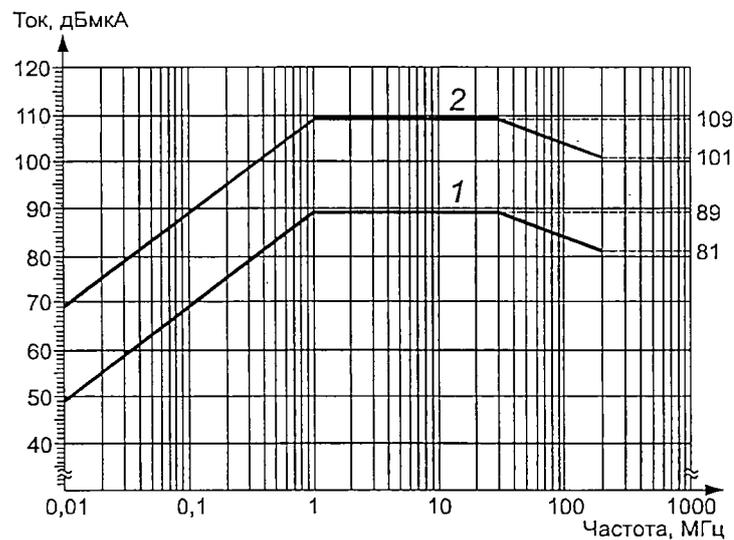
Данное требование предъявляют ко всем соединительным проводам БО, включая провода питания.

5.2.2 Предельные уровни

БО должно сохранять работоспособность при воздействии через инжектор на его провода линий связи и провода питания тока в диапазоне частот от 10 кГц до 200 МГц. Параметры модуляции определены в 6.1.10.6. Уровни тока приведены на рисунке 3. Предварительно уровень тока определяют на установке для калибровки инжектора, представленной в 6.3.2.

Требование считают выполненным, если БО не восприимчиво при введении через инжектор тока помех в линии связи и провода питания, измеренного датчиком тока, при условии, что фактический ток, наведенный в кабеле в процессе испытаний, на 6 дБ или более превышает ток, приведенный на рисунке 3.

Испытания проводят в соответствии с методикой, изложенной в 6.3.



1 — предельный уровень для БО, разработанного для установки внутри фюзеляжа ЛА; 2 — предельный уровень для БО, разработанного для установки на внешней стороне фюзеляжа ЛА (на подвесках, кронштейнах), либо когда БО выполняет критические (или существенные) функции*

* «Критические функции» — это функции, отказ которых может привести к аварийной или катастрофической ситуации на борту ЛА; «существенные функции» — это функции, отказ которых может вызвать сложную ситуацию на борту ЛА

Рисунок 3 — Предельный ток по ВП2

5.3 Требование восприимчивости к импульсному воздействию на провода линий связи и цепей питания (ВП3)

5.3.1 Область применения

Данное требование предъявляют ко всем соединительным проводам БО, включая провода питания.

5.3.2 Предельные уровни

БО должно сохранять работоспособность, если его провода линий связи и провода питания подвергнуты воздействию через инжектор тока, предварительно прокалиброванного импульсным сигналом, имею-

щим длительность импульса, время нарастания, спада и амплитуду, приведенные на рисунке 4. Частота следования импульсов — 30 Гц, продолжительность воздействия — одна минута.

Испытания проводят в соответствии с методикой, изложенной в 6.4.

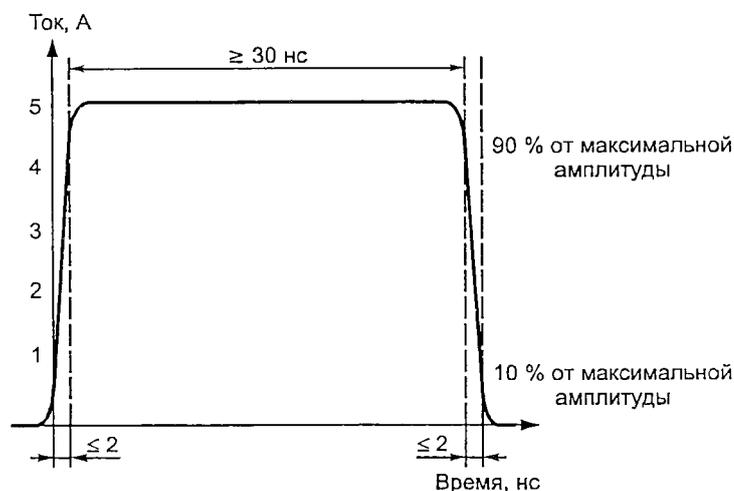


Рисунок 4 — Характеристики сигнала по ВП3

5.4 Требование восприимчивости к импульсному воздействию затухающего синусоидально-го сигнала на провода линий связи, цепей питания и заземления (ВП4)

5.4.1 Область применения

Данное требование предъявляют по требованию заказчика ко всем соединительным кабелям, включая силовые кабели питания, обратные провода питания, индивидуальные отводы силового кабеля с высокой нагрузкой.

5.4.2 Предельные уровни

БО должно сохранять работоспособность, если его провода линий связи и провода питания подвергнуты воздействию испытательного сигнала, имеющего форму волны, приведенной на рисунке 5, и при воздействии максимального тока, приведенного на рисунке 6. Предел применим для всего заданного частотного диапазона. Восприимчивость должна быть испытана, как минимум, на следующих частотах: 0,01; 0,10; 1,00; 10,00; 30,00 и 100,00 МГц. Если имеются другие частоты, являющиеся критическими к установке оборудования (типа резонансов жгутов), восприимчивость должна быть продемонстрирована на этих частотах.

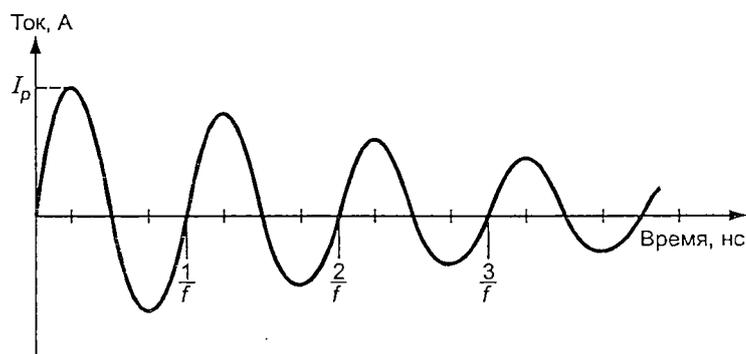


Рисунок 5 — Типичная форма затухающей синусоидальной волны по ВП4

Нормированную форму волны I в амперах вычисляют по формуле

$$I = e^{\frac{\pi ft}{Q}} \sin(2\pi ft), \quad (1)$$

где f — частота, Гц;

t — время, с;

Q — коэффициент демпфирования, вычисляемый по формуле

$$Q = \pi \frac{(N-1)}{\ln\left(\frac{I_p}{I_N}\right)}, \quad (2)$$

N — номер цикла, равный 2, 3, 4, 5 и т. д.;

I_p — максимальный ток в первом цикле, А;

I_N — максимальный ток в цикле, соответствующем затуханию 50 %, А.

Пр и м е ч а н и е — I_p соответствует уровню, указанному на рисунке 6.

Частота повторения испытательного сигнала должна быть не больше, чем один импульс в секунду и не меньше, чем один импульс каждые две секунды. Импульсы должны воздействовать на испытываемую систему не менее 5 мин.

Испытания проводят в соответствии с методикой, изложенной в 6.5.

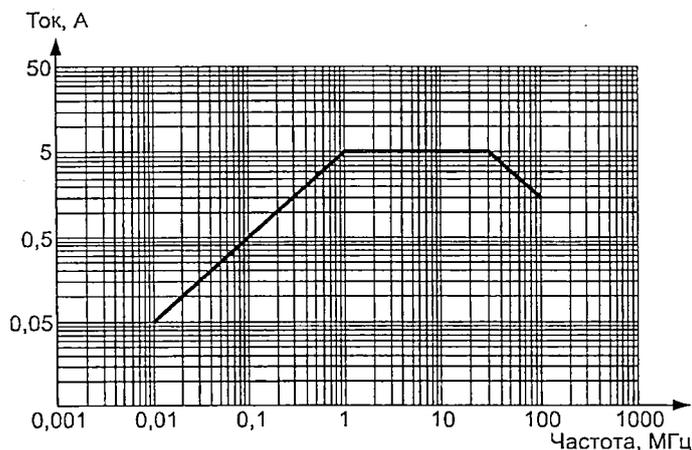


Рисунок 6 — Предельный ток по ВП4

5.5. Требование восприимчивости к воздействию излучения электрического поля в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц на блоки и соединительные провода (ВИ1)

5.5.1 Область применения

Данное требование предъявляют к корпусам оборудования и подсистем и ко всем соединительным проводам на частотах от 2 МГц до 18 ГГц для всех типов ЛА.

Восприимчивость РПУ, помимо антенн, на частоте настройки — на 20 дБ ниже предельно допустимого уровня поля излучения на данной частоте.

5.5.2 Предельные уровни

БО должно сохранять работоспособность, если его корпус, провода линий связи и питания подвергнуты облучению электромагнитным полем, напряженность электрической составляющей которого приведена в таблице 1, с параметрами модуляции, определенными в 6.1.10.6.

На частотах до 30 МГц требование должно быть выполнено для вертикально поляризованных полей. На частотах выше 30 МГц требование должно быть выполнено для горизонтально и вертикально поляризованных полей. Круговую поляризацию поля не применяют.

Испытания проводят в соответствии с методикой, изложенной в 6.6 или в приложении А.

Таблица 1

Диапазон частот	Предельный уровень сигнала, В/м, не менее, при расположении БО	
	на внешней стороне фюзеляжа ЛА [либо БО выполняет критические (или существенные) функции]	внутри фюзеляжа ЛА
От 2 МГц до 1 ГГц включ.	200	20
Св. 1 до 18 ГГц включ.		60

6 Методики измерений восприимчивости бортового оборудования к воздействию электромагнитных помех

6.1 Общие положения

6.1.1 Ниже приведены общие требования, относящиеся к методикам испытаний, испытательным установкам и оборудованию. Любые отклонения от этих требований обосновывают в методиках испытаний и приводят в отчете по результатам испытаний.

6.1.2 Допуски на измерения контролируемых величин (если не предъявлено иных требований) следующие:

- расстояния — $\pm 5\%$;
- частоты — $\pm 2\%$;
- амплитуды, измеренной приемником/осциллографом, — ± 2 дБ;
- амплитуды, измеренной испытательной установкой, в состав которой входят измерительные приемники или анализаторы, преобразователи, НО, аттенюаторы и т. д., — ± 3 дБ;
- напряженности электромагнитного поля, контролируемой на испытательной установке в экранированной камере, — ± 6 дБ;
- времени, определяющего форму сигналов, — $\pm 5\%$;
- сопротивления — $\pm 5\%$;
- емкости — $\pm 20\%$.

6.1.3 Требования к условиям проведения испытаний

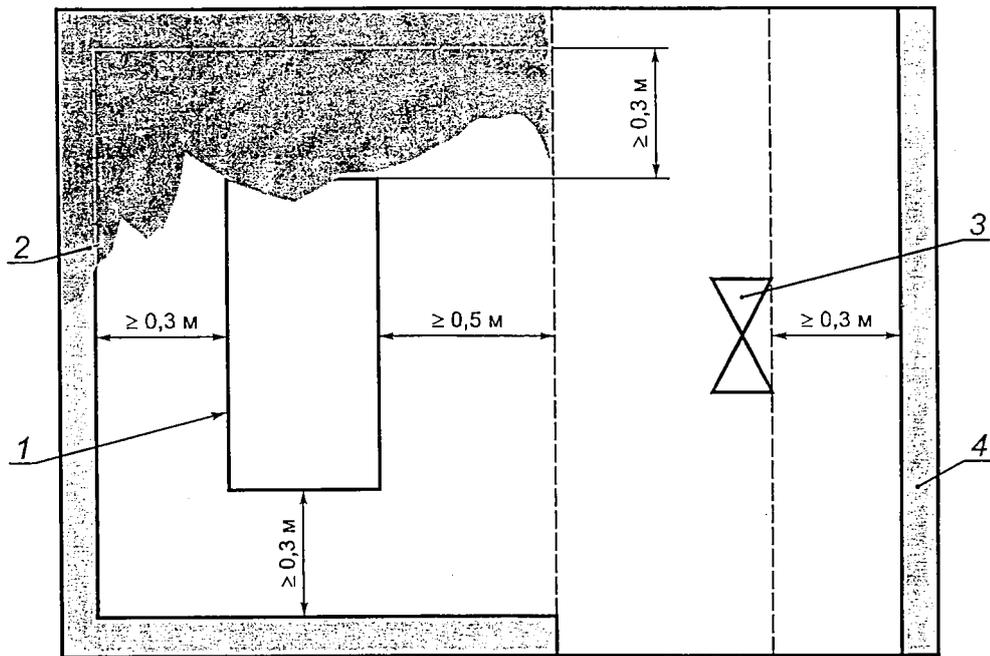
6.1.3.1 Испытания проводят на открытых площадках, в безэховых помещениях или в экранированных камерах, частично или полностью покрытых РЧ поглощающим материалом, свободных от неиспользуемого оборудования, в нормальных климатических условиях, при номинальных значениях питающих напряжений, соответствующих требованиям ГОСТ 19705.

Испытания РПУ проводят в камерах с эффективностью экранирования и фильтрации питающих напряжений не менее 40 дБ в контролируемом диапазоне частот. При размещении оборудования и измерительных антенн в камерах обеспечивают свободное пространство от стен с радиопоглощающим материалом не менее 0,3 м.

6.1.3.2 Влияния интерференции электромагнитного поля на оборудование и испытательную установку в экранированной камере необходимо свести к минимуму на возможно большей площади. Во время испытаний с излучением внутри экранированной камеры с целью снижения отражения электромагнитной энергии и для повышения точности и повторяемости результатов измерений применяют РЧ поглощающий материал. Материал размещают под, над, сзади и с обеих сторон испытываемого оборудования и сзади излучающей измерительной антенны, как показано на рисунке 7. Характеристики материала — не хуже заданных в таблице 2.

Таблица 2

Диапазон частот, МГц	Минимальное поглощение, дБ
От 80 до 250 включ.	6
Св. 250	10



1 — границы ИБО; 2 — РЧ поглощающий материал, расположенный под, над, сзади и с обеих сторон испытательной установки; 3 — измерительная антенна; 4 — РЧ поглощающий материал, расположенный сзади измерительной антенны от потолка до пола

Рисунок 7 — Схема расположения РЧ поглощающего материала

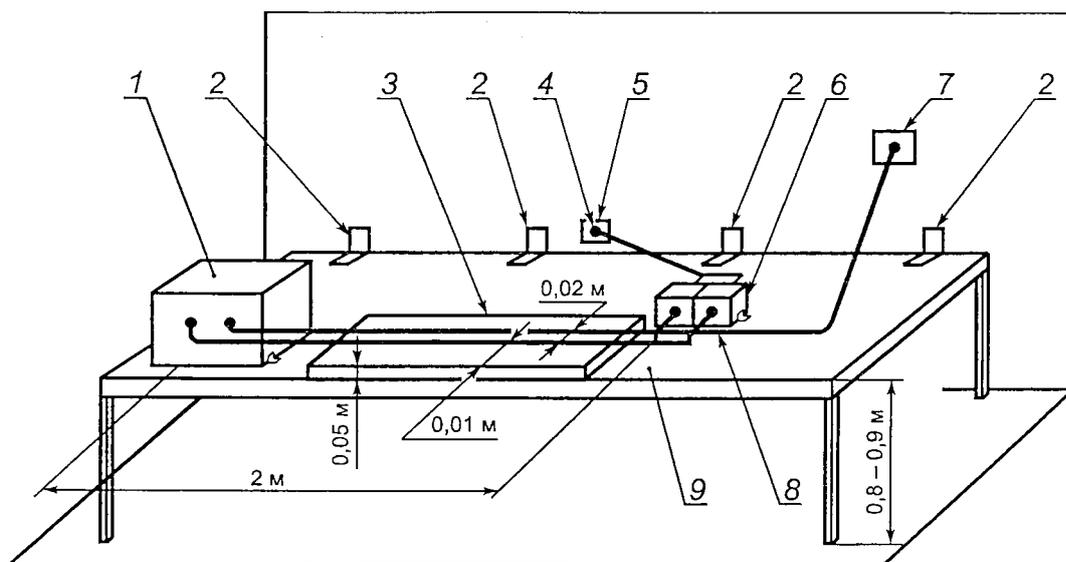
6.1.4 Если используют другие испытательные площадки, то выполняют требования к уровню внешних ЭМП, приведенные в 6.1.5. Допускается проводить испытания восприимчивости к полям излучения в ТЕМ-камере, ГТЕМ-камере, РТЕМ-камере и других специальных устройствах, позволяющих обеспечивать необходимые параметры испытательного поля (структуру поля, его напряженность и однородность в рабочем объеме).

6.1.5 При проведении испытаний восприимчивости уровень внешних ЭМП должен быть на 10 дБ ниже номинальных воздействий, установленных настоящим стандартом, и не должен оказывать мешающего влияния на качество функционирования ИБО и испытательной установки.

6.1.6 ИБО устанавливают на заземляющей пластине, которая моделирует фактическое размещение изделия на ЛА. Если фактическое размещение оборудования неизвестно или ожидаются различные варианты, то применяют заземляющую пластину площадью не менее $2,25 \text{ м}^2$, меньшая сторона которой должна быть не менее 76 см. Если при фактическом размещении ИБО заземление отсутствует, то его размещают на токопроводящей пластине.

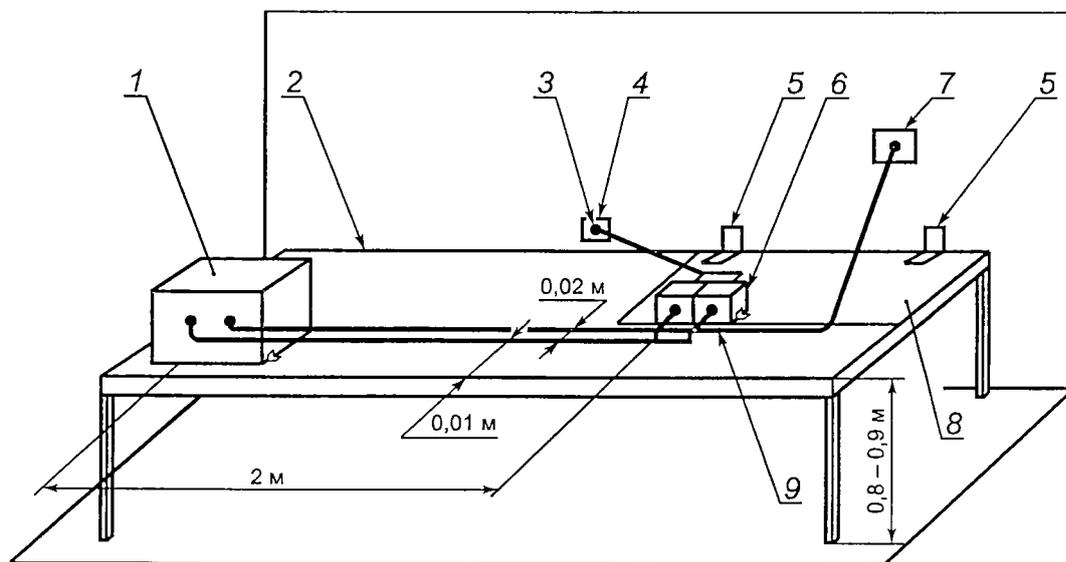
6.1.6.1 Поверхностное сопротивление заземляющей пластины, на которой устанавливают ИБО, должно быть не более 100 мкОм на квадратный метр. Сопротивление постоянному току между заземляющей пластиной и экранированным корпусом ИБО должно быть не более 2500 мкОм. Заземляющие пластины, приведенные на рисунках 8—10, электрически соединяют со стеной экранированной комнаты из расчета — одно соединение на каждый метр. Перемычки металлизации должны быть прочными и иметь отношение длины к ширине не более 5:1. Заземляющие пластины, используемые вне экранированных помещений, должны иметь размеры не менее $2 \times 2 \text{ м}$ и выходить минимум на 0,5 м за границу испытательной установки в каждом направлении.

6.1.6.2 Если ИБО устанавливают на токопроводящую пластину из композиционного материала, то ее удельное поверхностное сопротивление должно соответствовать типичному значению для реального размещения. Заземляющую пластину из композиционных материалов электрически соединяют со стенами помещения перемычками, соответствующими данному материалу.



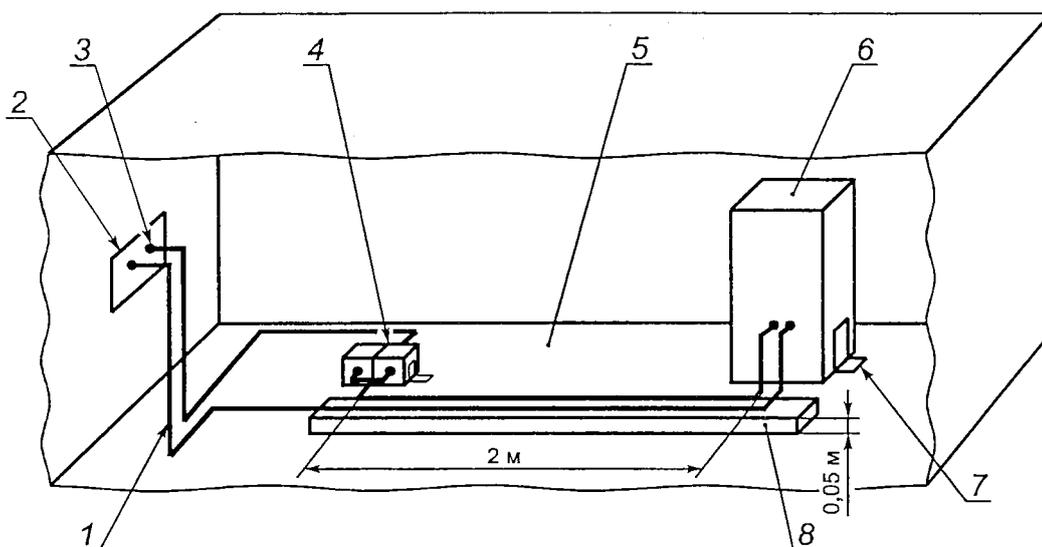
1 — ИБО; 2 — перемычки металлизации; 3 — токонепроводящая пластина; 4 — источник питания; 5 — сетевой фильтр входного питания; 6 — ЭС; 7 — устройство вывода линий связи из ЭК; 8 — соединительный кабель; 9 — заземляющая пластина

Рисунок 8 — Схема основной испытательной установки



1 — ИБО; 2 — токонепроводящий стол; 3 — источник питания; 4 — сетевой фильтр входного питания; 5 — перемычки металлизации; 6 — ЭС; 7 — устройство вывода линий связи из ЭК; 8 — заземляющая пластина; 9 — соединительный кабель

Рисунок 9 — Схема испытательной установки при расположении ИБО на токонепроводящей поверхности

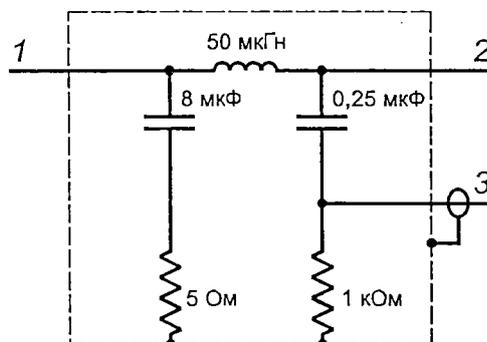


1 — соединительный кабель; 2 — проходная панель (сетевой фильтр входного питания и устройство вывода линий связи из ЭК); 3 — источник питания; 4 — ЭС; 5 — заземляющая пластина на полу в экранированной камере; 6 — ИБО; 7 — перемычка металлизации; 8 — токонепроводящая пластина

Рисунок 10 — Схема испытательной установки при расположении крупногабаритного ИБО на полу экранированной камеры

6.1.7 Импеданс источников питания, снабжающих ИБО входной мощностью, должен управляться ЭС при реализации любых методик измерения, приведенных в настоящем стандарте, если иначе не заявлено в конкретном виде испытаний. ЭС должен подключаться к выводам силового кабеля источника питания, длина которых установлена в 6.1.9.8. Электрическая схема ЭС должна соответствовать приведенной на рисунке 11. Допускается применять V-образный ЭС типа 4 по ГОСТ Р 51319. Импеданс ЭС должен соответствовать приведенному на рисунке 12 и контролироваться периодически при проведении регламентных работ в лаборатории при следующих условиях:

- импеданс измеряют между выходным проводом питания 2 со стороны нагрузки ЭС и металлическим корпусом ЭС;
- вход 1 ЭС со стороны источника питания ЭС не должен быть нагружен;
- выход 2 ЭС подключают к ИБО;
- вход 3 ЭС должен быть нагружен на 50 Ом;
- допускается отклонение импеданса на $\pm 20\%$.



1 — к источнику питания (вход); 2 — к ИБО (выход); 3 — к нагрузке 50 Ом (вход)

Рисунок 11 — Схема ЭС

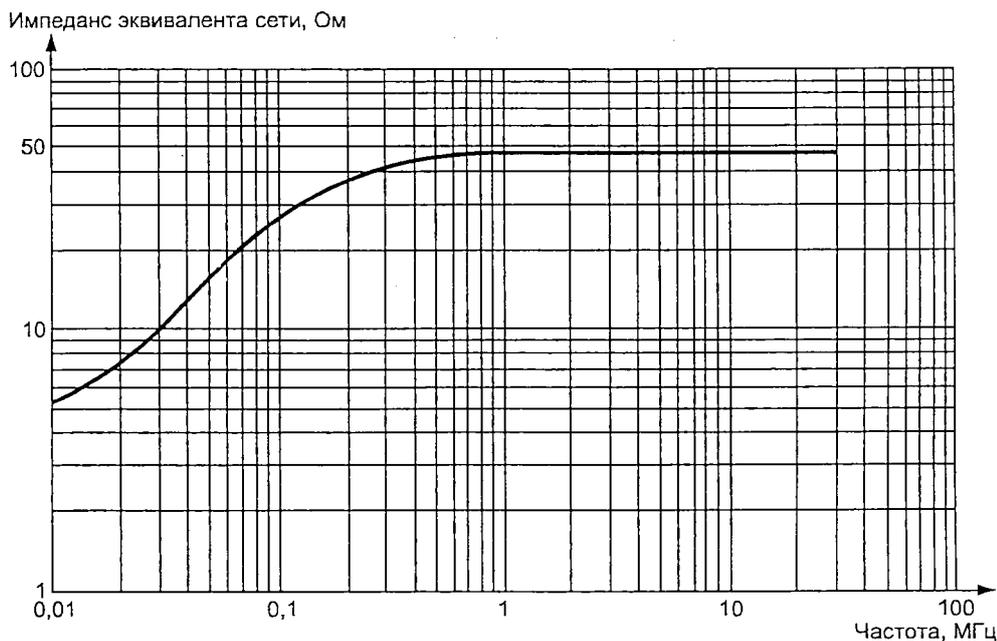


Рисунок 12 — Импеданс ЭС

6.1.8 Общие указания по проведению испытаний

6.1.8.1 Вспомогательное оборудование, используемое вместе с измерительными приборами, не должно ухудшать точность измерений.

6.1.8.2 На испытательном участке или в испытательном помещении устанавливают только то оборудование, которое необходимо для проведения испытаний. В помещение допускают только тех людей, которые непосредственно участвуют в испытаниях.

6.1.8.3 Во время проведения некоторых видов испытаний в соответствии с настоящим стандартом возможно создание электромагнитных полей, потенциально опасных для обслуживающего персонала. Уровни облучения на рабочих местах не должны превышать допустимых величин, приведенных в [1]. Должны приниматься меры предосторожности для исключения случайного облучения персонала опасными полями.

6.1.8.4 Во время проведения некоторых видов испытаний используют потенциально опасные напряжения. Персонал должен принимать все необходимые меры, чтобы обеспечить неукоснительное соблюдение правил безопасности.

6.1.9 Размещение испытываемого бортового оборудования

6.1.9.1 ИБО должно быть установлено на испытательных установках, общие схемы которых приведены на рисунках 8—10. Эти схемы должны сохраняться при любых испытаниях, если для конкретного метода не задана другая конфигурация.

6.1.9.2 Для электрического соединения корпусов ИБО с шасси и с заземляющей пластиной необходимо использовать только те средства, которые предусмотрены конструкцией ИБО. Если при сборке схемы испытаний требуются перемычки металлизации, то они должны быть идентичны тем, что определены в монтажных схемах ИБО.

6.1.9.3 ИБО должно быть прикреплено к шасси, которое снабжено амортизаторами ударов и вибраций (если они предусмотрены в документации). Если шасси снабжено перемычками металлизации, то последние должны быть связаны с заземляющей пластиной. Если шасси не имеет перемычек металлизации, то последние на испытаниях не должны применяться.

6.1.9.4 ИБО должно быть ориентировано так, чтобы поверхности, которые наиболее сильно воспринимают воздействие полей излучения, были обращены к измерительной антенне. ИБО необходимо устанавливать на расстоянии (10 ± 2) см от переднего края заземляющей пластины.

6.1.9.5 Жгуты электрических кабелей должны имитировать фактическое размещение на ЛА. Экранированные кабели или экранированные провода (включая провода питания и заземления) внутри жгутов кабелей ИБО необходимо использовать только в том случае, если они были определены в технических требованиях. Должно быть проверено выполнение требований к монтажу кабелей и применение надлежа-

щих конструктивных мер, таких как скручивание пар, экранирование и концевая заделка экранов. Сведения о конструкции кабелей, применяемых при испытаниях, должны быть включены в отчет по испытаниям.

6.1.9.6 При проведении испытаний ИБО на восприимчивость к ЭМП жгуты проводов, соединяющие ИБО с сервисной аппаратурой для контроля работоспособности и управления режимом работы, должны быть выполнены в полном соответствии со схемой электрических соединений разработчика ИБО.

6.1.9.7 Соединительные провода, кабели и отдельные провода должны быть сгруппированы в жгуты линий связи таким же образом, как и при фактическом размещении на ЛА. Общая длина соединительных кабелей в схеме испытаний должна быть такой же, как и в реальных условиях на ЛА. Если кабель имеет длину больше 10 м, то должно быть включено не менее 10 м. Если длина жгута на ЛА не задана, то жгуты должны удовлетворять следующим условиям:

- каждый соединенный с корпусом ИБО жгут линии связи должен иметь длину прокладки не менее 2 м (за исключением тех, которые на реальном ЛА короче) и проходить параллельно передней границе испытательной установки;

- оставшиеся отрезки кабелей должны прокладываться зигзагообразно к противоположной границе;
- если в схеме более одного кабеля, то отдельные кабели должны быть разнесены на 2 см, считая от оболочки;

- на лабораторных столах с заземляющей пластиной ближайший к передней границе испытательной установки кабель должен располагаться на удалении 10 см от переднего края плоскости заземления;

- все жгуты линий связи должны быть размещены на диэлектрическом основании толщиной 5 мм (например, дерево, пенопласт), установленном на заземляющей пластине.

6.1.9.8 Часть входных проводов питания (включая обратные провода) должны быть проложены параллельно переднему краю установки таким же образом, как и соединительные провода. Провода питания должны быть подключены к ЭС (см. 6.1.7). Провода питания, которые являются частью соединительного кабеля, должны быть отделены от соединителя ИБО и подведены к ЭС. Общая длина провода питания от электрического соединителя ИБО до ЭС не должна превышать 1 м. Все провода питания должны проходить на высоте 5 см над плоскостью заземления. Если на ЛА провода питания скручены, то они должны быть скручены и при подсоединении к ЭС.

6.1.9.9 Все входные и выходные жгуты линий связи должны быть нагружены либо на реальное оборудование, устанавливаемое на ЛА, либо на нагрузки, которые имитируют электрические свойства (импеданс, заземление, симметричность и т.п.), имеющие место на ЛА. Входные сигналы ИБО должны подаваться на соответствующие электрические соединители, чтобы обеспечить нормальную работу электрических схем ИБО. ИБО с механическим выходом должно быть нагружено надлежащим образом. Если на ЛА имеет место переменная электрическая или механическая нагрузка, то испытания должны проводиться в наихудших ожидаемых условиях. Если используется активная электрическая нагрузка (например, испытательное устройство), то должны быть приняты меры, чтобы она удовлетворяла изложенным в 6.1.5 требованиям к уровню внешних помех при подсоединении к установке. К антенным соединителям ИБО должны подключаться экранированные согласованные нагрузки.

6.1.10 Режим работы ИБО и испытательные сигналы

6.1.10.1 При проведении испытаний на восприимчивость ИБО должно работать в режиме, при котором восприимчивость максимальна. Для ИБО с несколькими режимами работы (включая программное обеспечение управлением рабочими режимами) должно быть проверено на восприимчивость достаточное число режимов так, чтобы вся электрическая схема была оценена. Обоснование для выбранных режимов работы ИБО должно быть включено в отчет по испытаниям.

6.1.10.2 Испытания перестраиваемого радиотехнического оборудования должны проводиться не менее чем на трех частотах в каждом диапазоне настройки, настроечном блоке или комплекте фиксированных каналов, одна из которых находится в середине диапазона, а другие — в пределах $\pm 5\%$ от каждого края каждого диапазона или комплекта каналов.

6.1.10.3 К рабочим частотам двух основных типов широкополосного оборудования предъявляют следующие требования:

- если испытывают радиооборудование с «прыгающей» частотой, то испытания должны проводиться при работе ИБО в режиме скачков, который содержит 30 % всех возможных частот. Этот режим скачков должен быть разделен на три части в нижнем, среднем и верхнем участках диапазона рабочих частот ИБО;

- если испытывают радиооборудование с прямой последовательностью изменения частоты, то испытания должны проводиться при работе ИБО в режиме максимально возможной скорости перестройки по частоте;

- если радиооборудование работает с переменной скоростью смены режимов работы, то испытания должны проводиться при работе ИБО в режиме максимально возможной скорости изменения режимов работы, например, режимов «прием/передача».

6.1.10.4 В процессе испытаний ИБО на восприимчивость ЭМП необходимо контролировать работоспособность ИБО (появление ухудшения работоспособности или сбоев). Этот контроль обычно выполняют с помощью встроенных тестов, визуальных дисплеев, звуковых сигналов или других измерений выходных сигналов и интерфейсов. Допускается контролировать работоспособность при встраивании в ИБО специальных электрических схем. Однако такие модификации не должны влиять на результаты испытаний.

6.1.10.5 В процессе испытаний ИБО на восприимчивость ЭМП должен быть рассмотрен весь частотный диапазон каждого применяемого метода испытаний. Скорости сканирования частоты или размеры шага по частоте источников сигналов не должны превышать значений, приведенных в таблице 3. Скорости сканирования и размеры шага выражаются как доля частоты настройки f_0 источника сигнала. Аналоговое сканирование означает, что источник сигналов непрерывно перестраивается. Ступенчатое сканирование означает, что источник сигналов последовательно настраивается на дискретные частоты. При ступенчатом сканировании на каждой частоте настройки производится задержка минимум на 1 с. Скорости сканирования и размеры шага должны уменьшаться (если это необходимо) для более детального наблюдения реакции ИБО.

Таблица 3

Диапазон частот	Максимальная скорость аналогового сканирования, f_0/c	Максимальный размер шага при ступенчатом сканировании, f_0
От 30 Гц до 1 МГц включ.	0,0333	0,05
Св. 1 » » 30 МГц »	0,00667	0,01
» 30 МГц » 1 ГГц »	0,00333	0,005
» 1 » » 8 ГГц »	0,000667	0,001
» 8 » » 18 ГГц »	0,000333	0,0005

6.1.10.6 Сигналы для испытания ИБО на восприимчивость к ЭМП на частотах свыше 10 кГц (для методик измерения ВП2 и ВИ1) должны быть импульсно-модулированными с частотой повторения 1 кГц и коэффициентом заполнения 0,5, если в конкретном методе испытаний не задано иное.

6.1.10.7 Если в работе ИБО замечают признаки восприимчивости к помехам, то должен быть определен порог, при котором восприимчивость больше не проявляется.

Пороги восприимчивости определяют следующим образом:

- при обнаружении признаков восприимчивости уменьшают мешающий сигнал до такой величины, пока не восстановится нормальное состояние ИБО;

- уменьшают мешающий сигнал еще на 6 дБ;

- постепенно, шагами по 1 дБ, увеличивают мешающий сигнал до тех пор, пока вновь не проявится восприимчивость. Последний уровень помехи, при котором еще обеспечивается работоспособность ИБО, и есть порог восприимчивости;

- регистрируют полученный уровень и диапазон частот, где проявляется восприимчивость, частоту и уровень максимальной восприимчивости и, при необходимости, другие параметры испытаний.

6.1.11 При измерении восприимчивости оборудования в частотной области должен применяться пиковый детектор. Это устройство детектирует пиковое значение огибающей модулированных колебаний в полосе пропускания приемника. Измерительные приемники калибруются в величинах эквивалентного среднеквадратического значения синусоидального колебания, которое имеет то же самое пиковое значение. Если при испытании восприимчивости используют другие измерительные приборы, например, осциллографы, неселективные вольтметры или широкополосные измерители напряженности поля, то испытательные сигналы должны корректироваться с учетом поправочных коэффициентов для перевода отсчетов пиковой величины огибающей модулированных колебаний в эквивалентные среднеквадратические значения.

6.1.12 Испытательное и вспомогательное оборудование, необходимое для измерения в соответствии с настоящим стандартом, должно быть метрологически аттестовано. В частности, измерительные антенны, инжекторы тока, датчики поля и другие приборы, используемые в измерительном контуре, должны калибро-

Окончание таблицы 4

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
4 Трансформатор связи: диапазон рабочих частот, кГц коэффициент трансформации максимальный ток, А	0,01—150,00 0,8—1,0 10
5 Конденсатор проходной: емкость, мкФ	10
6 Развязывающий трансформатор: рабочая частота, Гц коэффициент трансформации мощность, Вт, не менее	50 1:1 100
7 Резистор нагрузочный: сопротивление, Ом мощность, Вт, не менее	0,5 100
8 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319

6.2.2 Порядок подготовки к проведению испытаний

6.2.2.1 Для подготовки испытательной установки необходимо:

а) собрать базовую испытательную установку для ИБО, как показано на рисунках 8—10, с учетом требований 6.1.9;

б) подготовить установку для калибровки:

1) собрать испытательную установку в соответствии с рисунком 13;

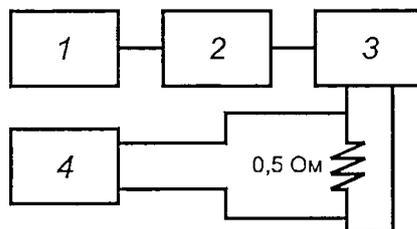
2) подключить осциллограф для контроля падения напряжения на резисторе 0,5 Ом;

в) подготовить установку для проведения испытаний:

1) для постоянного тока или однофазного источника питания переменного тока испытательную установку собирают в соответствии с рисунком 14;

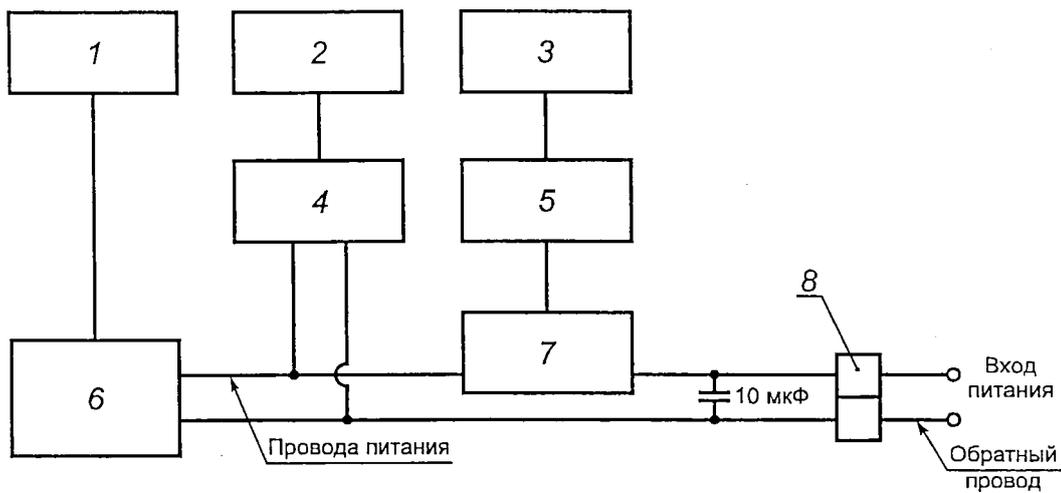
2) для трехфазного источника питания с соединением по схеме «треугольник» испытательную установку собирают в соответствии с рисунком 15;

3) для трехфазного источника питания с соединением по схеме «звезда» (с четырьмя проводами питания) испытательную установку собирают в соответствии с рисунком 16.



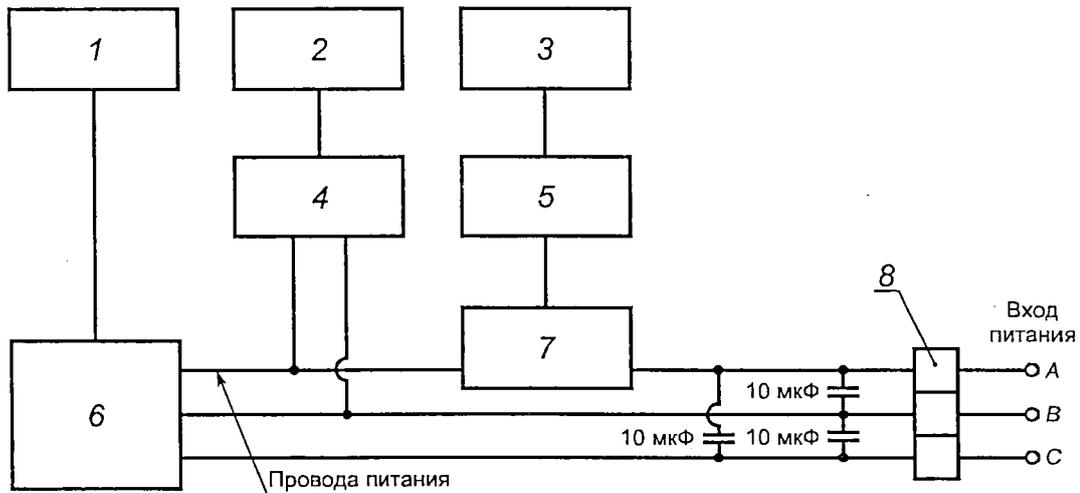
1 — генератор сигналов; 2 — усилитель мощности; 3 — трансформатор связи; 4 — осциллограф

Рисунок 13 — Схема установки для калибровки (методика ВП1)



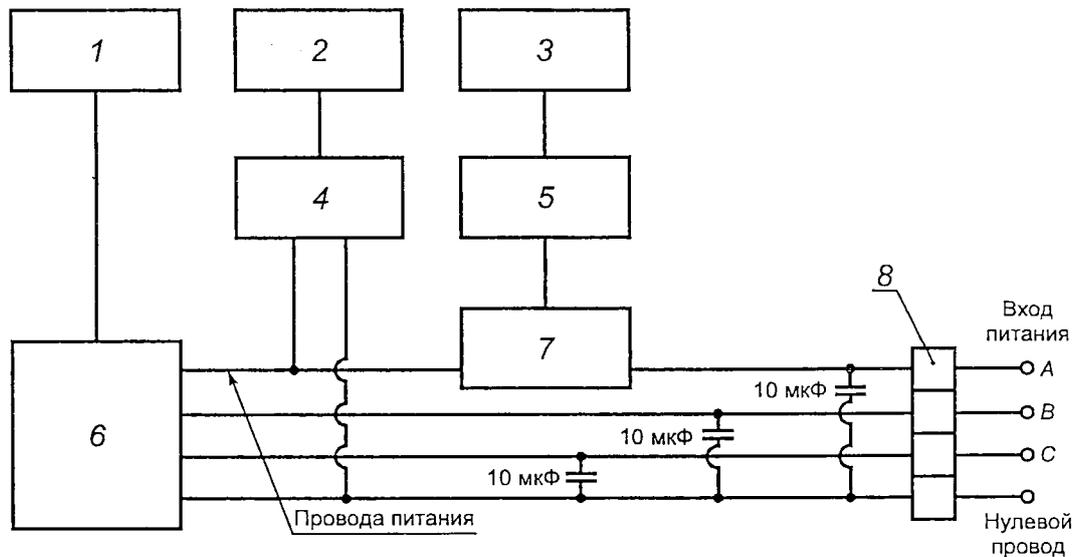
1 — имитационное оборудование и устройства контроля; 2 — развязывающий трансформатор; 3 — генератор сигналов; 4 — осциллограф; 5 — усилитель мощности; 6 — ИБО; 7 — трансформатор связи; 8 — ЭС

Рисунок 14 — Схема установки для воздействия на провода электропитания ИБО постоянного тока или одной фазы переменного тока (методика ВП1)



1 — имитационное оборудование и устройства контроля; 2 — развязывающий трансформатор; 3 — генератор сигналов; 4 — осциллограф; 5 — усилитель мощности; 6 — ИБО; 7 — трансформатор связи; 8 — ЭС

Рисунок 15 — Схема установки для воздействия на провода электропитания ИБО трехфазного переменного тока с соединением по схеме «треугольник» (методика ВП1)



1 — имитационное оборудование и устройства контроля; 2 — развязывающий трансформатор; 3 — генератор сигналов; 4 — осциллограф; 5 — усилитель мощности; 6 — ИБО; 7 — трансформатор связи; 8 — ЭС

Рисунок 16 — Схема установки для воздействия на провода электропитания ИБО трехфазного переменного тока с соединением по схеме «Звезда» (методика ВП1)

6.2.3 Порядок испытаний

6.2.3.1 Включают средства измерений и вспомогательное оборудование и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы.

6.2.3.2 Для проведения калибровки необходимо:

- а) настроить генератор сигналов на наименьшую испытательную частоту;
- б) увеличивать выходной сигнал генератора до тех пор, пока осциллограф не покажет уровень напряжения, соответствующий уровню мощности, установленному в 5.1.2. Убедиться, что форма выходных колебаний синусоидальная;
- в) зарегистрировать установочные параметры источника сигналов;
- г) сканировать требуемый частотный диапазон испытаний и зарегистрировать установочные параметры сигнала, необходимые для поддержания требуемого уровня мощности в контролируемом диапазоне частот.

6.2.3.3 Испытание проводят в следующем порядке:

- а) включают ИБО и дают достаточное время для стабилизации его режима работы*;
- б) настраивают генератор сигналов на наименьшую испытательную частоту. Увеличивают уровень сигнала до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уровень мощности или напряжения на проводе электропитания. Напряжение ограничивается уровнем калибровки в соответствии с перечислением б) 6.2.3.2;
- в) поддерживая уровень сигнала не меньше требуемого, сканируют заданный частотный диапазон со скоростью не большей, чем установлено в таблице 3;
- г) проводят оценку восприимчивости, контролируя ухудшение качества функционирования ИБО;
- д) если будет замечена восприимчивость, то определяют пороговый уровень, при котором нежелательный отклик больше не проявляется, и, убедившись, что он выше требуемого в настоящем стандарте, повторяют операции по перечислениям б) — г) 6.2.3.3 для каждого интересующего провода электропитания;
- е) для трехфазного источника питания с соединением по схеме «треугольник» (см. рисунок 15) измерения проводят между линиями А и В, В и С, С и А;

* При проведении данного испытания необходимо соблюдать осторожность, так как «защитное заземление» осциллографа отсоединено и существует опасность поражения электрическим током.

ж) для трехфазного источника питания с соединением по схеме «звезда» (см. рисунок 16) измерения проводят между линиями *A* и *Нулевой провод*, *B* и *Нулевой провод*, *C* и *Нулевой провод*.

6.2.4 Представление результатов испытаний

Результаты испытаний должны содержать:

- графические или табличные данные, показывающие частоты и амплитуды, при которых проводилось испытание для каждого провода цепей питания;
- пороги восприимчивости и частоты, которые были определены для каждого провода цепей питания;
- требования для оценки восприимчивости, определенные в перечислении г) 6.2.3.3 для каждого провода цепей питания.

6.3 Методика измерения восприимчивости к высокочастотному синусоидальному воздействию на провода линий связи и цепей питания (методика ВП2)

6.3.1 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице 5.

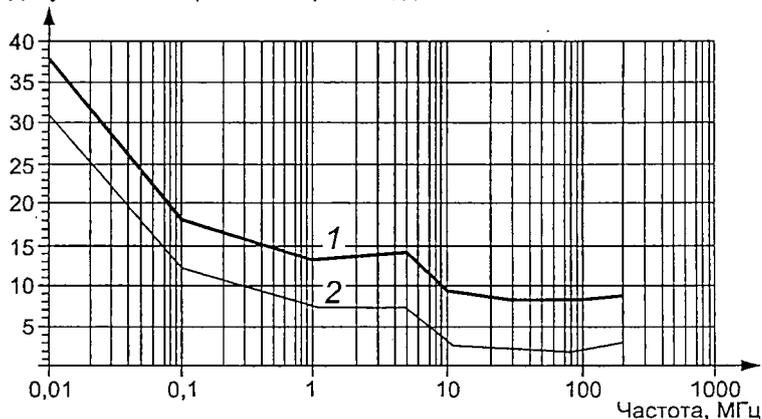
Таблица 5

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Измерительный приемник: диапазон рабочих частот, МГц относительная погрешность установки частоты, %, не более пределы измерений уровня входного сигнала, дБмВт погрешность измерений, дБ, не более входное сопротивление, Ом	0,01—200,00 2 От минус 90 до плюс 30 2 50
2 Инжектор тока*: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 30
3 Датчик тока: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом	0,01—200,00 50
4 Приспособление для калибровки — коаксиальная линия передачи с коаксиальными соединителями на обоих концах и местом для инжектора тока вокруг центрального проводника с волновым сопротивлением, Ом	50
5 Направленный ответвитель: диапазон частот, МГц входное/выходное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт, не менее направленность, дБ, не менее переходное ослабление, дБ	0,01—200,00 50 50 20 10—30
6 Генератор синусоидальных сигналов: диапазон рабочих частот, МГц относительная погрешность установки частоты, %, не более выходное напряжение, В, не менее относительная погрешность установки напряжения, дБ, не более выходное сопротивление, Ом	0,01—200,00 2 1 2 50
7 Усилитель мощности: диапазон частот, МГц входное/выходное сопротивление, Ом выходная мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 50

Окончание таблицы 4

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
8 Атенюатор: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом ослабление, дБ, не более мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 20 50
9 Коаксиальные нагрузки: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 50
10 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319
* Максимальные уровни потерь, вносимых инжектором, приведены на рисунке 17. Минимальный уровень, приведенный на этом рисунке, рекомендуемый, но не обязательный.	

Допустимые потери инжектора тока, дБ



1 — максимально допустимые потери; 2 — рекомендуемый минимум вносимых потерь

Рисунок 17 — Допустимые потери для инжекторов тока (методика ВП2)

6.3.2 Подготовка к проведению испытаний

6.3.2.1 Для подготовки испытательной установки необходимо:

а) собрать базовую испытательную установку для ИБО, как показано на рисунках 8—10, с учетом требований 6.1.9;

б) подготовить установку для калибровки:

1) собрать испытательную установку в соответствии с рисунком 18 (эскиз приспособления для калибровки приведен на рисунке 19);

2) охватить инжектором тока центральный провод приспособления для калибровки;

3) подключить к одному концу приспособления для калибровки нагрузку 50 Ом, а к другому концу — аттенюатор, подсоединенный к измерительному приемнику А;

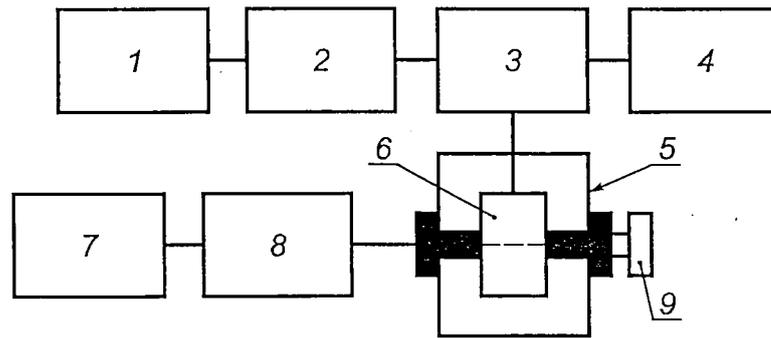
в) подготовить установку для проведения испытаний (после проведения калибровки инжекторов):

1) подключить испытательное оборудование и ИБО в соответствии с рисунком 20;

2) охватить инжектором тока и датчиком тока кабельный жгут ИБО;

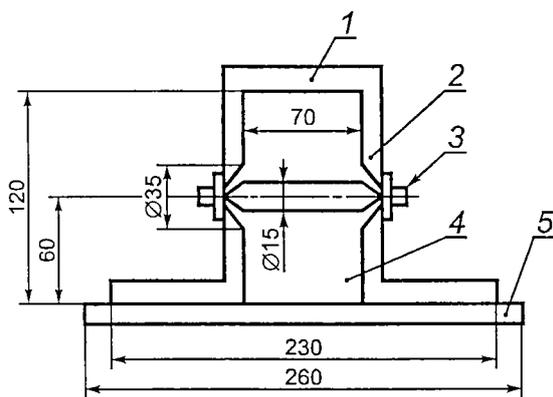
3) расположить датчик тока на расстоянии 5 см от соединителя. Если длина соединителя больше 5 см, то датчик тока расположить как можно ближе к корпусу соединителя;

4) разместить инжектор тока на расстоянии 5 см от датчика тока.



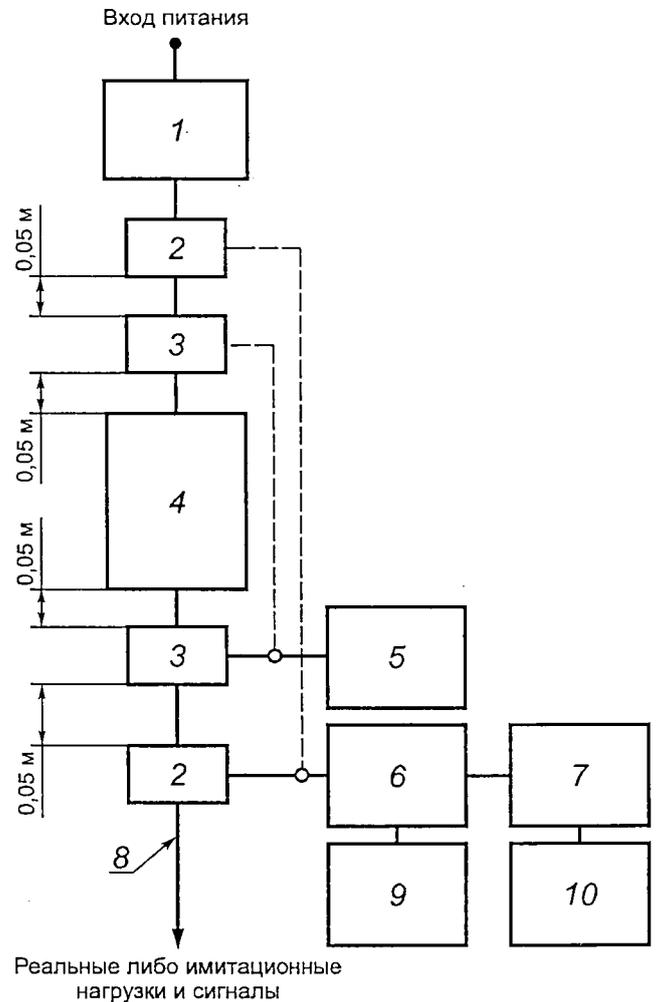
1 — генератор сигналов; 2 — усилитель; 3 — направленный ответвитель;
4 — измерительный приемник Б; 5 — приспособление для калибровки;
6 — инжектор; 7 — измерительный приемник А; 8 — аттенуатор;
9 — коаксиальная нагрузка

Рисунок 18 — Схема для определения калибровочных характеристик испытательной установки (методика ВП2)



1 — крышка (должна быть съемной); 2 — боковая стенка из алюминия толщиной 12,7 мм, шириной 120 мм; 3 — соединители типа N; 4 — латунь, покрытая пластиком; 5 — основание из алюминия толщиной 12,7 мм, шириной 120 мм

Рисунок 19 — Эскиз приспособления для калибровки (вертикальное сечение по центру)



1 — ЭС; 2 — инжектор; 3 — датчик тока; 4 — ИБО; 5 — измерительный приемник А; 6 — направленный ответвитель; 7 — усилитель; 8 — соединительные кабели; 9 — измерительный приемник Б; 10 — генератор

Рисунок 20 — Схема установки для оценки воздействия помех на соединительные кабели и провода питания (методика ВП2)

6.3.3 Порядок испытаний

6.3.3.1 Включают средства измерений и вспомогательное оборудование и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы.

6.3.3.2 Проводят калибровку инжекторов на установке в соответствии с рисунком 18:

- а) настраивают генератор сигналов на частоту 10 кГц без модуляции;
- б) увеличивают подаваемый сигнал до тех пор, пока измерительный приемник А не покажет, что в центральном проводе приспособления для калибровки протекает ток уровня, заданного в 5.2.2.;
- в) измерительным приемником Б регистрируют мощность в прямом направлении, подаваемую на инжектор тока;
- г) сканируют диапазон частот от 10 кГц до 200 МГц и регистрируют мощность в прямом направлении, которая необходима для поддержания требуемой амплитуды тока.

6.3.3.3 Проводят испытание ИБО:

- а) включают ИБО и дают достаточное время для стабилизации его режима работы;
- б) проводят оценку восприимчивости:
 - 1) настраивают генератор сигналов на частоту 10 кГц при модуляции импульсами с частотой следования 1 кГц и коэффициентом заполнения 0,5;
 - 2) подают на инжектор тока уровень мощности в прямом направлении, определенный согласно перечислению г) 6.3.3.2, наблюдая при этом наведенный ток;
 - 3) перестраивают (сканируют) частоту в требуемом частотном диапазоне в соответствии с 6.1.10.5 и таблицей 3, поддерживая уровень мощности в прямом направлении на калиброванном уровне, определенном в перечислении г) 6.3.3.2, или максимальный уровень тока согласно 5.2.2, если он соответствует меньшей мощности;
 - 4) контролируют ухудшение качества функционирования ИБО во время испытания;
 - 5) если будет замечена восприимчивость, то определяют порог восприимчивости, при котором нежелательный отклик больше не проявляется, убедившись, что он выше требуемого в настоящем стандарте.

6.3.3.4 Испытания ИБО проводят при воздействии ЭМП:

- на каждый кабельный жгут соединительных проводов от каждого электрического соединителя, установленного на блоке ИБО, включая провода питания (силовые и обратные провода);
- на кабельные жгуты проводов питания, исключая из кабельного жгута обратные провода.

6.3.3.5 ВЧ поля могут быть опасными из-за паразитного излучения от калибровочной установки или жгутов линий связи, поэтому при проведении испытаний необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.1.006, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.3.019.

6.3.4 Представление результатов испытаний

Результаты испытаний должны содержать:

- графики зависимости от частоты уровней мощности в прямом направлении, требуемых для получения калиброванного уровня, определенного в перечислении г) 6.3.3.2;
- графики зависимости амплитуды наведенного тока от частоты и падающей мощности для каждого жгута соединительных проводов, как установлено в 6.3.3.4;
- таблицы, содержащие частоты, предельные требуемые уровни тока по 5.2.2 и пороги восприимчивости, определенные по 6.3.3.4 для каждого жгута соединительных проводов.

6.4 Методика измерения восприимчивости к импульсному воздействию на провода линий связи и цепей питания (методика ВПЗ)

6.4.1 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице 6.

Таблица 6

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Генератор импульсов:	
выходной ток, А, не менее	5
выходное сопротивление, Ом	50
длительность импульса на уровне 0,5, нс	30
длительность фронта импульса, нс	2
частота повторения импульсов, Гц	30

Окончание таблицы 6

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
2 Инжектор тока: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 50
3 Силовой кабель: волновое сопротивление, Ом длина, м, не менее потери на частоте 500 МГц, дБ/м, не более	50 2 0,5
4 Датчик тока: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом	0,01—200,00 50
5 Приспособление для калибровки — коаксиальная линия передачи с коаксиальными соединителями на обоих концах и местом для инжектора тока вокруг центрального проводника с волновым сопротивлением, Ом	50
6 Осциллограф: входное сопротивление, Ом входное напряжение, В, не менее полоса пропускания, МГц, не менее	50 250 300
7 Атенюатор: входное полное сопротивление, Ом ослабление, дБ	50 20
8 Коаксиальные нагрузки: диапазон частот, МГц входное полное сопротивление, Ом мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 50
9 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319

6.4.2 Порядок подготовки к проведению испытаний

6.4.2.1 Для подготовки испытательной установки необходимо:

а) собрать базовую испытательную установку для ИБО, как показано на рисунках 8—10, с учетом требований 6.1.9;

б) подготовить установку для калибровки:

1) собрать испытательную установку в соответствии с рисунком 21 для калибровки инжекторов тока;

2) охватить инжектором тока центральный провод приспособления для калибровки;

3) подключить к одному концу приспособления для калибровки нагрузку 50 Ом, а к другому концу — аттенюатор, затем осциллограф;

в) подготовить установку для проведения испытаний (после проведения калибровки инжекторов):

1) подключить испытательное оборудование и ИБО в соответствии с рисунком 22;

2) охватить инжектором тока и датчиком тока кабельный жгут ИБО;

3) расположить датчик тока на расстоянии 5 см от соединителя. Если длина соединителя больше 5 см, то датчик тока расположить как можно ближе к корпусу соединителя;

4) разместить инжектор тока на расстоянии 5 см от датчика тока.

ваться, по крайней мере, каждые 2 года, если иное не оговорено или когда их повреждение очевидно. Испытательное оборудование, измерительные приемники и антенны должны удовлетворять требованиям ГОСТ РВ 8.560 и ГОСТ РВ 8.576.

6.1.12.1 В начале каждого испытания ИБО на восприимчивость к ЭМП собранная испытательная установка (включая измерительные приемники, кабели, аттенюаторы, ответвители и т.д.) должна быть проверена посредством ввода известного сигнала, заданного в данном конкретном методе испытаний, и наблюдения индикации выходного сигнала системы.

6.1.12.2 Антенные факторы для испытательных антенн определяют по паспортным данным завода-изготовителя или в соответствии с методикой, приведенной в приложении Б.

6.1.13 При проведении контроля параметров восприимчивости ИБО должны выполняться следующие условия:

- в испытательной установке используют средства измерений (измерительный генератор, измерительный приемник и др.) и вспомогательное оборудование (РТЕМ-камера, описание которой приведено в приложении В);
- проверку средств измерений проводят по ГОСТ РВ 8.576, РТЕМ-камеру аттестовывают в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 8.560;
- для БО, состоящего из блоков, воздействие оказывают на все внешние цепи и межблочные соединения;
- электромагнитные воздействия оказывают на все провода первичной цепи электропитания, все информационные провода и все поверхности корпуса ИБО;
- для РПУ и другого БО, работающего в большом динамическом диапазоне входных сигналов, уровень входного сигнала должен соответствовать чувствительности этого оборудования;
- испытания и подготовку к ним проводят с соблюдением требований техники безопасности по ГОСТ 12.1.002, ГОСТ 12.1.006, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.3.019; [1];
- металлические корпуса измерительных приборов, ЭС и других средств контроля, используемых при испытаниях, а также металлический лист должны быть заземлены. Защитное заземление выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030;
- рабочее место оператора при проведении испытаний оборудуют изолирующим основанием или диэлектрическим ковриком;
- требования к рабочим местам при работе стоя — по ГОСТ 12.2.033, при работе сидя — по ГОСТ 12.2.032.

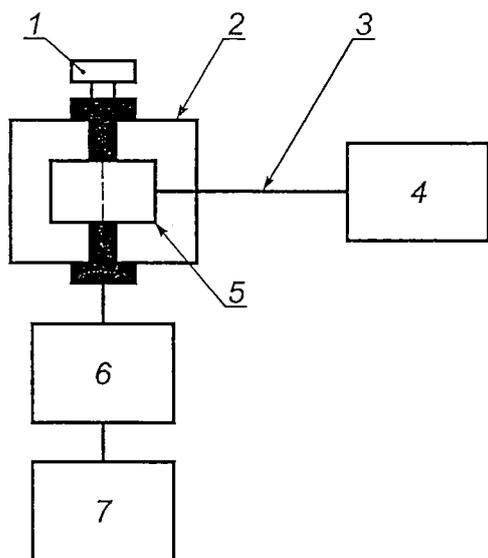
6.2 Методика измерения восприимчивости к низкочастотному синусоидальному воздействию на провода цепей питания (методика ВП1)

6.2.1 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Генератор синусоидальных сигналов: диапазон рабочих частот, кГц относительная погрешность установки частоты, %, не более выходное напряжение, мВ относительная погрешность установки напряжения, дБ, не более выходное сопротивление, Ом	0,03—150,00 2 0,2—2500,0 2 50
2 Усилитель мощности: диапазон рабочих частот, кГц выходная мощность, Вт, не менее коэффициент усиления, дБ, не менее	0,01—150,00 100 60
3 Осциллограф: частота развертки, МГц, не менее чувствительность, мВ/деление, не менее	50 10



1 — коаксиальная нагрузка; 2 — приспособление для калибровки; 3 — силовой кабель; 4 — генератор импульсов; 5 — инжектор; 6 — аттенуатор; 7 — осциллограф запоминающий

Рисунок 21 — Схема установки для калибровки воздействия импульсных помех на соединительные кабели и провода питания (методика ВПЗ)

6.4.3 Порядок испытаний

6.4.3.1 Включают средства измерений и вспомогательное оборудование и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы.

6.4.3.2 Проводят калибровку:

- органами регулировки генератора импульсов устанавливают время нарастания, длительность и частоту повторения импульсов в соответствии с требованиями 5.3.2;

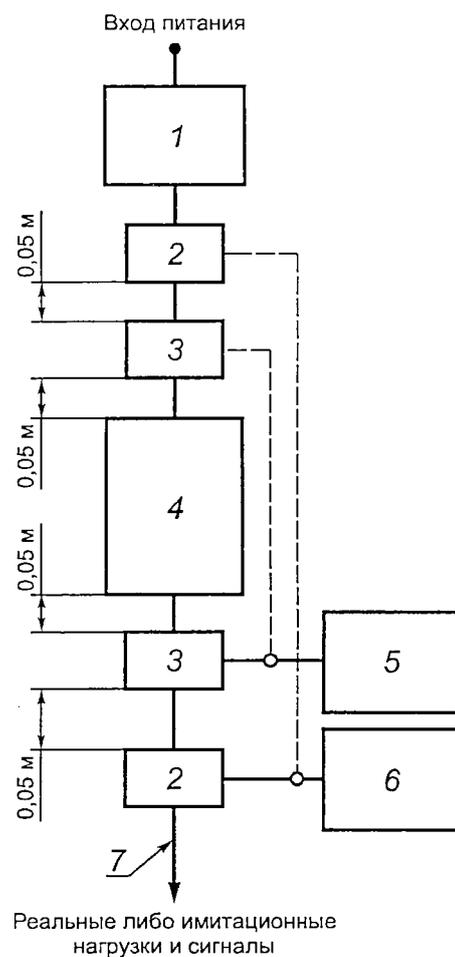
- увеличивают подаваемый на калибровочное приспособление сигнал до тех пор, пока осциллограф не покажет, что в центральном проводе калибровочного приспособления протекает ток с уровнем, установленным в 5.3.2;

- проверяют соответствие требованиям времени нарастания, времени спада, длительности и частоты повторения импульсов. Возможно изменение формы импульсов из-за индуктивного характера связи;

- регистрируют установочные параметры генератора импульсов.

6.4.3.3 Проводят испытание ИБО:

а) включают ИБО и дают достаточное время для стабилизации его режима работы;



1 — ЭС; 2 — инжектор; 3 — датчик тока; 4 — ИБО; 5 — осциллограф запоминающий; 6 — генератор импульсов; 7 — соединительные кабели

Рисунок 22 — Схема установки для оценки воздействия импульсных помех на соединительные кабели и провода питания (методика ВПЗ)

- б) проводят оценку восприимчивости:
- 1) регулируют генератор импульсов, установив его параметры, определенные в 6.4.3.2;
 - 2) контролируют качество функционирования ИБО в течение испытания;
 - 3) всякий раз, когда восприимчивость отмечена, определяют порог восприимчивости в соответствии с 6.1.10.7, убедившись, что он выше требуемого предела;
 - 4) регистрируют по осциллографу максимальное значение тока, наведенного в кабеле;
 - в) повторяют операции по перечислениям б) 6.4.3.3 на каждом кабельном жгуте, от каждого электрического соединителя, установленного на блоке ИБО, включая провода питания (силовые и обратные провода);
 - г) для кабелей питания выполняют действия по перечислению б) 6.4.3.3 при исключенных из кабельного жгута обратных проводах.
- 6.4.4 *Представление результатов испытаний*
 Результаты испытаний должны содержать:
- таблицы, подтверждающие соответствие восприимчивости, оцененной согласно перечислению б) 6.4.3.3, требованиям настоящего стандарта и содержащие уровень наведенного тока для каждого соединителя интерфейса;
 - пороги восприимчивости, которые были определены;
 - фотографии с экрана осциллографа введенных испытательных сигналов с результатами испытания.
- 6.5 Методика измерения восприимчивости к импульсному воздействию затухающим синусоидальным сигналом на провода линий связи, цепей питания и заземления (методика ВП4)**
- 6.5.1 *Средства измерений и вспомогательное оборудование*
 Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице 7.

Т а б л и ц а 7

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Генератор затухающих синусоидальных переходных процессов: полное выходное сопротивление, Ом	50
2 Инжектор тока: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 30
3 Запоминающий осциллограф: входное сопротивление, Ом входное напряжение, В, не менее полоса пропускания, МГц, не менее	50 250 300
4 Приспособление для калибровки — коаксиальная линия передачи с коаксиальными соединителями на обоих концах и местом для инжектора тока вокруг центрального проводника с волновым сопротивлением, Ом	50
5 Датчик тока: диапазон частот, МГц входное сопротивление, Ом	0,01—200,00 50
6 Осциллограф: входное сопротивление, Ом входное напряжение, В, не менее полоса пропускания, МГц, не менее	50 250 300
7 Аттенюатор: входное полное сопротивление, Ом ослабление, дБ, не менее	50 20
8 Коаксиальные нагрузки: диапазон частот, МГц входное полное сопротивление, Ом мощность, Вт, не менее	0,01—200,00 50 50

Окончание таблицы 7

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
9 Направленный ответвитель: диапазон частот, МГц входное/выходное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт, не менее направленность, дБ, не менее переходное ослабление, дБ	0,01—200,00 50 50 20 10—30
10 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319

6.5.2 Порядок подготовки к проведению испытаний

6.5.2.1 Для подготовки испытательной установки необходимо:

а) собрать основную контрольную установку для ИБО, как показано на рисунках 8—10, с учетом требований 6.1.9;

б) подготовить установку для калибровки:

1) собрать испытательное оборудование в соответствии с рисунком 23 для проверки формы волны;

2) охватить инжектором тока центральный провод приспособления для калибровки;

3) подключить к одному концу приспособления для калибровки нагрузку 50 Ом, а к другому концу — аттенюатор, затем осциллограф;

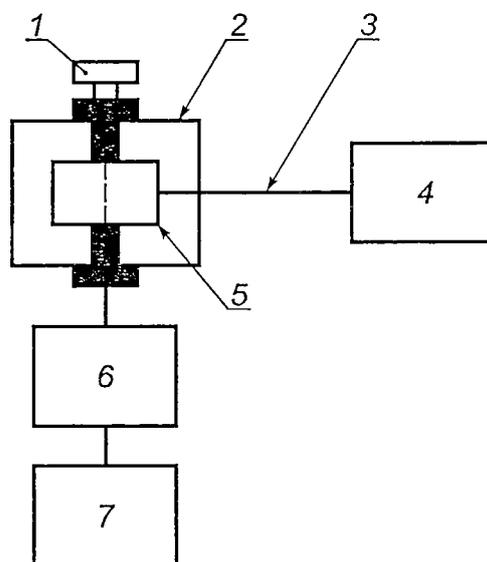
в) подготовить установку для проведения испытаний после калибровки:

1) собрать испытательную установку в соответствии с рисунком 24;

2) охватить инжектором тока и датчиком тока кабельный ИБО;

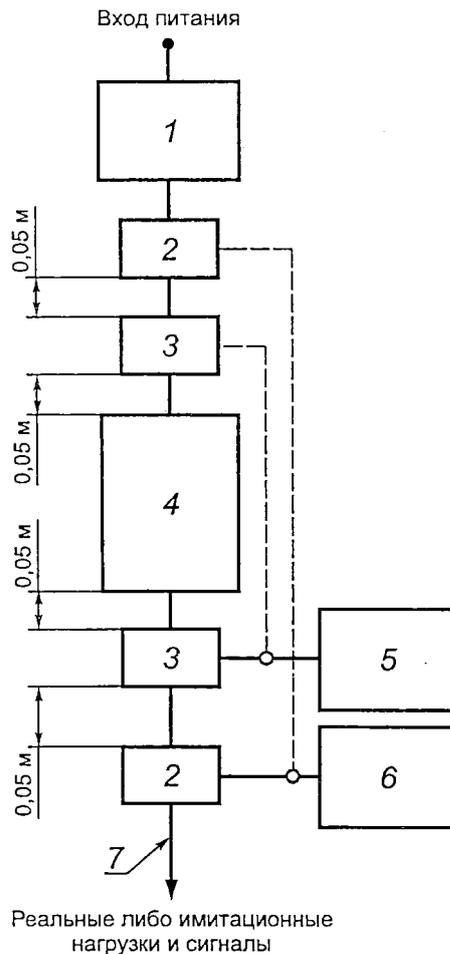
3) расположить датчик тока на расстоянии 5 см от соединителя. Если длина соединителя больше 5 см, то датчик тока расположить как можно ближе к корпусу соединителя;

4) разместить инжектор тока на расстоянии 5 см от датчика тока.



1 — коаксиальная нагрузка; 2 — приспособление для калибровки; 3 — силовой кабель; 4 — генератор затухающих переходных процессов с синусоидальной формой волны; 5 — инжектор; 6 — аттенюатор; 7 — осциллограф запоминающий.

Рисунок 23 — Схема установки для калибровки формы волны воздействующего сигнала (методика ВП4)



1 — ЭС; 2 — инжектор; 3 — датчик тока;
 4 — ИБО; 5 — осциллограф запоминающий;
 6 — генератор затухающих синусоидальных
 сигналов; 7 — соединительные кабели

Рисунок 24 — Схема установки для
 воздействия затухающих
 синусоидальных переходных
 процессов на кабели линий связи и
 цепи питания (методика ВП4)

6.5.3 Порядок испытаний

6.5.3.1 Включают средства измерений и вспомогательное оборудование и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы.

6.5.3.2 Проводят калибровку, пользуясь установкой, указанной на рисунке 23:

- а) устанавливают частоту генератора затухающих синусоидальных колебаний, равной 10 кГц;
- б) регулируют амплитуду сигнала от генератора затухающих синусоидальных колебаний до уровня, установленного в 5.4.2;
- в) регистрируют установочные параметры генератора затухающих синусоидальных колебаний;
- г) проверяют соответствие формы волны требованиям 5.4.2;
- д) повторяют операции, приведенные в перечислениях б) — г) 6.5.3.2 для каждой частоты, установленной в требовании, и частот, определенных в 5.4.2;
- е) повторяют операции, приведенные в перечислении б) 6.5.3.2 на каждом кабельном жгуте.

6.5.3.3 Проводят испытание ИБО, выполнив на испытательной установке ниже указанные испытательные процедуры на каждом кабельном жгуте от каждого электрического соединителя, установленного на

блоке ИБО, включая провода питания (силовые и обратные провода), а на жгуте кабелей питания — за исключением обратных проводов:

- а) включают ИБО, средства измерений и вспомогательное оборудование и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы;
- б) настраивают генератор затухающей синусоиды на заданную испытательную частоту;
- в) подают испытательные сигналы на каждый кабельный жгут или провод питания ИБО последовательно. Медленно увеличивают выходной уровень генератора затухающих синусоидальных колебаний, чтобы установить заданный ток, но не превысить предварительно откалиброванный выходной уровень генератора. Регистрируют полученное максимальное значение тока;
- г) контролируют ухудшение качества функционирования ИБО в течение испытания;
- д) если восприимчивость возникает, то определяют порог восприимчивости в соответствии с 6.1.10.7, убедившись, что он выше установленного предела;
- е) повторяют операции по перечислениям б) — д) 6.5.3.3 для каждой испытательной частоты, как установлено требованиями.

6.5.4 Представление результатов испытаний

Результаты испытаний должны содержать:

- список частот и амплитуд, при которых проводили испытание для каждого кабельного жгута и провода питания;
- пороги восприимчивости и соответствующие частоты, которые были определены для каждого кабельного жгута и провода питания;
- сведения о соответствии требованиям настоящего стандарта восприимчивости, установленной в перечислении д) 6.5.3.3, для каждого кабельного жгута и провода питания;
- фотографии с экрана осциллографа введенных испытательных сигналов с информацией о результатах испытания.

6.6 Методика измерения восприимчивости к воздействию излучения электрического поля в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц на блоки и соединительные провода (методика ВИ1)

6.6.1 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Генератор сигналов высокочастотный: диапазон рабочих частот, МГц относительная погрешность установки частоты, %, не более выходное напряжение, В, не менее относительная погрешность установки напряжения, дБ, не более выходное сопротивление, Ом	2—18000 2 1 2 50
2 Усилитель мощности: диапазон рабочих частот, МГц входное/выходное сопротивление, Ом коэффициент усиления, дБ мощность, Вт	2—18000 50 50 300—800
3 Приемная рупорная измерительная антенна в диапазоне частот, ГГц	От 1 до 18 включ.
4 Передающая измерительная антенна в диапазоне частот: ТЕМ-камера, МГц биконическая, МГц логопериодическая, МГц рупорная, ГГц	От 2 до частоты первого объемного резонанса f_1 Св. 20 до 200 включ. Св. 200 до 1000 включ. Св. 1 до 18 включ.
5 Датчики электрического поля: диапазон частот, МГц диапазон напряженности поля, В/м направленные свойства	2—18000 1—300 Изотропно

Окончание таблицы 8

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
6 Измерительный приемник или анализатор спектра: диапазон рабочих частот, МГц пределы измерений уровня входного сигнала, дБмВт относительная погрешность установки частоты, %, не более погрешность измерения, дБ, не более входное сопротивление, Ом	2—18000 От минус 90 до плюс 30 2 2 50
7 Измеритель мощности: диапазон рабочих частот, МГц входная мощность, дБмВт погрешность измерения, дБ, не более входное сопротивление, Ом	2—18000 0—40 2 50
8 Направленный ответвитель: диапазон частот, МГц входное/выходное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт направленность, дБ, не менее переходное ослабление, дБ	2—18000 50 300—800 20 10—30
9 Атенюаторы: входное полное сопротивление, Ом ослабление, дБ, не менее	50 20
10 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319

6.6.2 Порядок подготовки к проведению испытаний

6.6.2.1 Для подготовки испытательной установки необходимо:

- а) собрать испытательную установку, как показано на рисунках 8—10, с учетом требований 6.1.9;
- б) собрать испытательную установку в соответствии с рисунком 25;
- в) подготовить установку для калибровки измерительного тракта:
 - 1) для калибровки электрического поля использовать датчик электрического поля на диапазон частот от 2 МГц до 1 ГГц. Датчики поля или приемные антенны могут использоваться на частотах и выше 1 ГГц (см. таблицу 8, пункты 3 и 5);
 - 2) разместить датчики поля на верхних стенках ИБО напротив передающих антенн и минимум на 30 см выше экранирующей плоскости, как показано на рисунках 26 и 27. Датчики поля не должны располагаться непосредственно на углах или гранях ИБО;
 - 3) разместить приемные антенны в соответствии с перечислением б) 6.6.2.1. До размещения ИБО установить приемную антенну, как показано на рисунке 28, на диэлектрической подставке в позиции и на высоте, при которых центр ИБО будет расположен выше экранирующей плоскости;
 - 4) расстояние B в метрах между антеннами (см. рисунок 27) вычисляются по формуле

$$B = \frac{A}{N}, \quad (3)$$

где A — расстояние между краями испытательной установки, которое должно быть больше 3 м; N — количество позиций антенны и датчика электрического поля;

г) провести испытание ИБО:

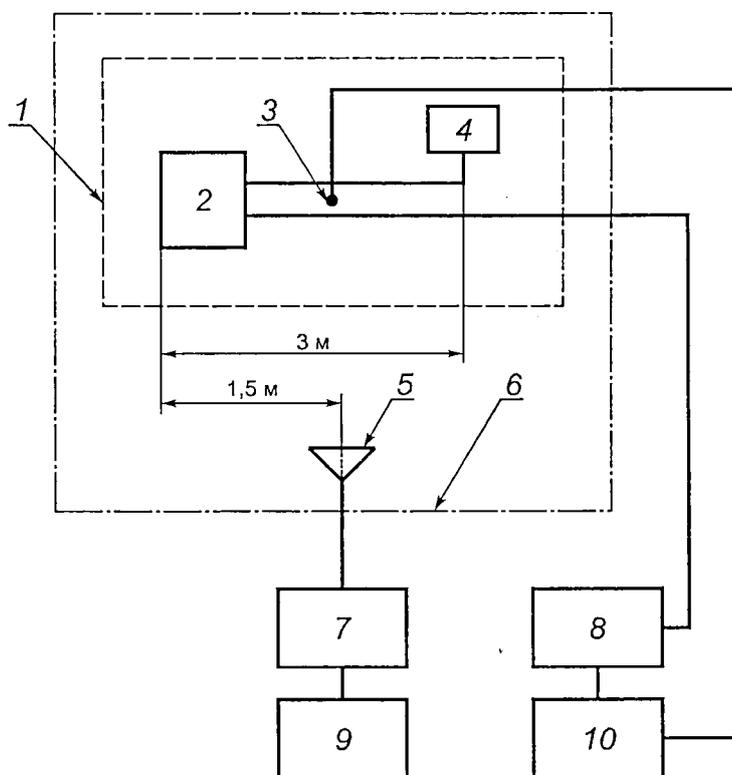
- 1) разместить передающие антенны на расстоянии 1 м от границы испытательной установки следующим образом:

- для частот от 2 до 200 МГц и размеров испытательной установки меньше 3 м антенну установить посередине между краями границы испытательной установки. На поверхности во внутренних пределах границы разместить все блоки ИБО и двухметровые отрезки подвергаемых воздействию соединительных проводов и проводов питания, соответствующих требованиям 6.1.9.6—6.1.9.8. Приемлемы соединительные провода короче 2 м, если они представляют фактическую инсталляцию ЛА;

- для частот от 2 до 200 МГц включительно и размеров испытательной установки больше 3 м необходимо использовать несколько позиций антенны N с разносом, показанным на рисунке 27. Количество позиций антенны N определяется делением расстояния между краями границ в метрах на 3 и округлением в большую сторону до целого числа;

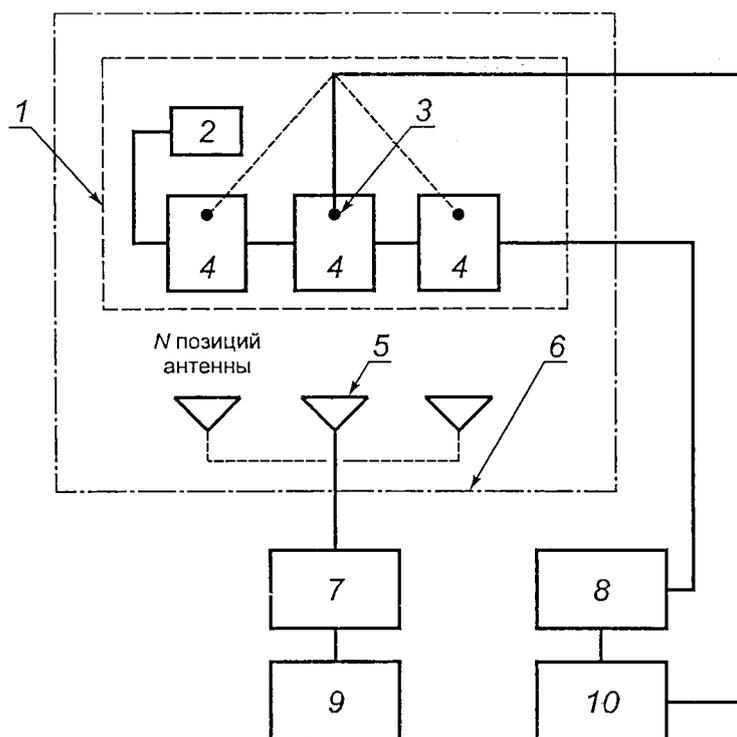
- для частот свыше 200 МГц может потребоваться несколько позиций антенны, как показано на рисунке 26. При этом необходимо при испытаниях на частотах от 200 МГц до 1 ГГц включительно антенну располагать на достаточном числе позиций так, чтобы полная ширина каждого блока ИБО и первые 35 см кабелей и проводов, подсоединенных к корпусу ИБО, попадали в зону основного лепестка диаграммы направленности антенны, а при испытаниях на частотах свыше 1 ГГц антенну размещают на достаточном числе позиций так, чтобы полная ширина каждого блока ИБО и первые 7 см кабелей и проводов, подсоединенных к блоку ИБО, попадали в зону основного лепестка диаграммы направленности антенны.

2) расположить датчики электрического поля в соответствии с перечислением в) 2) 6.6.2.1.



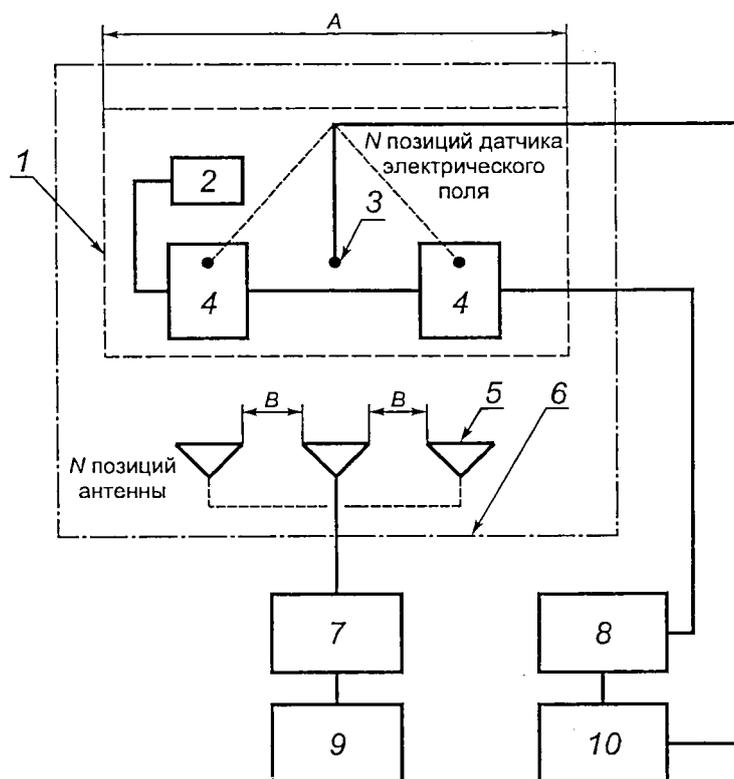
1 — границы испытательной установки; 2 — ИБО; 3 — датчик электрического поля; 4 — ЭС; 5 — антенна; 6 — экранированная безэховая камера; 7 — РЧ усилители; 8 — имитационное оборудование и устройства контроля; 9 — источник сигнала; 10 — дисплей датчика электрического поля

Рисунок 25 — Схема испытательной установки (методика ВИ1)



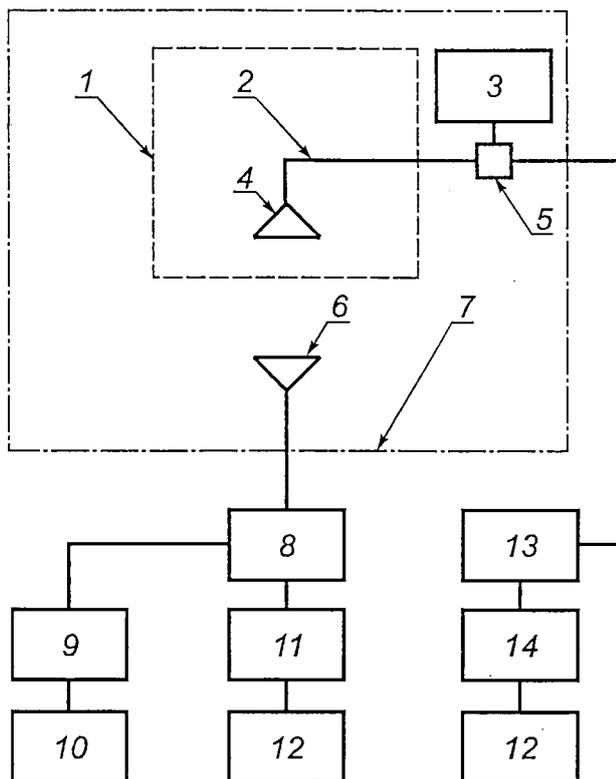
1 — границы испытательной установки; 2 — ЭС; 3 — датчик электрического поля; 4 — ИБО; 5 — антенна; 6 — экранированная безэховая камера; 7 — РЧ усилители; 8 — имитационное оборудование и устройства контроля; 9 — источник сигнала; 10 — дисплей датчика электрического поля

Рисунок 26 — Расположение измерительной антенны в диапазоне частот свыше 200 МГц (методика ВИ1)



1 — границы испытательной установки; 2 — ЭС; 3 — датчик электрического поля; 4 — ИБО; 5 — антенна; 6 — экранированная безэховая камера; 7 — РЧ усилители; 8 — имитационное оборудование и устройства контроля; 9 — источник сигнала; 10 — дисплей датчика электрического поля

Рисунок 27 — Расположение измерительной антенны для N позиций датчика поля (методика ВИ1)



1 — границы испытательной установки; 2 — коаксиальный кабель; 3 — генератор сигналов; 4 — приемная измерительная антенна; 5 — направленный ответвитель; 6 — передающая измерительная антенна; 7 — экранированная безэховая камера; 8 — направленный ответвитель; 9 — РЧ усилитель; 10 — источник сигнала; 11 — измеритель мощности; 12 — регистратор данных; 13 — аттенюатор; 14 — измерительный приемник

Рисунок 28 — Схема для контроля поля приемной антенной на частотах от 1 до 18 ГГц (методика ВИ1)

6.6.3 Порядок испытаний

6.6.3.1 Включают средства измерений, вспомогательное оборудование и ИБО и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы.

6.6.3.2 Проверяют, нет ли на испытательной площадке потенциальной опасности РЧ излучений и предпринимают необходимые меры предосторожности для безопасности персонала, проводящего испытания, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.006.

6.6.3.3 Проводят калибровку:

а) регистрируют показанную на индикаторе датчика электрического поля амплитуду внешних по отношению к ИБО ЭМП;

б) используют (для частот свыше 1 ГГц) метод приемной антенны:

1) подсоединяют генератор сигналов к коаксиальному кабелю в точке подключения приемной антенны (антенна удалена). Настраивают источник сигнала на выходной уровень в 0 дБм на самой высокой частоте, которая должна быть использована в собранной испытательной установке. Настраивают измерительный приемник на частоту источника сигнала;

2) убеждаются, что отсчет выходного сигнала находится в пределах ± 3 дБ от подаваемого сигнала с учетом всех соответствующих потерь. Если обнаружены большие отклонения, то определяют источник погрешности и исправляют неточность до продолжения испытания;

3) подключают приемную антенну к коаксиальному кабелю, как показано на рисунке 28. Устанавливают импульсную модуляцию источника сигналов частотой 1 кГц с коэффициентом заполнения 0,5.

Используя подходящие по характеристикам передающую антенну и усилитель, устанавливают для испытаний начальную частоту электрического поля. Постепенно увеличивают уровень электрического поля до тех пор, пока он не достигнет необходимой нормы;

4) сканируют частотный диапазон испытания и регистрируют необходимые для поддержания требуемой в соответствии с 5.5.2 напряженности поля уровни мощности на входе передающей антенны;

5) повторяют операции по перечислению б) 1) — 4) 6.6.3.3 во всех случаях, когда изменяется испытательная установка или заменяется антенна.

6.6.3.4 Проводят испытание ИБО:

а) при использовании метода датчика электрического поля:

1) осуществляют импульсную модуляцию источника сигналов частотой 1 кГц с коэффициентом заполнения 0,5. Используя подходящую передающую антенну и усилитель, для испытаний устанавливают начальную частоту электрического поля. Постепенно увеличивают уровень электрического поля до тех пор, пока он не достигнет требуемой нормы;

2) сканируют частоту в требуемых диапазонах со скоростями и шагами по частоте, как указано в таблице 3. Поддерживают уровни напряженности поля в соответствии с требуемой нормой. Наблюдают за качеством функционирования ИБО;

б) при использовании метода приемной антенны:

1) удаляют приемную антенну и устанавливают ИБО в соответствии с перечислением а) 6.6.2.1;

2) устанавливают импульсную модуляцию источника сигналов частотой 1 кГц с коэффициентом заполнения 0,5. Используя подходящую передающую антенну и усилитель, для испытаний устанавливают начальную частоту электрического поля. Постепенно увеличивают уровень электрического поля до тех пор, пока он не достигнет необходимого уровня, зарегистрированного в процессе калибровки;

3) сканируют частоту в требуемых диапазонах со скоростями и шагами по частоте, как указано в таблице 3, одновременно проверяя, правильно ли установлена выходная мощность передатчика в соответствии с данными калибровки. Постоянно наблюдают за качеством функционирования ИБО;

в) если будет замечено нарушение работоспособности ИБО, то определяют порог восприимчивости в соответствии с 6.1.10.7, убедившись, что он выше требования настоящего стандарта;

г) проводят испытания во всем требуемом частотном диапазоне с вертикально поляризованной передающей антенной. Повторяют испытания на частотах выше 30 МГц с горизонтально поляризованной передающей антенной.

6.6.3.5 Действия, проведенные в 6.6.3.4, повторяют для каждой позиции передающей антенны, соответствующей г) 6.6.2.1.

6.6.4 Представление результатов испытаний

Результаты испытаний должны содержать:

- графические или табличные данные, демонстрирующие частотные диапазоны и уровни напряженности поля при испытаниях;

- графические или табличные данные, полученные при калибровке, для учета зависимости требований к входной мощности от частоты, и результаты калибровки согласно перечислениям б) 3) — 4) 6.6.3.3;

- поправочные коэффициенты, необходимые для пересчета выходных показателей датчика поля в эквивалентные отсчеты при пиковом детектировании модулированных колебаний;

- графики или таблицы с найденными порогами восприимчивости вместе с соответствующими частотами;

- схемы или фотографии реальной испытательной установки.

Приложение А
(рекомендуемое)

**Альтернативные методики измерения восприимчивости бортового оборудования
к воздействию полей излучения в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц
с помощью ТЕМ-, ГТЕМ- и РТЕМ-камер**

Наиболее эффективными средствами проведения испытаний БО на восприимчивость к полям излучения служат ТЕМ-камера, ГТЕМ-камера и РТЕМ-камера. Они позволяют получить максимальную напряженность поля излучения при минимальной мощности источника сигнала. Особенно перспективным средством для проведения широкополосных испытаний (в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц) по восприимчивости БО к полям излучения является РТЕМ-камера, которая представляет собой несимметричную ТЕМ-камеру, внутри которой расположены механические смесители для настройки характеристик высших типов волн — мод.

Первый объемный резонанс РТЕМ-камеры f_1 зависит от размеров камеры и обычно расположен в диапазоне от 90 до 150 МГц.

В диапазоне частот от 10 кГц до частоты первого объемного резонанса f_1 РТЕМ-камера работает в режиме генерации плоской волны типа ТЕМ.

На частотах от f_1 до $(3—5)f_1$ РТЕМ-камера работает в переходном режиме, где наряду с основной ТЕМ-волной появляются и высшие типы волн, но их количество еще не достаточно для обеспечения полноценного реверберационного режима. Минимальная частота f_n , выше которой обеспечивается полноценный реверберационный режим работы камеры, является граничной частотой режима реверберации. В переходном режиме, ниже f_n , объемные резонансы и высшие типы волн искажают структуру ТЕМ-волны, что ограничивает частотный диапазон применения камеры частотой первого объемного резонанса. Подавить высшие типы волн и объемные резонансы в этом частотном диапазоне можно введением в корпус камеры панелей из РЧ поглощающего материала. Эти панели не влияют на характеристики камеры в низкочастотном диапазоне, но обеспечивают режим генерации одной основной ТЕМ-волны в требуемой расширенной полосе частот от 10 кГц до пятикратной частоты первого объемного резонанса камеры.

При проведении испытаний на частотах выше граничной частоты f_n РЧ поглощающие панели удаляют из камеры и камера работает в режиме излучения многомодового электромагнитного поля, то есть переходит в реверберационный режим работы. В этом режиме управление структурой поля в камере осуществляют с помощью специальных механических смесителей мод — тюнеров. Таким образом, реверберационная ТЕМ-камера позволяет выполнить весь необходимый объем испытаний по восприимчивости ИБО к полям излучения.

Применение РТЕМ-камеры ограничено размерами ИБО:

- объем ИБО не должен превышать 8—10 % от объема камеры;
- высота ИБО, как правило, не должна превышать $1/3$ от расстояния между центральным электродом и полом камеры;
- ИБО располагают в камере на расстоянии не менее $\lambda_{\text{макс}}/5$ от стен, тюнера и антенн (где $\lambda_{\text{макс}}$ — максимальная длина волны испытываемого сигнала).

Конфигурация и размеры камеры приведены в приложении В.

А.1 Методика измерения восприимчивости к воздействию полей излучения в диапазоне частот от 2 МГц до граничной частоты реверберационного режима РТЕМ-камеры

А.1.1 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Генератор сигналов высокочастотный: диапазон рабочих частот, МГц	2—(300—500)
относительная погрешность установки частоты, %, не более	2
выходная мощность, дБмВт, не менее	17
относительная погрешность установки выходной мощности, дБ, не более	2
выходное сопротивление, Ом	50

Окончание таблицы А.1

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
2 Усилитель мощности: диапазон частот, МГц выходная мощность, Вт, не менее выходное сопротивление, Ом	2—400 800 50
3 Направленный ответвитель: диапазон частот, МГц входное/выходное сопротивление, Ом максимальная входная мощность, Вт, не менее направленность, дБ, не менее переходное ослабление, дБ	2—400 50 800 20 10—30
4 Коаксиальные нагрузки: входное полное сопротивление, Ом мощность, Вт, не менее	50 800
5 Измеритель мощности с диапазоном рабочих частот, МГц	2—400
6 Измеритель напряженности поля: диапазон частот, МГц диапазон измерений, В/м	2—400 1—300
7 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319
8 РТЕМ-камера* с диапазоном рабочих частот, МГц	2—400
* Используется для испытаний малогабаритного испытуемого оборудования с размерами не более $d/3$, приведенными на рисунке А.1.	

А.1.2 Подготовка испытательной установки

А.1.2.1 Измерительную установку собирают в соответствии с рисунком А.1.

А.1.2.2 В РТЕМ-камеру помещают РЧ поглощающие панели, подавляющие объемные резонансы на частотах ниже граничной f_n .

А.1.2.3 ИБО размещают на диэлектрической подставке в центре камеры (толщина подставки должна обеспечивать размещение БО в центре между пластиной и дном камеры) и надежно заземляют. ИБО размещают таким образом, чтобы силовые линии испытательного поля наиболее сильно взаимодействовали с апертурами корпуса и проводниками печатных плат. Если сторона наибольшей восприимчивости ИБО к полям излучения неизвестна, то испытания повторяют для трех ортогональных позиций размещения и выбирают наилучший результат.

А.1.2.4 Соединительные кабели ИБО укладывают на диэлектрическую подставку (например, пенопласт толщиной 5 см) днища камеры и через специально оборудованный заградительный волновод выводят за ее пределы. Малогабаритные датчики оборудования размещают внутри камеры, а имитационную аппаратуру — вне камеры.

А.1.2.5 Напряженность поля в рабочем объеме ТЕМ-камеры $E_{\text{ТЕМ}}$, В/м, измеряют с помощью измерителя плотности потока мощности (например, типа ПЗ—31) или рассчитывают по формуле

$$E_{\text{ТЕМ}} = \frac{\sqrt{P_n R}}{d}, \quad (\text{А.1})$$

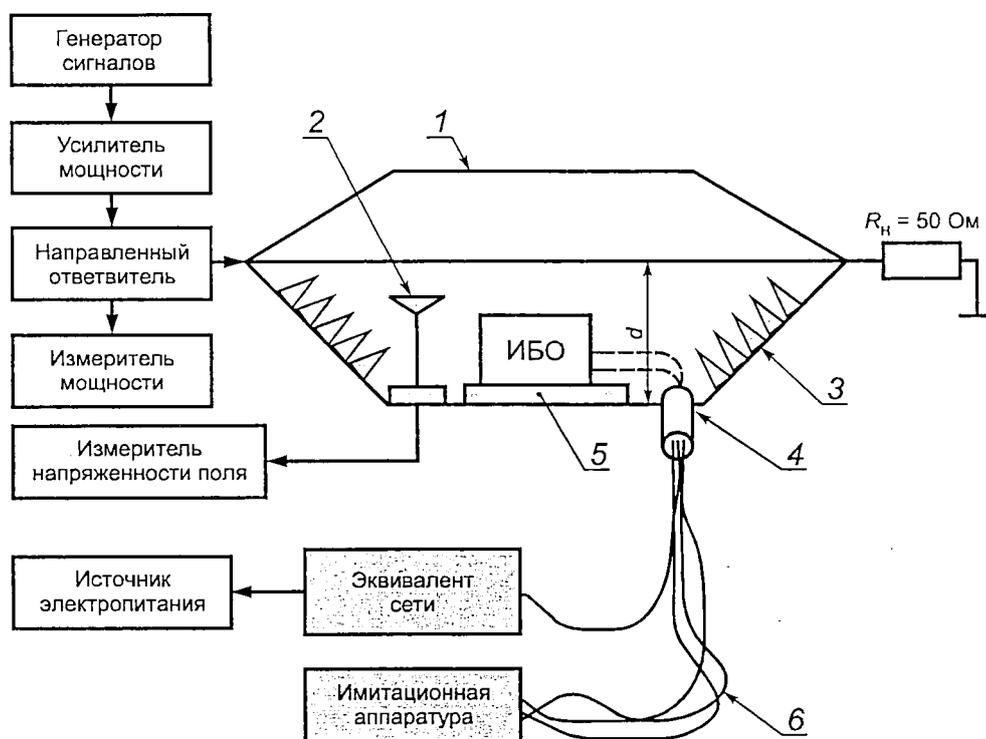
где P_n — полная активная мощность, Вт; R — действительная часть характеристического сопротивления камеры (если не оговорено особо, то $R_n = 50$ Ом); d — расстояние между внутренним и внешним проводниками ТЕМ-камеры, м.Полную активную мощность P_n , подводимую к ТЕМ-камере, вычисляют по формуле

$$P_n = CRf P_{\text{пад}} - CRr P_{\text{отр}}, \quad (\text{А.2})$$

где CRf , CRr — коэффициенты передачи прямой и отраженной волны НО; $P_{\text{пад}}$, $P_{\text{отр}}$ — показатели измерителей мощности падающей и отраженной волн.

Напряжение сигнала на входе TEM-камеры $U_{вх}$, В, рассчитывают по формуле

$$U_{вх} = \sqrt{P_{п}R} \quad (A.3)$$



1 — РТЕМ-камера; 2 — измерительная антенна; 3 — РЧ поглощающий материал; 4 — волновод;
5 — диэлектрическая подставка; 6 — соединительные кабели

Рисунок А.1 — Структурная схема установки для испытаний восприимчивости БО в РТЕМ-камере

А.1.3 Проведение испытаний

При проведении испытаний в TEM-камере на контролируемых частотах на выходе источника сигнала устанавливают напряжение с учетом формул (А.1) — (А.3).

Испытания проводят путем перестройки частоты генератора в диапазоне частот от 2 до 400 МГц. Сканируют частоту в требуемых диапазонах со скоростями и шагами по частоте, как указано в таблице 3 настоящего стандарта, одновременно проверяя, правильно ли установлена выходная мощность генератора в соответствии с данными калибровки. Необходимо постоянно наблюдать, не проявляется ли восприимчивость в ухудшении качества функционирования ИБО и нарушении его работоспособности.

А.1.4 Оценка результатов испытаний

Оборудование считается выдержавшим испытания при воздействии электромагнитного поля в диапазоне частот от 2 МГц до граничной частоты реверберации камеры $f_{п}$, если не нарушается его работоспособность.

А.2 Методика измерения восприимчивости к воздействию полей излучения в диапазоне частот от граничной частоты реверберационного режима РТЕМ-камеры до 18 ГГц

А.2.1 РТЕМ-камера может эксплуатироваться в двух основных режимах работы:

- в режиме настроенных мод, который характеризуется прерывистым (шаговым) вращением смесителя мод. В зависимости от частоты испытательного сигнала число позиций смесителя за один полный оборот может колебаться от 12 до 200 и более;

- в режиме смешанных мод (в настоящем стандарте не применяется), который характеризуется непрерывным вращением смесителя мод. Скорость вращения определяется инерционностью испытуемого оборудования и измерительных приборов. Так, при плавном вращении тюнера на зафиксированной частоте время, в течение которого напряженность поля камеры $E_{макс}$ изменяется в пределах ± 3 дБ, должно быть больше, чем инерционность ИБО.

А.2.1.1 Данная методика может заменить методику ВИ1, описанную в 6.6 настоящего стандарта, и является альтернативной в частотном диапазоне от граничной частоты реверберационного режима РТЕМ-камеры* до 18 ГГц. Нижний частотный предел зависит от размера реверберационной камеры.

Для камеры прямоугольной формы число типов волн N , существующих в этой камере на частоте f , вычисляются по формуле

$$N = \frac{8\pi}{3} abd \frac{f^3}{c^3}, \quad (\text{A.4})$$

где a, b, d — внутренние размеры камеры, м;

f — рабочая частота, Гц;

c — скорость распространения волн, равная $(3 \cdot 10^8)$ м/с.

Камеру разрешается использовать на частотах, где число N больше 60.

Для камер другой конфигурации (например, РТЕМ-камеры, приведенной на рисунке А.4) N рассчитывают по формуле

$$N = \frac{8\pi}{3} V_{\text{эк}} \frac{f^3}{c^3}, \quad (\text{A.5})$$

где $V_{\text{эк}}$ — эквивалентный объем камеры.

Заданное число типов волн, как правило, обеспечивается на частотах, в 3—5 раз превышающих частоту первого объемного резонанса камеры $f_{\text{рез1}}$. Для камеры прямоугольной формы $f_{\text{рез1}}$, МГц, можно рассчитывать по формуле

$$f_{\text{рез1}} = 150 \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{1}{b}\right)^2}, \quad (\text{A.6})$$

где a и b — размеры наибольших сторон камеры, м.

В высокочастотной части переходной зоны на частотах $3f_{\text{рез1}} < f < 5f_{\text{рез1}}$ камеру допускается эксплуатировать только в режиме настроенных мод. Режим смешанных мод допускается применять на частотах выше пятикратной частоты первого объемного резонанса, где обеспечивается заданное число типов волн (в настоящем стандарте этот режим не рассматривается). Режим работы камеры и конкретные значения параметров вращения смесителя должны быть отражены в отчете об испытаниях.

А.2.2 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения испытаний, приведены в таблице А.2.

Таблица А.2

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
1 Генератор синусоидальных сигналов: диапазон рабочих частот, МГц относительная погрешность установки частоты, %, не более выходное напряжение, В, не менее относительная погрешность установки напряжения, дБ, не более выходное сопротивление, Ом мощность, дБмВт, не менее	(300—500)*—18000 2 1 2 50 17
2 Усилители мощности: диапазон рабочих частот, МГц выходная мощность, Вт, не менее входная мощность, дБмВт, не более	300*—18000 4 0
3 Приемные измерительные антенны в диапазоне частот: широкополосный диполь, ГГц рупорные и другие антенны, ГГц	От 0,3 до 1,0 включ. Св. 1 до 18 включ.

* В режиме реверберации камеру можно применять, как правило, на частотах, в 3—5 раз превышающих первую резонансную частоту $f_n > (3—5)f_{\text{рез1}}$.

Окончание таблицы А.2

Средство измерений, вспомогательное оборудование и их основные параметры	Значение параметра
4 Передающие измерительные антенны в диапазоне частот: ТЕМ-камера, ГГц рупорные и другие антенны, ГГц	От 0,3 до 1,0 включ. Св. 1 до 18 включ.
5 Измеритель напряженности поля: диапазон частот, МГц диапазон измерений, В/м	300*—18000 1—300
6 Измерительный приемник: диапазон рабочих частот, МГц относительная погрешность установки частоты, %, не более пределы измерений уровня входного сигнала, дБмВт погрешность измерения, дБ, не более входное сопротивление, Ом	300*—18000 2 От минус 90 до плюс 30 2 50
7 Измеритель мощности: диапазон частот, МГц измеряемая мощность, мВт	300*—18000 10—10000
8 Направленный ответвитель: передаваемая мощность, Вт, не менее входное/выходное сопротивление, Ом направленность, дБ, не менее переходное ослабление, дБ	30 50 20 10—30
9 Атенюатор: входное/выходное сопротивление, Ом ослабление, дБ, не менее	50 20
10 Устройство регистрации данных	—
11 Эквивалент сети V-образный типа 4	По ГОСТ Р 51319
* Для камеры с $f_{рез1} = 100$ МГц.	

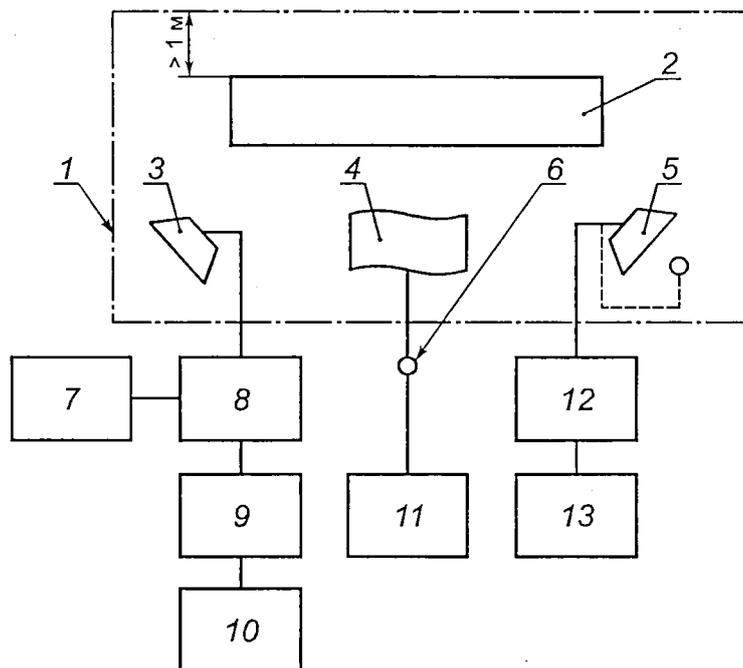
А.2.3 Подготовка испытательной установки

А.2.3.1 Устанавливают ИБО в РТЕМ-камеру, используя базовую испытательную установку для ИБО, как показано на рисунках 8—10, с учетом требований 6.1.9 настоящего стандарта. ИБО размещают в центре камеры на расстоянии от стен камеры, тюнера настройки мод и антенны, равном минимум $\lambda_{\max}/5$ м.

Примечание — В реверберационном режиме работы камеры испытания проводят при одной произвольной позиции ИБО.

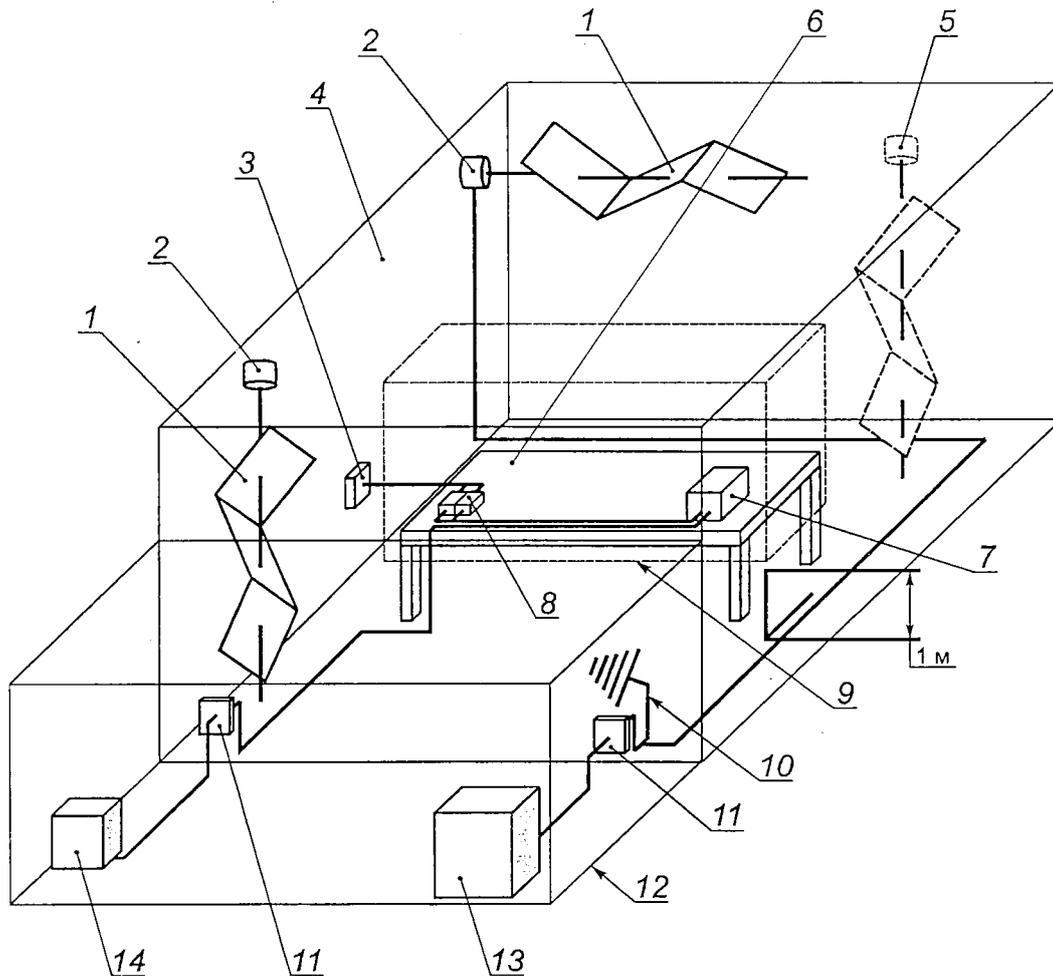
А.2.3.2 Собирают испытательную установку, как показано на рисунках А.2 и А.3. Структурная схема измерительной установки для использования ТЕМ-камеры в реверберационном режиме приведена на рисунке А.4. Подобную конфигурацию используют как во время испытаний ИБО, так и для калибровки. Передающие и приемные антенны должны присутствовать в камере во время калибровки и при испытаниях ИБО, включая метод калибровки с помощью датчика электрического поля. Неиспользуемые приемные антенны должны быть нагружены на 50 Ом.

А.2.3.3 Для калибровки электрического поля в диапазоне от 300 МГц до 1 ГГц требуются датчики электрического поля. На частотах свыше 1 ГГц можно использовать датчики поля или приемные антенны.



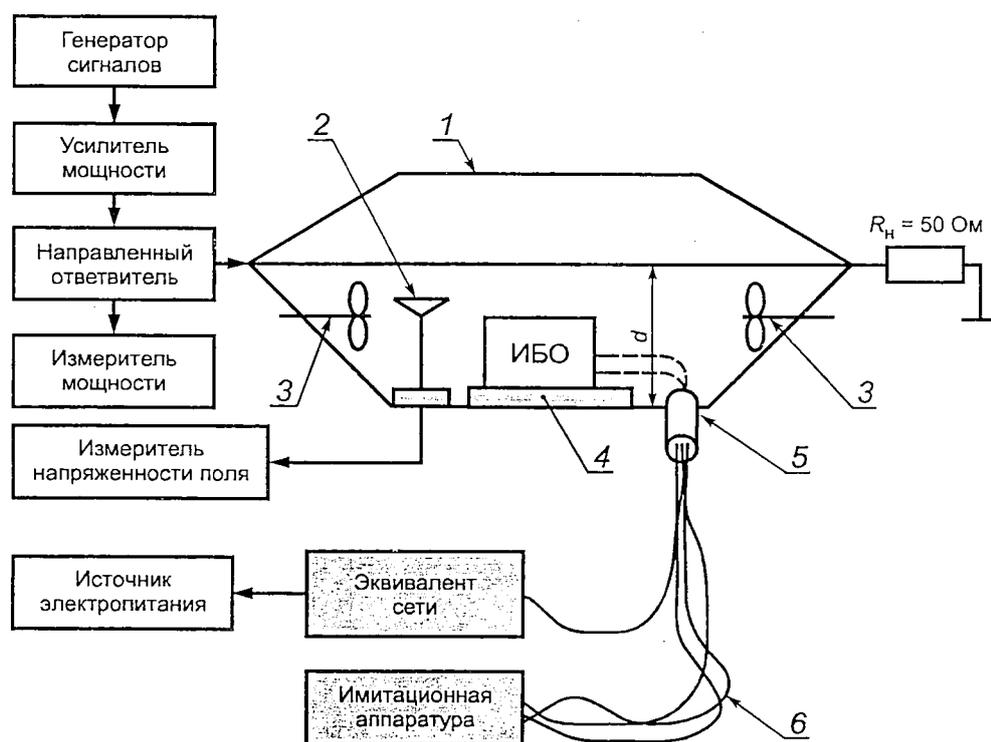
1 — РТЕМ-камера; 2 — границы установки ИБО; 3 — передающая измерительная антенна; 4 — тюнер; 5 — приемная измерительная антенна (устанавливают при необходимости) или датчик электрического поля; 6 — шаговый двигатель; 7 — измеритель мощности; 8 — направленный ответвитель; 9 — усилитель мощности; 10 — источник сигнала; 11 — управляющее устройство двигателя; 12 — аттенюатор или дисплей датчика электрического поля; 13 — измерительный приемник

Рисунок А.2 — Структурная схема установки с прямоугольной камерой (методика ВИ1)



1 — тюнер; 2 — приводной двигатель; 3 — сетевой фильтр входного питания; 4 — РТЕМ-камера прямоугольной формы; 5 — альтернативное положение тюнера; 6 — заземляющая пластина, электрически связанная с полом; 7 — ИБО; 8 — ЭС; 9 — область распространения однородного поля; 10 — антенна, генерирующая поле и направленная в угол камеры, где установлен тюнер; 11 — устройство вывода линий связи; 12 — неэкранированная сторона камеры; 13 — оборудование для генерации поля, а также устройство управления двигателем; 14 — оборудование по контролю ИБО, а также электрические нагрузки

Рисунок А.3 — Структурная схема размещения испытательной установки в камере прямоугольной формы



1 — РТЕМ-камера; 2 — измерительная антенна; 3 — тюнер; 4 — диэлектрическая подставка; 5 — волновод; 6 — соединительные кабели

Рисунок А.4 — Структурная схема для измерения восприимчивости БО в РТЕМ-камере от граничной частоты f_n до 18 ГГц

А.2.4 Порядок проведения испытаний

А.2.4.1 Для проведения калибровки с целью определения напряженности электрического поля, которая будет создана внутри камеры во время подачи в нее определенного количества РЧ энергии, используют следующие методы:

а) при использовании метода приемной антенны необходимо:

- 1) настроить источник РЧ, для того чтобы ввести соответствующую падающую (немодулированную) мощность в камеру на начальной частоте испытания;
- 2) измерить уровень на приемной антенне, используя измерительный приемник;
- 3) вращать тюнер настройки мод на 360° , используя минимальное число позиций, заданное в таблице А.3. Тюнер должен останавливаться на каждой позиции в течение периода, как минимум, в 1,5 раза большего, чем время отклика измерительного приемника;
- 4) зарегистрировать максимальную амплитуду полученного сигнала и рассчитать калибровочный коэффициент K , В/м, для напряженности поля, созданной внутри камеры, используя формулу

$$K = \frac{8\pi}{\lambda} \sqrt{5 \left(\frac{P_{r-\text{макс}}}{P_{\text{пад}}} \right)}, \quad (\text{А.7})$$

где λ — длина волны, м;

$P_{r-\text{макс}}$ — максимальная амплитуда мощности на принимающей антенне, Вт;

$P_{\text{пад}}$ — падающая (немодулированная) мощность, Вт;

5) следуя данной методике, использовать шаг по частоте, не более чем на 2 % превышающий предыдущую частоту, до тех пор, пока не будет достигнута частота в 1,1 раза большая начальной частоты. Далее продолжить данную процедуру с частотным шагом, не превышающим 10 % от предшествующей частоты;

б) при использовании метода датчика электрического поля необходимо:

1) настроить источник РЧ поля для введения соответствующей падающей (немодулированной) мощности в камеру на начальную частоту испытания;

2) вращать тюнер настройки мод на 360°, используя минимальное число позиций, заданных в таблице А.3 настоящего стандарта. Тюнер должен останавливаться на каждой позиции в течение периода, как минимум, в 1,5 раза большего, чем время отклика датчика;

3) зарегистрировать максимальную амплитуду на принимающей антенне от каждого элемента датчика для составляющих поля E_x , E_y и E_z и рассчитать калибровочный коэффициент K , В/м, для напряженности поля, созданной внутри камеры, по формуле

$$K = \sqrt{\frac{\left(\frac{E_{x-\max} + E_{y-\max} + E_{z-\max}}{3}\right)^2}{P_{\text{пад}}}}, \quad (\text{А.8})$$

где $E_{x-\max}$, $E_{y-\max}$, $E_{z-\max}$ — составляющие электрического поля, В/м;
 $P_{\text{пад}}$ — падающая (немодулированная) мощность, Вт;

4) следуя данной методике, использовать шаг по частоте, не более чем на 2 % превышающий предыдущую частоту, до тех пор, пока не будет достигнута частота в 1,1 раза большая начальной частоты. Далее продолжить данную процедуру с частотным шагом, не превышающим 10 % от предшествующей частоты.

Таблица А.3

Диапазон частот, МГц	Количество позиций тюнера
От 200 до 300 включ.	50
Св. 300 » 400 »	20
» 400 » 600 »	16
» 600	12

А.2.4.2 Проводят испытания, используя те же антенны, что и при калибровке в следующем порядке:

- включают средства измерений и вспомогательное оборудование и дают достаточное время для стабилизации их режимов работы;
- включают источник РЧ на начальной испытательной частоте с импульсной модуляцией 1 кГц и коэффициентом заполнения 0,5;
- рассчитывают количество РЧ мощности для создания необходимой напряженности поля, определяя разность между требуемой напряженностью поля и напряженностью поля, полученной во время калибровки. Настраивают пик падающей мощности в камере по данному значению. Используют интерполяцию между калибровочными точками.

П р и м е ч а н и е — Разность в децибелах одинакова для напряженности поля и для мощности вследствие существования квадратной зависимости между напряженностью поля и мощностью в вещественных числах;

- настраивают измерительный приемник для оценки сигнала в приемной антенне, удостоверившись, что электрическое поле присутствует;
- вращают тюнер настройки мод на 360°, используя минимальное количество позиций, заданных в таблице А.3. Тюнер должен останавливаться на каждой позиции периода, установленного в таблице А.3. При изменении положений тюнера поддерживают падающую мощность, требуемую для создания уровней поля на необходимой величине, определенной при калибровке;
- сканируют заданный частотный диапазон в соответствии с максимальными размерами шага по частоте и продолжительностью, установленными в таблице 3 настоящего стандарта. Контролируют характеристики ИБО относительно восприимчивости к воздействию полю излучения;
- если отмечена восприимчивость к воздействию, определяют порог восприимчивости в соответствии с 6.1.10.7 настоящего стандарта, убедившись, что он выше заданного предела.

А.2.5 Представление результатов испытаний

Результаты испытаний должны содержать:

- графические или табличные данные, показывающие частотные диапазоны и уровни напряженности поля при испытаниях;
- графические или табличные данные, полученные при калибровке, для учета зависимости требований к входной мощности от частоты и результаты калибровки в соответствии с перечислениями а) 4) А.2.4.1 и б) 3) А.2.4.1;
- поправочные коэффициенты, необходимые для пересчета выходных показателей датчика поля в эквивалентные отсчеты при пиковом детектировании модулированных колебаний;
- графики или таблицы с найденными порогами восприимчивости вместе с соответствующими частотами;

- схемы или фотографии с изображением реальной испытательной установки и указанием соответствующих размеров;
- базовые характеристики РТЕМ-камеры, подтверждающие ее исправность в испытательном частотном диапазоне.

А.3 Расчетно-экспериментальная методика испытаний бортового оборудования на восприимчивость к воздействию полей излучения в диапазоне частот от 2 МГц до 18 ГГц

А.3.1 Данную методику применяют в тех случаях, когда испытательная установка не может обеспечить заданную напряженность поля.

Расчетно-экспериментальная методика определения соответствия требованиям БО восприимчивости к полям излучения основана на проведении испытаний при снятом экранирующем корпусе. За счет этого интенсивность облучающего электромагнитного поля снижена по сравнению с требованиями 5.5.2 настоящего стандарта на величину эффективности экранирования корпуса. Эффективность экранирования электрической составляющей электромагнитного поля корпусом БО определяют по отдельной методике, которая должна быть приведена в отчете по результатам испытаний.

А.3.2 Испытания восприимчивости БО к полям излучения выполняют в следующей последовательности:

- экспериментально определяют восприимчивость электронного оборудования без корпуса к полям излучения по методике раздела А.1 или А.2, но при напряженности испытательного поля $E_{исп} < E_{тр}$ (где $E_{тр}$ — напряженность поля, заданная в 5.5.2 настоящего стандарта);
- величина $E_{исп}$ определяется реальными возможностями испытательной установки, однако не рекомендуется проводить испытания при напряженности поля менее 10 В/м.

Для удобства проведения испытаний весь частотный диапазон от 2 МГц до 18 ГГц разбивают на 11 поддиапазонов в соответствии с таблицей А.4. Оценку восприимчивости оборудования к полям излучения (без корпуса) выполняют последовательно для каждого поддиапазона. Если хотя бы на одной частоте оборудование восприимчиво к полям излучения, то весь поддиапазон считают восприимчивым к помехам.

Т а б л и ц а А.4

Поддиапазон	Диапазон частот, МГц	Поддиапазон	Диапазон частот, МГц
1	От 2 до 100 включ.	7	Св. 2000 до 4000 включ.
2	Св. 100 » 200 »	8	» 4000 » 6000 »
3	» 200 » 400 »	9	» 6000 » 8000 »
4	» 400 » 700 »	10	» 8000 » 12000 »
5	» 700 » 1000 »	11	» 12000 » 18000 »
6	» 1000 » 2000 »		

После проведения этого испытания в каждом поддиапазоне возможны два результата:

- электронное оборудование не восприимчиво к помехам излучения при напряженности испытательного поля $E_{исп}$. В этом случае испытания БО на восприимчивость в данном поддиапазоне заканчивают;
- электронное оборудование на отдельных частотах i -того поддиапазона восприимчиво к помехам излучения. В этом случае испытания БО на восприимчивость продолжают и определяют ту минимальную (пороговую) напряженность поля $E_{мин}$, при которой обеспечиваются заданные параметры качества функционирования БО внутри всего поддиапазона.

В результате получается ряд из j частотных поддиапазонов с пороговым значением восприимчивости более или равным $E_{исп}$ и ряд из i частотных поддиапазонов с пороговыми значениями $E_{мин}(f_i)$.

А.3.3 Эффективность экранирования корпуса БО, которую нужно будет подтвердить в дальнейшем для обеспечения соответствия заданной напряженности поля в 5.5.2 настоящего стандарта, вычисляют по формуле

$$Vp_{исп} = E_{тр} - E_{исп} \quad (A.9)$$

или

$$Vp_{мин}(f_i) = E_{тр} - E_{мин}(f_i), \quad (A.10)$$

где $Vp_{исп}$ — эффективность экранирования корпуса БО в диапазоне частот по 5.5.2, дБ;

$Vp_{мин}(f_i)$ — эффективность экранирования корпуса БО в каждом i -том поддиапазоне частот, дБ;

$E_{тр}$ — напряженность поля по 5.5.2 настоящего стандарта, дБВ/м;

$E_{исп}$ — порог восприимчивости БО без корпуса в диапазоне частот по 5.5.2 настоящего стандарта, дБВ/м;

$E_{мин}(f_i)$ — порог восприимчивости БО без корпуса в каждом из i -том и j -том поддиапазонах частот, дБВ/м.

А.3.4 Расчетно-экспериментальными методами доказывают соответствие эффективности экранирования электромагнитного поля корпусом БО в каждом i -том и j -том поддиапазонах значениям, рассчитанным по формулам (А.9) или (А.10). Метод доказательства зависит от величины экранирования корпуса, если:

- эффективность экранирования от 0 до 10 дБ можно подтверждать расчетными методами, не прибегая к измерениям;
- эффективность экранирования от 10 до 20 дБ можно подтверждать расчетно-экспериментальными методами;
- эффективность экранирования более 20 дБ подтверждают, как правило, экспериментальными методами.

Приложение Б
(рекомендуемое)

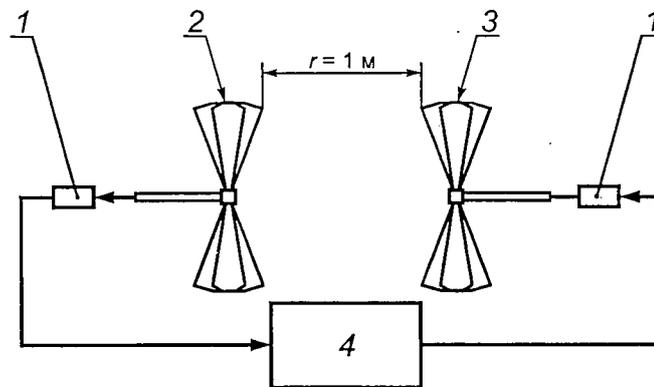
Методика измерения антенного фактора антенны в режиме приема и передачи

Б.1 Методика базируется на измерениях, выполняемых с помощью двух идентичных антенн.

Измерения должны проводиться на открытой площадке, в безэховой камере, в экранированной частично безэховой камере. Измерения выполняют в диапазоне частот от 30 до 1000 МГц с помощью анализатора спектра или измерительного приемника (далее — измеритель), имеющего встроенный синхронный генератор. Показания измерителя снимают в дискретных точках с шагом Δf :

- в диапазоне частот от 30 до 200 МГц $\Delta f = 10$ МГц;
- в диапазоне частот свыше 200 до 1000 МГц $\Delta f = 100$ МГц;
- на частотах свыше 1 ГГц $\Delta f = 1$ ГГц.

Б.2 Измерительную установку собирают в соответствии с рисунком Б.1, при этом излучающую антенну подключают к выходу "Генератор" измерителя, контрольную — к его входу.



1 — аттенюатор (10 дБ); 2 — биконическая контрольная антенна; 3 — биконическая излучающая антенна; 4 — измеритель и генератор

Рисунок Б.1 — Схема установки для измерения антенного фактора

Б.3 Измерения проводят в следующей последовательности:

- кабели отсоединяют от антенн и соединяют их между собой с помощью вставки. Измерителем определяют уровень напряжения $U_i(f)$ в децибелах относительно 1 мкВ, поступающий через кабели на вход приемника в заданном диапазоне частот;
- подсоединяют кабели к антеннам и ориентируют антенны друг на друга от максимальной индикации измеряемого сигнала;
- измерителем определяют уровень напряжения $U_r(f)$ в децибелах относительно 1 мкВ, создаваемый контрольной антенной на каждой частоте в контролируемом диапазоне;
- рассчитывают антенный фактор в режиме приема.

Б.4 Антенный фактор в режиме приема рассчитывают в следующей последовательности:

- для каждой частоты вычисляют разность измеренных напряжений $\Delta U_{(f)}$ по формуле

$$\Delta U_{(f)} = U_i(f) - U_r(f), \quad (\text{Б.1})$$

где $U_i(f)$ — уровень напряжения относительно 1 мкВ, поступающий через кабели на вход приемника в заданном диапазоне частот, дБ;

$U_r(f)$ — уровень напряжения относительно 1 мкВ, создаваемый контрольной антенной на каждой частоте в контролируемом диапазоне, дБ;

- определяют отношение напряжений $K1$ в размах по формуле

$$K1 = U_i(f)/U_r(f) = 10^{\Delta U_{(f)}/20}, \quad (\text{Б.2})$$

- определяют коэффициент усиления антенн $G(f)$ в размах по формуле

$$G(f) = \frac{4\pi(r/\lambda)}{K_1}, \quad (E)$$

где r — расстояние между излучающей и контрольной антеннами, м;

λ — длина волны, м;

- вычисляют антенный фактор $AF(f)$ в режиме приема по формуле

$$AF(f) = 20 \lg \frac{9,76}{\lambda \sqrt{G(f)}}. \quad (E)$$

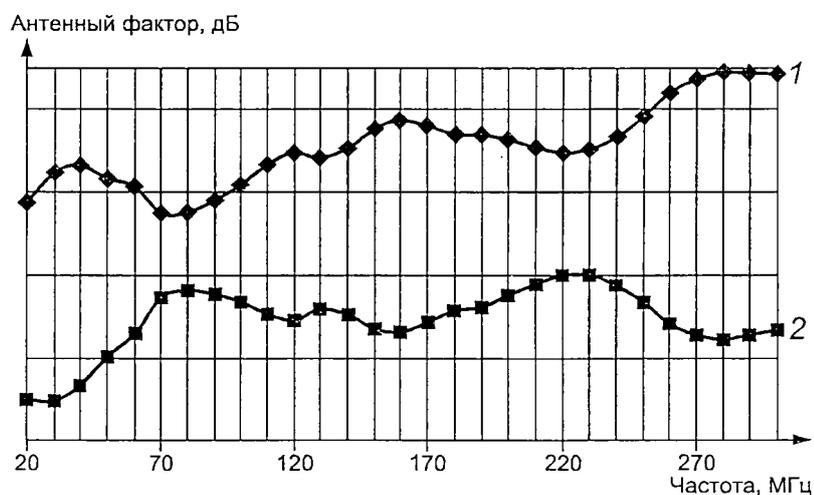
Б.5 Антенный фактор в режиме передачи $AFT(f)$ рассчитывают на основе полученных значений антенного фактора в режиме приема $AF(f)$ по формуле

$$AFT(f) = 20 \lg(f) - AF(f) - 32,0 - 20 \lg(r_m), \quad (E)$$

где r_m — расстояние между антеннами при измерении антенного фактора, м.

Б.6 По полученным данным строят графики зависимости антенных факторов от частоты.

Пример графиков зависимости антенных факторов от частоты для биконической антенны приведен на рисунке Б.2.



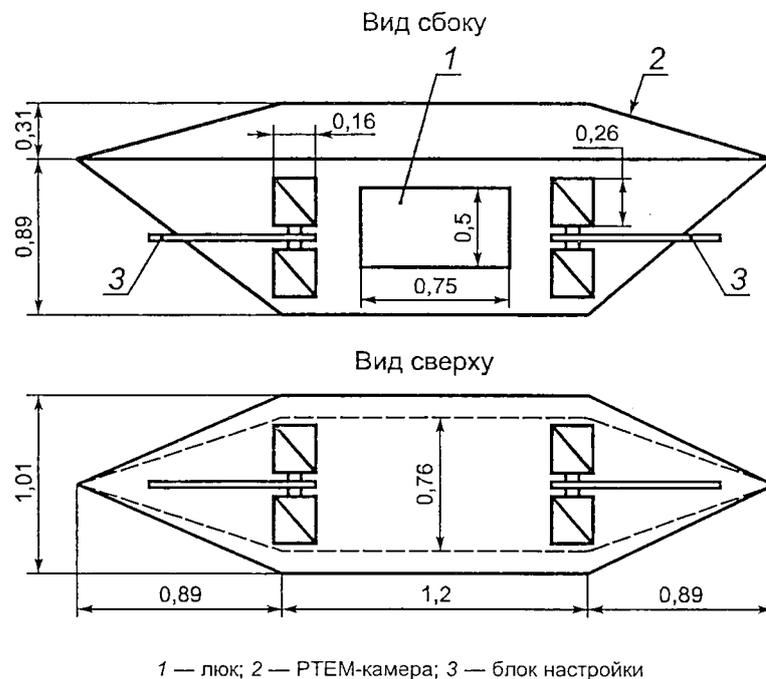
1 — антенный фактор биконической антенны HUF-Z2 в режиме приема $AF(f)$;
2 — антенный фактор биконической антенны HUF-Z2 в режиме передачи $AFT(f)$

Рисунок Б.2 — Графики зависимости антенных факторов от частоты для биконической антенны в режиме приема и передачи

Приложение В
(рекомендуемое)

Описание и применение РТЕМ-камеры

В.1 РТЕМ-камера разработана в национальном институте стандартов и технологии (NIST) США. Она служит интегральным средством для оценки восприимчивости малогабаритного БО к полям излучения в частотном диапазоне от 10 кГц до 18 ГГц. Устройство состоит из асимметричной ТЕМ-ячейки с размерами $1,01 \times 1,20 \times 2,98$ м и с двумя блоками настройки моды резонатора. Созданная на базе ТЕМ-линии передачи камера реализует характеристики реверберационной камеры для режимов настроенных мод и размещаемых мод. Такая интегрированная камера способна генерировать: ТЕМ-испытательное поле на частотах ниже, чем первая резонансная частота (ориентировочно 150 МГц), и многомодовые испытательные поля на частотах выше границы реверберационной зоны (обычно это частоты в 4—6 раз выше первой резонансной частоты). Эскиз камеры с основными размерами приведен на рисунке В.1.



1 — люк; 2 — РТЕМ-камера; 3 — блок настройки

Рисунок В.1 — Эскиз РТЕМ-камеры (размеры в метрах)

В.2 На частотах от первой резонансной частоты камеры до границы многомодового, реверберационного режима расположена переходная зона, где ТЕМ-поле искажено наличием высших типов волн. Но этих волн еще недостаточно (их менее 60) для формирования полноценного реверберационного режима, где число типов волн должно превышать 60, а лучше 100 типов.

Переходную зону можно использовать для работы в режиме ТЕМ-волны, подавив высшие типы волн и объемные резонансы с помощью съемных панелей радиопоглощающего материала. Этот материал не влияет на работу камеры в низкочастотном диапазоне (ниже первого резонанса) и расширяет область генерирования одной основной ТЕМ-волны до границы многомодового режима камеры. При работе на частотах выше границы многомодового режима панели поглощающего материала удаляют из камеры. Таким способом удается обеспечить непрерывную генерацию калиброванного испытательного поля в диапазоне частот от 10 кГц до 18 ГГц.

В.3 Камера разработана как линия передачи с импедансом 50 Ом. Ее высокая добротность обеспечивается тем, что она изготовлена из сварных элементов конструкции, выполненных из алюминиевых сплавов. Два блока настройки установлены в концах ячейки, как показано на рисунке В.1. Их используют для активного перераспределяющего отражения энергии, связанной с волнами более высоких режимов, возбужденных внутри ячейки в течение режима отражения.

Лопастей блоков настройки установлены под углами от 30 до 45 ° относительно стенок ячейки на стальные валы диска, которые связаны с точными шаговыми двигателями. Каждый блок настройки работает независимо

под управлением ЭВМ так, чтобы углы вращения блока настройки и позиции могли управляться индивидуально или в комбинации. Камера оборудована специальным шлюзом (в виде запердельного круглого волновода) для подводки соединительных линий и широкой крышкой смотрового люка размером $0,56 \times 0,75$ м, расположенной на ее лицевой панели. Испытательный объем в ячейке — часть центральной области между смесителями мод, дверью, полом и потолком. Размер пригодного для использования объема определен режимом работы. Для генерации ТЕМ-волны максимальный рекомендуемый испытательный объем — от $1/3$ до $1/2$ области, описанной выше. Для реверберационного режима испытательный объем — полный объем камеры минус области, расположенные на расстоянии приблизительно 20 см от центральной пластины, стенок и блоков настройки (или больше, или равно $1/6$ длины волны на частотах выше 300 МГц). Это дает испытательный объем приблизительно $0,5 \times 0,6 \times 0,6$ м для камеры, показанной на рисунке В.1.

Точность измерения параметров восприимчивости БО в РТЕМ-камере меньше, чем достигнуто в безэховой камере, но значительно лучше, чем при проведении испытаний в обычной экранированной камере.

Библиография

[1] Санитарные правила
и нормативы
СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383—03

Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радио-
технических объектов

ГОСТ РВ 6601 — 001 — 2008

УДК 629.735.052:621.391.82

КС ОП 6601

Ключевые слова: авиационное бортовое оборудование, испытуемое оборудование, электромагнитные помехи, восприимчивость, самолеты, вертолеты, радиоэлектронное и электротехническое оборудование

Редактор *И. И. Зайончковская*
Технический редактор *Н. С. Гришанова*
Корректор *С. В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 11.09.2008. Подписано в печать 22.12.2008. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 5,30. Тираж 220 экз. Зак. 42-ДСП.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.