

Антясов И. С., Соколов А. Н.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭКРАНИРОВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

В статье рассмотрены проблемы построения и особенности испытаний альтернативных измерительных площадок для проведения специальных исследований технических средств. Приведены определяющие параметры, предъявляемые к безэховым камерам (БЭК), которые влияют на применяемые материалы, форму и размеры площадки. Описаны способы по улучшению характеристик БЭК за счет изменения формы, геометрических особенностей. Представлен метод геометрической оптики для исследований переотражений внутри БЭК.

Ключевые слова: *технический канал утечки информации, специальные исследования, побочные электромагнитные излучения и наводки, электромагнитное поле, безэховая камера, радиопоглощающий материал, безэховая зона, диаграмма направленности.*

Antyasov I. S., Sokolov A. N.

FEATURES CONSTRUCTION SHIELDED ROOM TO STUDY THE PROPERTIES OF ELECTROMAGNETIC FIELD

The problems of construction and testing of alternative features measuring sites for special research techniques. Presents key parameters to be met by an anechoic chamber (BEC), which affect the materials used, the shape and dimensions of the site. The methods to improve the characteristics of BEC by changing the shape of geometric features. The method of geometrical optics research reflections inside the BEC.

Keywords: *technical channel leakage of information, specific studies, side electromagnetic radiation and crosstalk, electromagnetic field, anechoic chamber, radio-absorbing material anechoic area, the radiation pattern.*

Для проведения стендовых специальных исследований (СИ) побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) в соответствии с нормативно-методическими документами необходимо наличие альтернативной

измерительной площадки (АИП). АИП является своего рода безэховой камерой (БЭК), но, если быть точнее, то «полубезэховой» камерой. БЭК называют помещение, облицованное изнутри радиопоглощающим материалом

(РПМ) с целью уменьшения отражения от стен и обеспечения в некотором объеме камеры – безэховой зоне – заданного малого уровня отражений, т.е. условий, приближающихся к условиям «свободного пространства» [1].

Необходимо заметить, что в большинстве современных БЭК гарантированный малый уровень отраженного сигнала или коэффициент безэховости обеспечивается не во всем объеме БЭК, а лишь в ее части, называемой «чистой» или безэховой зоной. [1] В некоторых источниках встречается упоминание данного термина в формулировке «рабочий объем».

В зависимости от типа планируемых измерений предъявляются различные требования к БЭК по форме, размерам, размерам безэховой зоны, коэффициенту безэховости и эффективности экранирования внешних промышленных радиопомех.

Интересным в практическом отношении диапазоном частот является диапазон от десятков кГц до одного – двух ГГц, в котором сосредоточены основные ПЭМИ от большинства технических средств (ТС), подвергаемых СИ. Но требования ГОСТа [2] предъявляются только к диапазону частот от 30 МГц до 1 ГГц, поэтому целесообразно провести экстраполяцию значений эффективности экранирования до интересующих частот.

Существует целый ряд мероприятий по улучшению характеристик БЭК за счет изменения формы и геометрических особенно-

стей камер. Среди форм можно выделить профилированные с поперечными гофрами, рупорные, камеры с регулируемой торцевой (задней) стенкой, пирамидальные, камеры с криволинейными стенами. Также стоит отметить, что возможно частично облицовывать стены РПМ, если размеры БЭК больше в сравнении с длиной волны. Различные геометрические особенности позволяют добиться многократного переотражения и поглощения электромагнитных волн для уменьшения амплитуды волны. Однако данные БЭК, как правило, имеют существенный недостаток – это сложность перехода на другой диапазон рабочих волн [3], что для проведения СИ является критичным. Поэтому будем рассматривать прямоугольную камеру без применения геометрических методов переотражения за счет формы. При расчетах будем применять метод геометрической оптики, т.е. построение траектории движения лучей электромагнитного поля (ЭМП) внутри камеры с учетом отражения их от стенок камеры. При известных размерах камеры и размерах рабочей зоны, возможно выделение нескольких областей: I – наиболее опасная, луч после первого же отражения попадает в рабочий объем, II – луч после второго отражения попадает в рабочий объем и III – после трех переотражений (рис. 1). Остальные ситуации с большим переотражением менее опасны и реже встречаются в небольших БЭК. Необхо-

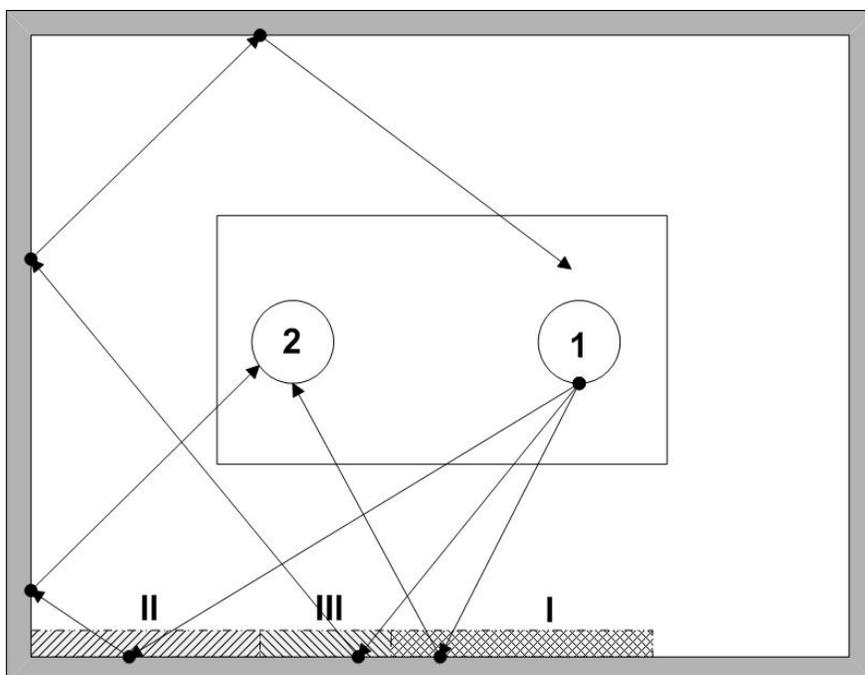


Рис. 1. Области I, II, III с учетом траектории лучей ЭМП в поперечном сечении безэховой камеры.

димом также учитывать дифракционные явления на вершинах используемых пирамид или гофров [3].

Определяющими параметрами при построении безэховых камер являются: форма и размеры безэховой зоны, форма и размеры зоны излучения, взаимное расположение зон излучения и безэховости. В нашем случае зона излучения и безэховости совпадают. При построении БЭК необходимо отталкиваться от габаритов, минимальных для проведения измерений с требуемой точностью, потому что от этого в значительной мере зависит стоимость создания камеры.

Среди методов измерения коэффициента безэховости выделяют [3]:

- метод непосредственного измерения прямого и рассеянного сигналов,
- метод наложения диаграмм направленности (ДН),
- метод перемещающегося индикатора.

Первый метод состоит в измерении в разных точках рабочего объема прямого сигнала и отраженного сигнала с помощью антенн с уменьшенным задним излучением, данный способ не подходит для измерения высококачественных БЭК, с хорошим коэффициентом поглощения стенок. Второй метод заключается в измерении ДН приемной антенны в раз-

личных точках и их последующем сопоставлении. По расхождениям измеренных ДН можно судить о величине коэффициента безэховости камеры. Последний метод заключается в передвижении приемной антенны вдоль оси и измерению максимального и минимального сигнала, которые сопоставляются со средним значением (сигнал по прямой волне в свободном пространстве). Метод перемещающегося индикатора напрямую используется при оценке коэффициента стоячей волны в соответствии с ГОСТ [4].

Метод испытаний АИП [2] отчасти схож с методом непосредственного измерения прямого и рассеянного сигналов, однако перемещают передающую, а не приемную антенну. Оценка соответствия параметров затухания измерительной площадки определяется как разность между затуханием электромагнитных волн, полученным по результатам экспериментальных исследований на измерительной площадке, и нормированным затуханием электромагнитных волн на измерительной площадке. Перемещение передающей антенны обусловлено имитацией испытуемого ТС при проведении СИ. Необходимо оговорить, что экспериментальное определение затухания АИП проводят для объема, занимаемого испытуемым ТС при его вращении на 360° (рис. 2).

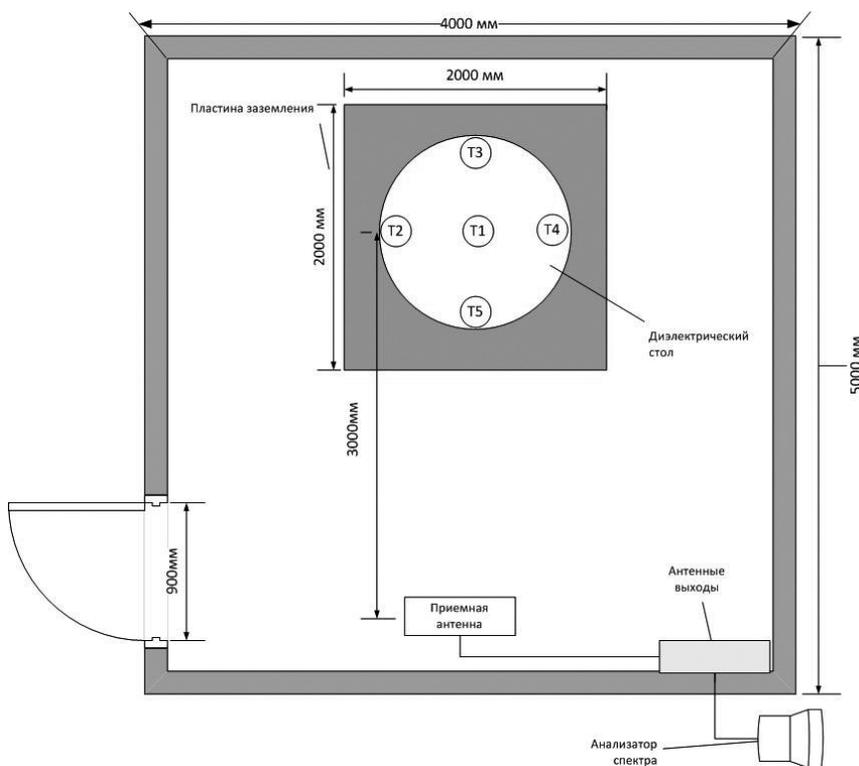


Рис. 2. Схема размещения приемной и передающей антенн при измерениях затуханий, где T1...T5 – области размещения передающей антенны

Из практических соображений будем полагать, что испытываемый объем ТС имеет габариты не более 1 x 1,5 x 1,5 м. Минимально допустимым расстоянием при проведении измерений по затуханию является 3 м. С учетом амплитуды перемещения приемной антенны и тем, что расстояние от поверхности радиопоглощающего материала до контура испытываемого ТС и антенны должно составлять не менее 1 м, минимальной длиной будет 5 м. Зона безэховости будет представлять собой эллипс и составлять 4,5 x 1,5 м. Минимальная высота будет составлять 3 м, так как необходимо проводить измерения на высоте 1 и 2 м с учетом минимального расстояния от антенны до РПМ. Поперечные размеры АИП будут определяться использованным РПМ, важным параметром которого является максимальный угол падения на поглощающий материал [1].

Важнейшими характеристиками любой БЭК являются эффективности экранирования и поглощения ЭМИ. Данные параметры противоположны друг другу: при усиленном экранировании возникает проблема стоячих волн внутри АИП, а при слабом экранировании внешние промышленные помехи будут мешать проведению СИ [5].

С целью улучшения коэффициента безэховости применяют РПМ. Все РПМ можно разделить на материалы с электрическим и магнитным поглощением. В требуемом диа-

пазоне будут интересны широкодиапазонные многослойные РПМ с электрическим поглощением. Особенность многослойных состоит в наличии нескольких слоев с различными электрическими потерями в каждом из них, причем потери по мере увеличения толщины материала возрастают. Зачастую такие РПМ имеют форму четырехгранных пирамид (с целью многократного переотражения между их стенками), однако стоит отметить, что эффективность падает при боковом падении ЭМВ.

С целью электромагнитного экранирования широко применяются проволочные сетчатые структуры. Данный выбор обусловлен не только конструктивно-технологическими достоинствами, но и более лучшими характеристиками требуемых климатических условий внутри БЭК. Эффективность электромагнитной защиты при произвольной поляризации источника излучения, прежде всего, зависит, от густоты сетки и формы ячейки; поэтому, как правило, применяются двумерно-периодические структуры с размерами ячеек много меньшими длины волны [6].

Таким образом, рассмотрены решения, применяемые при построении БЭК, которые позволяют оптимизировать технические мероприятия и экономические затраты на проведение АИП в соответствии утверждённым нормативам.

Примечания

1. Безэховые камеры СВЧ / Мицмахер М. Ю., Торгованов В. А. – М.: Радио и связь, 1982. – 128 с
2. ГОСТ Р 51320 – 99. Радиопомехи промышленные. Методы испытаний технических средств – источников промышленных помех. – Введ. 1999-22-12. – М.: Госстандарт России, 1999. – 27 с.
3. Майзельс Е.Н., Торгованов В.А. Измерение характеристик рассеяния радиолокационных целей. - М.: Сов. радио, 1972. - 232 с.
4. ГОСТ Р 51318.16.1.4 – 2008. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-4. Аппаратура для измерения параметров промышленный радиопомех и помехоустойчивости. Устройства для измерения излучаемых радиопомех и испытаний на устойчивость к излучаемым радиопомехам.– Введ. 2008-12-25. – М.: Госстандарт России, 2009. – 75 с.
5. Антясов И.С., Соколов А.Н. Особенности валидации альтернативной измерительной площадки для проведения специальных исследований технических средств //Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. — Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2014. — № 1(11)
6. Электродинамика сетчатых структур / М. И. Конторович, М. И. Астрахан, В. П. Акимов и др.; Под ред. М. И. Конторовича. – М.: Радио и связь, 1987. – 136 с.

Информация об авторах отсутствует на обоих языках

на предыдущую стр. два автора на 2-х языках не поместятся. Придется сюда переносить