



## ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ВЕКТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭКРАНА НА ОСНОВЕ ПРОВОЛОЧНОЙ СЕТКИ

*Рассмотрены особенности оценки эффективности электромагнитного экранирования альтернативных измерительных площадок. Представлены факторы, влияющие на эффективность применения сетчатых экранов. Поставлена задача адаптации метода усредненных граничных условий к расчету параметров экранов с учетом поперечных токов в проводниках.*

**Ключевые слова:** *технический канал утечки информации, электромагнитное поле, экранирование, радиопоглощение, сетчатые структуры, коэффициент поглощения, коэффициент отражения.*

Antyasov I. S., Sokolov A. N.

## BOUNDARY CONDITIONS FOR ELECTROMAGNETIC FIELD VECTORS ON THE SCREEN SURFACE BASED WIRE MESH

*The specific features of evaluating the effectiveness of electromagnetic shielding of alternative test sites. Presents the factors affecting the effectiveness of mesh screens. The aim is to adapt the averaging method of boundary conditions for the calculation of the parameters screens with the cross-currents in conductors.*

**Keywords:** *technical channel information leakage electromagnetic field shielding radiopogloschenie, mesh structure, the absorption coefficient, the reflection coefficient.*

Электромагнитное экранирование играет существенную роль при построении альтернативных измерительных площадок (АИП) [1]. С этой целью возможно применение листового металла, фольги или металлических

сеток [2]. Однако применение сплошного листового металла или фольги затрудняет решение задачи эффективного поглощения внутренних электромагнитных волн, вследствие чего становится проблематичным вы-

полнение требований нормативно-методической документации по затуханиям.

В настоящее время с целью электромагнитного экранирования широко применяются сетчатые структуры. Данный выбор обусловлен не только конструктивно-технологическими достоинствами, но и более лучшими характеристиками требуемых климатических условий внутри АИП. Все сетчатые структуры можно разделить на две группы: перфорированные металлические поверхности и проволочные сетки. Проволочные сетчатые структуры получили более широкое распространение. Эффективность электромагнитной защиты при произвольной поляризации источника излучения прежде всего зависит от густоты сетки и формы ячейки, а также от характера контакта между проводниками в их перекрестиях, формы сечения проводников. Поэтому, как правило, применяются двумерно-периодические структуры с размерами ячеек, много меньшими длины волны [3].

Стоит отметить, что эффективность экранирования в ближней зоне (зоне индукции) будет неодинакова для электрической и магнитной составляющих поля. Учитывая рассматриваемый диапазон частот (от десятков кГц до одного-двух ГГц) и небольшие размеры АИП (в среднем  $5 \times 3 \times 3$  метра), данное замечание будет актуальным на частотах менее 10 МГц. Поэтому в ближней зоне эффективность экранирования должна вычисляться отдельно для каждой компоненты поля, при этом в дальней зоне (зоне излучения) она будет одинаковой для обеих компонент [4].

Физическая сущность экранирования первичного электромагнитного поля (см. рис. 1а) заключается в том, что электрические заряды и токи, возникающие на поверхности экрана  $S$ , обращенной к источнику (рис. 1б,

область 1), создают вторичное электромагнитное поле, которое во внешнем пространстве (рис. 1б, область 2) по интенсивности близко к полю источника, а по направлению противоположно ему. Это приводит к взаимной компенсации поля источника и вторичного поля эквивалентных поверхностных электрических зарядов и токов во внешнем пространстве [5].

Для решения внутренней задачи по исследованию эффективности экранирования в требуемом диапазоне частот с целью достижения беззховости АИП необходимо наличие коэффициентов прохождения (отражения) в комплексном виде для учета интерференции переотраженных электромагнитных волн. Указанные коэффициенты были рассчитаны в [6] при решении задачи выбора оптимального экрана с учетом ряда факторов (широко распространенные, недорогие, эффективные при минимальной плотности заполнения металлом) в отдельности для сеток с размером ячейки 0,8 мм и диаметром проволоки 0,32 мм и с размером ячейки 0,9 мм и диаметром проволоки 0,36 мм.

При расчете коэффициентов прохождения (отражения) в [6] использовалась приближенная формула для структур с перфорацией квадратными отверстиями. Однако применимость этой формулы к сетчатым экранам весьма ограничена. Поэтому с целью повышения точности модели ставится задача провести исследование коэффициентов прохождения (отражения) двух систем параллельных проводников, расположенных на некотором расстоянии друг от друга.

Существует метод исследования, заключающийся в замене сетчатой структуры с реальными токами и зарядами сплошной поверхностью, на которой выполняются неко-

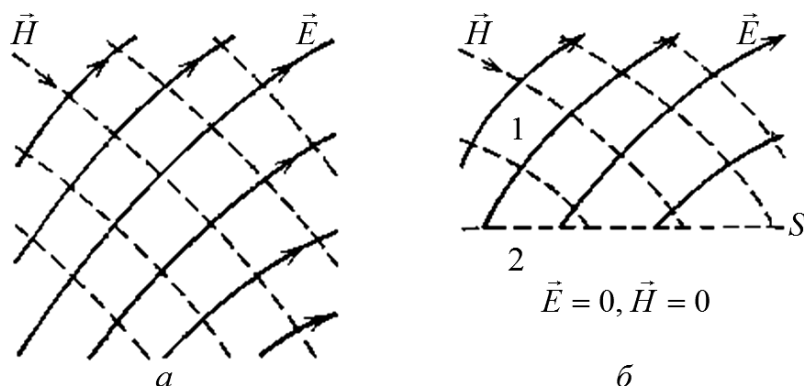


Рис. 1. Электромагнитное поле в пространстве (а) и полупространстве, ограниченном экраном  $S$  (б).

торые эквивалентные усредненные граничные условия для сглаженных токов и зарядов так, что на некотором расстоянии от сетки сглаженные и реальные поля равны [3]. Данный метод имеет ограничение по применимости: радиус проводников должен быть много меньшим наибольшего размера ячейки. Это позволяет не учитывать поперечные

токи в проводниках (в сравнении с продольными) и облегчает учет неравномерности продольных токов. С целью преодоления этого ограничения ставится задача разработать метод, позволяющий оценивать коэффициенты прохождения (отражения) проволочных сеток с радиусом проводников, близким по значению к размеру ячеек.

---

### Примечания

1. Антясов И. С., Войтович Н. И., 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). — С. 10 – 14.
2. Беззеховые камеры СВЧ / Мицмахер М. Ю., Торгованов В. А.. – М. : Радио и связь, 1982. – 128 с.
3. 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.
4. Полонский Н. Б. Конструирование электромагнитных экранов для радиоэлектронной аппаратуры. — М. : Сов. радио, 1979. — 216 с.
5. Антясов И. С., Войтович Н. И., Соколов А. Н. Комплексное экранирование альтернативной измерительной площадки для проведения специальных исследований технических средств. // Вестник ЮУрГУ. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. — Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2014. — № 2 (14).
6. Антясов И. С., Соколов А. Н. Выбор оптимального экрана при построении альтернативной измерительной площадки // 7-я научная конференция аспирантов и докторантов Южно-Уральского государственного университета (национальный исследовательский университет), посвященная Дню Российской науки. — Челябинск, 2015.

---

**Соколов Александр Николаевич**, к. т. н., доцент, зав. кафедрой безопасности информационных систем ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. E-mail: ANSokolov@inbox.ru

**Антясов Иван Сергеевич**, студент кафедры безопасности информационных систем ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. E-mail: antyasov@gmail.com

**Alexander Sokolov**, a. M. N., Associate Professor, Head. the Department of Information Systems Security “South Ural State University”, Chelyabinsk. E-mail: ANSokolov@inbox.ru

**Antyasov Ivan**, student of Information Systems Security “South Ural State University”, Chelyabinsk. E-mail: antyasov@gmail.com