

# Испытания на устойчивость к воздействию HIRF-полей

А. Петровичев<sup>1</sup>

УДК 608.4 | ВАК 05.11.01

В лаборатории ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» проводятся испытания бортового оборудования (БО) расчетно-экспериментальным методом на стойкость к HIRF-полям в соответствии со стандартом КТ-160. В настоящий момент проходит аттестацию реверберационная камера. По ее завершении лаборатория получит возможность проводить весь спектр проверок на стойкость к HIRF-полям, соответствующий требованиям КТ-160, обеспечивая результат, близкий к натурным испытаниям.

**Т**ема испытаний бортового оборудования на устойчивость к воздействию электромагнитных помех, наведенных излучаемым электромагнитным полем, хорошо освещена, но есть одна неочевидная проблема, с которой могут столкнуться как испытательные лаборатории, так и изготовители БО на стадии испытаний.

Проведение испытаний на соответствие требованиям основополагающего стандарта для военной и гражданской авиации (КТ-160) на первый взгляд не вызывает трудностей: методики есть и давно отработаны, существует и подходящее техническое оснащение.

При этом есть отдельная категория наведенных электромагнитных полей, известная под аббревиатурой HIRF – High-intensity Radiated Field (высокоинтенсивные излучаемые поля). В стандарте КТ-160 HIRF представлены для каждой категории испытываемого БО, их значения размещены в таблицах уровней воздействия второй колонкой. В качестве примера приведем конкретные значения: от 150 до 1400 В/м в диапазоне от 400 до 1000 МГц и от 500 до 7000 В/м в диапазоне выше 1000 МГц.

Стандартное оснащение лаборатории позволяет получить значения напряженности электромагнитного поля до 200 В/м на частотах до 1000 МГц и до 1000 В/м в гигагерцовом диапазоне. Повышение уровня напряженности поля в первом приближении является не самой просто решаемой задачей, однако на практике уже применяются методы проведения подобных испытаний.

## МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

Самым простым может показаться **метод прямого воздействия** поля соответствующей напряженности на испытываемое БО. Достаточно лишь взять подходящую антенну и усилитель мощности и подать воздействие...

Однако так просто это звучит лишь в теории. При попытке практической реализации такого метода

возникают проблемы, связанные с технической стороной вопроса. Подходящих антенн для таких испытаний может просто не оказаться, усилителей, которые могли бы дать соответствующее усиление, либо опять же не существует, либо они являются слишком дорогим удовольствием.

В качестве варианта можно рассматривать магнетроны, но каждый магнетрон создается под конкретное значение частоты, поэтому при испытаниях во всем необходимом диапазоне частот потребуется несколько устройств, которые нужно будет переключать в течение проверки. И добавим к этому требования безопасности к испытательной площадке.

**Есть и альтернативные методы**, не требующие такой сложной технической подготовки.

**Первый – расчетно-экспериментальный метод**, основанный на измерении ослабления поля корпусом БО с последующим облучением внутренних блоков и компонентов без корпуса. Уровень воздействующего поля определяется с учетом ослабления, которое дает корпус. Это – технически легко осуществимый метод, нашедший широкое практическое применение. Однако он не может быть использован в следующих случаях:

- если БО изготовлено в единственном экземпляре (опытный образец) в герметичном корпусе без возможности его вскрыть;
- если отсутствует идентичный макет испытываемого БО;
- если внутренние размеры корпуса БО не позволяют разместить в нем антенну для измерения экранирования корпуса.

**В этих случаях прибегают к использованию реверберационных камер.**

## ЧТО ТАКОЕ РЕВЕРБАЦИЯ

Реверберация – это процесс многократного сложения переотраженной от поверхности волны. Речь может идти

<sup>1</sup> АО «ТЕСТПРИБОР», ИЛ ЭМС, инженер-испытатель.

о волнах любого рода: довольно часто, например, этот термин применяется в области акустики и звукозаписи. Но так как мы говорим об ЭМС, то применяем понятие реверберации к электромагнитным волнам.

Именно принцип многократного сложения волны лежит в основе работы реверберационной камеры. Многократно переотраженные волны входят в резонанс, что приводит к значительному росту величины напряженности электромагнитного поля в рабочем объеме камеры. И значения до 7000 В/м перестают быть недостижимыми!

### КАК УСТРОЕНА КАМЕРА

Реверберационная камера представляет собой экранированное помещение, не обшитые поглощающим материалом внутренние стенки которого обеспечивают отражение волн. Для лучшего отражения стенки и пол камеры делают металлическими. Другой важной особенностью камеры является наличие так называемого тюнера или «мешалки» – поворотного механизма с железными пластинами. От его ориентации зависят фаза и амплитуда переотраженных волн и, как следствие, процесс резонанса в рабочем объеме.

Камера представляет собой резонатор с высокой добротностью, что позволяет создать поле с высокой напряженностью в рабочем объеме при подводе сравнительно небольшой мощности. То есть реверберационная камера позволяет создать HIRF-поля как в низкочастотном (до 1 ГГц), так и в высокочастотном (от 1 ГГц) диапазонах. Это позволяет исключить из состава оборудования дорогостоящий усилитель мощности. Но есть важный момент, связанный с размером камеры, – нижняя граница диапазона частот напрямую зависит от размера рабочей области.

Реверберационные камеры чаще всего применяются для испытаний на устойчивость БО к воздействию электромагнитного поля. Другими вариантами применения могут быть измерение эффективности экранирования и измерение эмиссии помех. При этом следует помнить о том, что реверберационная камера не может в полной мере заменить безэховую, в частности, если речь идет об измерении помехоэмиссии.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Проиллюстрируем работу реверберационной камеры результатами измерений. Замеры проводились в камере, собранной АО «ТЕСТПРИБОР».

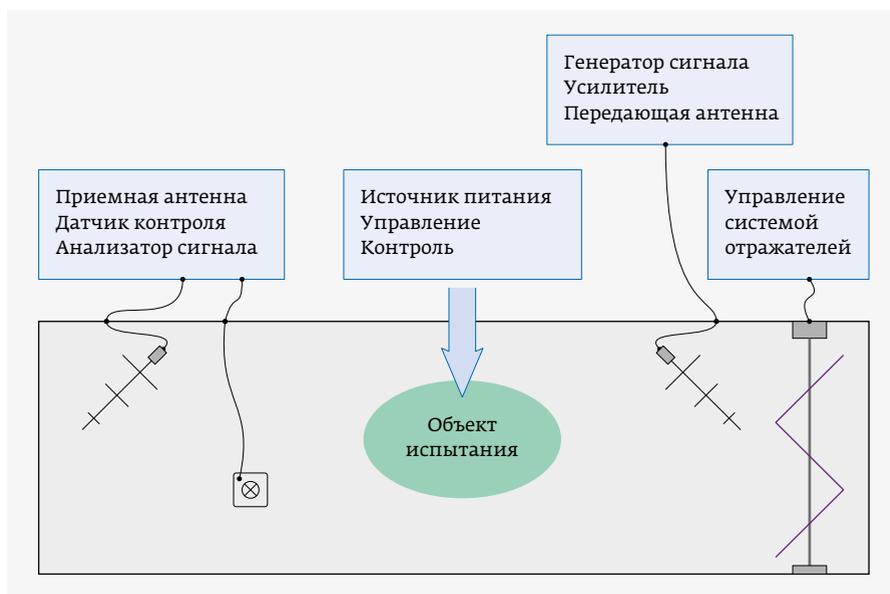


Рис. 1. Схема рабочего места

Параметры камеры:

- общие габариты, мм: 2770 × 1550 × 1650;
- размеры рабочей зоны, мм: 700 × 700 × 700;
- общий эффективный диапазон частот, ГГц: 0,23–40;
- коэффициент экранирования, не менее:
  - 120 дБ (230–1000 МГц);
  - 100 дБ (1–10 ГГц);
  - 90 дБ (10–18 ГГц);
  - 80 дБ (18–40 ГГц).

Схема рабочего места представлена на рис. 1.

В ходе измерений определялась напряженность электромагнитного поля в рабочем объеме реверберационной камеры в зависимости от угла поворота тюнера. Полученная зависимость с указанием точек измерений представлена на рис. 2.



Рис. 2. Зависимость напряженности электромагнитного поля от угла поворота тюнера

Измерения проводились на частоте 230 МГц с применением стандартного оснащения испытательной лаборатории ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР». Как видно из полученной зависимости, при величине угла поворота 218° напряженность электромагнитного поля равна 1287 В/м. При повороте тюнера на 240° наблюдается побочный пик напряженности, равный 742 В/м.

Другими словами, собранная камера позволяет создать в рабочем объеме поле большой напряженности при использовании стандартного оборудования лаборатории и без мощного усилителя.

\* \* \*

Можно сделать вывод, что проведение испытаний на стойкость оборудования к HIRF-полям является технически

сложно реализуемой, но, тем не менее, выполнимой задачей. Метод прямых испытаний имеет альтернативы, одна из которых, расчетно-экспериментальный метод, с одной стороны, заметно проще и дешевле реализуема, но, с другой – не обеспечивает полностью достоверных результатов.

Метод с использованием реверберационной камеры имеет очевидный недостаток – стоимость оборудования. Однако на него не распространяются ограничения, справедливые для расчетно-экспериментального метода. Использование реверберационной камеры снимает с испытательной площадки требования по безопасности, о которых упоминалось в начале статьи применительно к прямой проверке изделия. И, наконец, получаемые таким методом результаты максимально близки к результатам натуральных испытаний. ●

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена  
за две книги  
2400 руб.

# ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ ТРОЯНЫ – СПОСОБЫ ВНЕДРЕНИЯ И МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ. ПЕРВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

В 2-х книгах

**Белоус А. И., Солодуха В. А., Шведов С. В.**

**Под общей редакцией Белоуса А. И.**

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018.  
Кн. 1 – 688 с.; Кн. 2 – 630 с.  
ISBN 978-5-94836-524-4

В двухтомнике исследован феномен программных и аппаратных троянов, которые фактически являются технологической платформой современного и перспективного кибероружия. В первой вводной главе показано, что развитие всех «обычных» и «новейших» видов вооружений дошло до такой стадии, что их использование на практике будет равносильно самоубийству начавшей войну стороны. Осознание этого факта привело к развитию информационно-технического оружия (кибероружия и нейрооружия). В последующих главах детально исследованы концепции, методы и примеры реализации этого вида оружия. Рассмотрены основные виды программных троянов, вирусов и шпионских программ, показан эволюционный путь развития аппаратных троянов от «ящичков» и «коробочек» до микросхем.

Книга ориентирована на специалистов по информационной безопасности, а также будет полезна всем интересующимся данной темой.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphere.ru](mailto:knigi@technosphere.ru), [sales@technosphere.ru](mailto:sales@technosphere.ru)



ТЕСТПРИБОР



# ИСПЫТАНИЯ

квалификационные | предквалификационные | **НА ЭМС**

**АККРЕДИТОВАННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ  
АО «ТЕСТПРИБОР» ПРЕДЛАГАЕТ ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ:**

- На устойчивость к переходным процессам, провалам, прерываниям и изменениям напряжения в системе электропитания.
- На восприимчивость к кондуктивным помехам.
- На устойчивость к воздействию электростатических разрядов.
- На устойчивость к воздействию переходных процессов вызванных молниевым разрядом.
- На устойчивость к воздействию постоянного и переменного магнитного поля.
- Измерение коэффициента экранирования, безэховости и валидация измерительных площадок.
- Измерение уровня кондуктивных помех.
- На устойчивость к воздействию электромагнитных полей различной интенсивности до 40 ГГц.
- Измерение уровня электромагнитных помех (помехоэмиссия).
- Разработка методики испытаний в соответствии с требованиями ГОСТов и технических заданий.

*По результатам прохождения испытаний выдается протокол, который является основанием для получения сертификата соответствия. По требованию Заказчика испытания проводятся под контролем ВП МО РФ.*