

В.В. Аникин<sup>1</sup>, И.Е. Бакулин<sup>1</sup>, С.В. Герасимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный научный центр “Институт метрологии”, Харьков

<sup>2</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГТЕМ-КАМЕР ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ

*В статье показана актуальность решения задачи обеспечения одновременного и совместного функционирования различного радиотехнического, электронного и электротехнического оборудования – решение задачи электромагнитной совместимости технических средств. Показано, что проведение испытаний технических средств на электромагнитную совместимость позволяет повысить степень их устойчивости к помехам. Обосновано перспективное направление в создании испытательной аппаратуры на электромагнитную совместимость технических средств – использование ГТЕМ-камер при создании компьютеризированных измерительных систем, ориентированных на решение задач электромагнитной совместимости.*

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, технические средства, ГТЕМ-камеры.

### Введение

**Постановка проблемы.** Широкое использование различных электротехнических и радиоэлектронных средств приводит к возрастанию уровней электромагнитных полей, созданных ими в окружающем пространстве. Эти поля являются помехами для других подобных устройств, ухудшая условия их функционирования и снижая эффективность применения. Новое направление техники, призванное обеспечить одновременную и совместную работу различного радиотехнического, электронного и электротехнического оборудования, получило название электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств (ТС). Обеспечение ЭМС ТС относится к одной из наиболее актуальных проблем современной техники, так как процесс развития электротехники, электроэнергетики, радиоэлектроники и средств телекоммуникаций усиливает зависимость результатов применения новых средств от условий их одновременного и совместного функционирования.

**Анализ литературы.** Анализ литературы по проблемам электромагнитной совместимости технических средств и аппаратуры показал, что обеспечение ЭМС достигается следующим образом [1 – 4]:

– обеспечивается определенный уровень помехоустойчивости ТС, позволяющий применять их в некоторой абстрактной “усредненной” электромагнитной обстановке, типичной для рассматриваемого класса объектов. Соответственно возникает необходимость в нормировании как видов, так и амплитуды помех, способных воздействовать на ТС. Дополнительно нормируются процедуры проверки соответствия ТС требованиям устойчивости к помехам. Понятно, что для применения на реальных объектах должна выбираться только аппаратура, удовлетворяющая требованиям помехоустойчивости действующих стандартов;

– определяется электромагнитная обстановка (ЭМО) на данном конкретном объекте (ТС). В реальности, ЭМО на объекте может сильно отличаться от “усредненной” ЭМО, принимаемой в стандартах ЭМС. Иначе и не может быть, поскольку на ЭМО влияет множество факторов – от особенностей проекта данного конкретного ТС до грозовой активности в регионе, грунтовых условий. Необходима стандартизация методик оценки ЭМО на существующих объектах (преимущественно экспериментальными методами).

Отдельно следует отметить стандартизацию в части ограничения эмиссии помех оборудованием. В настоящее время существуют нормы в части ограничения эмиссии помех, создаваемых электронными устройствами (в первую очередь в интересах предотвращения загрязнения радиочастотного спектра). Естественно, возникает идея ограничить аналогичным образом эмиссию помех силовым оборудованием – скажем, выключателями и разъединителями. Проблема, однако, заключается в том, что уровень помех ТС определяется не столько особенностями тех или иных электроаппаратов, сколько их взаимодействием в рамках единой сети. А эти особенности возможно определить только путем проведения соответствующих измерений.

**Целью статьи** является обоснование перспектив использования ГТЕМ-камер для автоматизированных испытаний технических средств на электромагнитную совместимость.

### Основная часть

Анализ современных технологий обеспечения электромагнитной совместимости показывает, что для достижения высокой эффективности испытаний все более важное значение приобретает агрегирование измерительных средств в единые автоматизированные комплексы. При этом, основное внимание

уделяется созданию компьютеризированных измерительных систем, функционирующих под управлением специализированного программного обеспечения (ПО), ориентированного на решение задач электромагнитной совместимости [5, 6].

Впервые компьютеры начали применяться для управления измерительными приборами еще в шестидесятые годы XX-го века, что позволило ускорить процесс измерения по сравнению с полностью ручной процедурой. При этом, связь между приборами и компьютерами реализовывалась самыми разнообразными способами.

На сегодняшний день одним из самых быстрых, простых и недорогих способов связи между компьютерами и приборами является локальная сеть (LAN). За последнее десятилетие, благодаря постоянным инвестициям в аппаратное и программное обеспечение, пропускная способность таких сетей возросла на три порядка, а стоимость установки заметно снизилась. Почти каждый произведенный сегодня персональный компьютер оборудован интерфейсом LAN, и подключать приборы к нему можно напрямую, не тратя дополнительные средства на специальное оборудование для сопряжения.

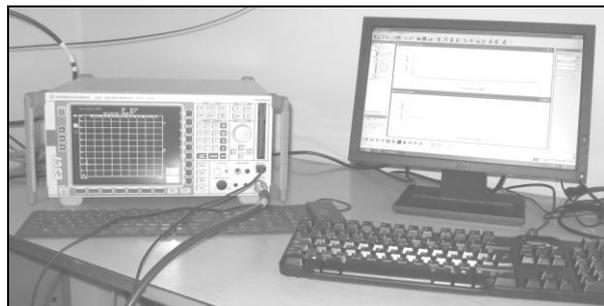
В настоящее время практически весь спектр приборов, выпускаемых ведущими в области ЭМС мировыми фирмами, обладает возможностью объединения в единую автоматизированную систему с использованием интерфейсов GPIB и LAN. При этом, главную роль в управлении процессом испытаний в целом играет специализированное ПО, ориентированное на решение конкретных испытательных задач.

Так, например, в НЦ-5 ННЦ “Институт метрологии” испытания ТС на ЭМС осуществляются с использованием автоматизированной испытательной системы, функционирующей под управлением ПО R&S<sup>®</sup>EMC32, разработки фирмы Rohde & Schwarz. Основу указанной системы составляет самое современное оборудование производства фирм Rohde & Schwarz, TESEQ (бывшая Schaffner), BONN Elektronik, RF/Microwave Instrumentation, MATURO, как это показано на рис. 1 – 3. Все имеющееся оборудование, включая радиочастотные кабели с нормированными метрологическими характеристиками, прошло процедуру калибровки в государственной службе калибровки Германии DKD и имеет соответствующие международные сертификаты.

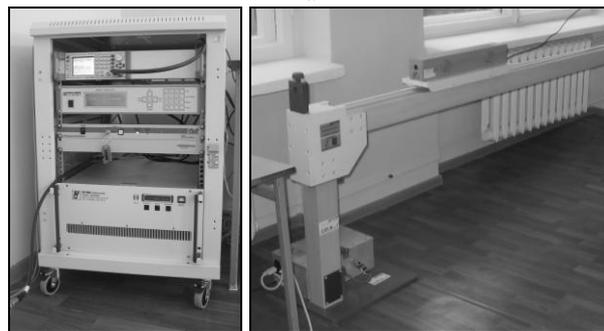
Данная автоматизированная система позволяет проводить испытания в соответствии с требованиями следующих стандартов (основных в данной области): ДСТУ CISPR 16-2:2005; ДСТУ CISPR 22:2007; IEC 61000-4-20:2007; ДСТУ IEC 61000-4-3:2007; ДСТУ IEC 61000-4-6:2007.

Среди различных видов испытаний ТС на ЭМС, наиболее трудоемкими и дорогостоящими обычно являются испытания на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю и измерение напряженности поля промышленных радиопомех в диапазоне частот около 3 ГГц и выше. Это связано с необ-

ходимостью использования открытых измерительных площадок или экранированных безэховых камер.



а



б

в

Рис. 1. Оборудование: а – тестовый приемник R&S ESCI и ПК (системный блок на фото не показан) с ПО R&S<sup>®</sup>EMC32; б – стойка с генератором, усилителем ВЧ и приборами дистанционного управления; в – поглощающие клещи R&S MDS21 на автоматизированном направляющем рельсе

Открытые измерительные площадки, в условиях Украины, имеют два существенных недостатка: внешние помехи и атмосферные воздействия. В свою очередь, создание достаточно большой экранированной безэховой камеры является нетривиальной и дорогостоящей задачей. Указанные выше недостатки во многом преодолеваются при использовании испытательных GTEM-камер (Gigahertz Transverse Electro-Magnetic test cell – испытательная камера поперечной электромагнитной волны гигагерцового диапазона частот).

GTEM-камера представляет собой закрытую линию передачи специальной формы, у которой внешний проводник имеет форму прямоугольной расширяющейся пирамиды.

В основании внешнего пирамидального расширяющегося проводника на сферической панели расположены высокочастотные поглотители и резистивная нагрузка. Со стороны вершины пирамидального расширяющегося проводника имеется согласованный переход к генератору или приемнику сигналов.

К внешнему пирамидальному расширяющемуся проводнику на диэлектрических нитях, асимметрично по высоте, подвешен жесткий плоский внутренний проводник. Такая конструкция исключает появление резонансов и обеспечивает плоскую частотную характеристику от постоянного тока до частот, существенно превышающих 1 ГГц [6].

К значительным преимуществам ГТЕМ-камер относится то, что для испытаний ТС не требуется последовательного переключения нескольких измерительных антенн, рассчитанных на разные диапазоны частот.

Таким образом, измерения во всей установленной полосе частот осуществляются при непрерывной перестройке частоты в отсутствии внешних помех, что существенно сокращает время испытаний и повышает достоверность результатов. При проведении испытаний на помехоустойчивость нет необходимости в применении усилителя ВЧ большой мощности, так как эффективность ГТЕМ-камеры значительно выше, чем у антенны [6]. К недостаткам ГТЕМ-камер относятся небольшие габариты испытываемого оборудования, что в ряде случаев ограничивает возможность их применения.

Использование ГТЕМ-камер полностью определяется стандартом ИЕС 61000-4-20:2007. Кроме того, принято расширенное изменение к стандарту ИЕС 61000-4-3:2007 и ряду других стандартов.

Имеющаяся в НЦ-5 ННЦ “Институт метрологии” уникальная для Украины семиметровая ГТЕМ-камера TESEQ GTEM 1500 (рис. 2) позволяет проводить испытания ТС на помехоэмиссию и помехоустойчивость в соответствии с международными стандартами ИЕС/EN 61000-4-3, ИЕС/EN 61000-4-20, ИЕС/EN 55022 и др. в диапазоне частот от нуля до 20 ГГц.

### Выводы

Применение камеры TESEQ GTEM 1500 позволило существенно увеличить эффективность автоматизированных измерений напряженности поля индустриальных радиопомех и испытаний ТС на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю.

Для обеспечения бесперебойной и безаварийной работы электротехники, электроэнергетики, радиоэлектроники и средств телекоммуникаций необходимо своевременно проводить испытания этих

средств на электромагнитную совместимость, что можно сделать в ННЦ “Институт метрологии” оперативно, при этом обеспечивается высокая достоверностью полученных результатов.

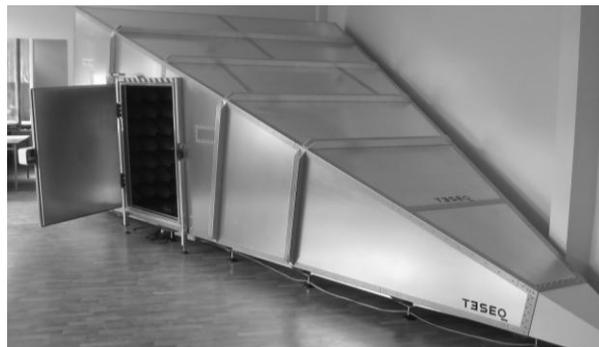


Рис. 2. Тестовая ГТЕМ-камера TESEQ GTEM 1500 с открытой дверцей

### Список литературы

1. Седельников Ю.Е. *Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: Учебн. пос.* / Ю.Е. Седельников. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. – 304 с.
2. Цицикян Г.Н. *Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебн. пос.* / Г.Н. Цицикян. – СПб.: Изд. СЗТУ, 2006. – 59 с.
3. Маслов О.Н. *Электромагнитная безопасность радиоэлектронных средств* / О.Н. Маслов. – М.: Связь и бизнес, 2000. – 84 с.
4. Князев А.Д. *Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоприемных средств* / А.Д. Князев. – М.: Радио и связь, 1984. – 336 с.
5. Кармашев В.С. *Современные технологии обеспечения электромагнитной совместимости* / В.С. Кармашев // *Материалы семинара.* – М.: Технология, 2003. – 89 с.
6. Уильямс Т. *Электромагнитная совместимость для разработчиков продукции* / Т. Уильямс. – М.: Технология, 2003. – 540 с.

Поступила в редколлегию 13.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. Павленко, ННЦ “Институт метрологии”, Харьков.

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГТЕМ-КАМЕР ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ

В.В. Анікін, І.Є. Бакулін, С.В. Герасимов

*У статті показана актуальність рішення задачі забезпечення одночасного та сумісного функціонування різного радіотехнічного, електронного та електротехнічного обладнання – рішення задачі електромагнітної сумісності технічних засобів. Показано, що проведення випробувань технічних засобів на електромагнітну сумісність дозволяє підвищити ступінь їх стійкості до перешкод. Обґрунтований перспективний напрям в створенні випробувальної апаратури на електромагнітну сумісність технічних засобів – використання ГТЕМ-камер при створенні комп'ютеризованих вимрювальних систем, орієнтованих на вирішення завдань електромагнітної сумісності.*

**Ключові слова:** електромагнітна сумісність, технічні засоби, ГТЕМ-камери

### PROSPECTS OF THE USE OF GTEM-KAMER FOR THE AUTOMATED TESTS OF HARDWARES ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

V.V. Anikin, I.E. Bakulin, S.V. Gerasimov

*Actuality of decision of task of providing of the simultaneous and compatible functioning of different radio engineering, electronic and electrical engineering equipment – decision of task of electromagnetic compatibility of hardware, is published in the article. It is published that testing hardware, on electromagnetic compatibility allows to promote the degree of their firmness to the obstacles. Perspective direction is grounded in creation of proof-of-concept apparatus on electromagnetic compatibility of hardware, s– use of GTEM- chamber at creation of the computer-assisted instrumentation systems, decision-oriented tasks of electromagnetic compatibility.*

**Keywords:** electromagnetic compatibility, hardware, s, GTEM-chambers