



УДК 006.91.001.12/18

DOI: 10.22184/NanoRus.2019.12.89.651.653

# СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКБ

## THE STATE AND DIRECTIONS OF DEVELOPING METROLOGICAL SUPPORT OF TESTS IN THE ECB PRODUCTION

БУЛГАКОВ ОЛЕГ ЮРЬЕВИЧ

bulgakov56@yandex.ru

BULGAKOV OLEG YU.

bulgakov56@yandex.ru

<sup>1</sup>Автономная некоммерческая организация  
«Центр сертификации, обучения и консалтинга  
«Электронсертифика»  
141002, г. Мытищи, ул. Колпакова, 2а  
<sup>2</sup>ФГУП «МНИИРИП»  
141002, г. Мытищи, ул. Колпакова, 2а

<sup>1</sup>“Electroncertification” Certification, Training and Consulting  
Center” Autonomous Non-commercial Organization  
2a Kolpakova St., Mytischi, 141002

<sup>2</sup>FSUE “MNIIRE”  
2a Kolpakova St., Mytischi, 141002

В статье рассмотрены основные проблемы метрологического обеспечения испытаний при производстве электронной компонентной базы. Выявлены причины данных проблем. Построены рациональные пути решения подобных задач.

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение — МО; электронная компонентная база — ЭКБ; средство измерения — СИ; технические условия — ТУ.

The paper presents the main problems of metrological support of tests in the electronic component base production. The causes of these problems have been identified. Rational ways of solving such problems have been found.

**Keywords:** metrological support; electronic component base; measuring instrument; technical conditions.

МО испытаний при производстве ЭКБ достигается путем создания и реализации системно увязанного с программными мероприятиями комплекса эталонов, законодательных и нормативных документов, а также методов и средств измерений, поверки, калибровки.

Основные проблемы МО испытаний при производстве ЭКБ:

- проблемы технической базы (массовое использование СИ импортного производства, аналоги которых в РФ не производятся в связи с отсутствием отечественной технологической базы и современной ЭКБ);
- несоответствие характеристик средств метрологического обеспечения разработки, производства и испытаний возросшим в последние годы требованиям к выпускаемой продукции двойного назначения, усугубляемое невозможностью закупки иностранных средств измерений.

Первая группа проблем наиболее остро проявляется в таких областях, как измерения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах радиочастотного спектра, информационно-коммуникационные технологии, фотоника и неразрушающий контроль. Особенno критическая ситуация сложилась в области радиотехнических измерений, где доля импортных средств измерений достигает 75%, а по некоторым видам средств измерений — 100% при общей потребности до 25 000 средств измерений в год. Таким образом, складывается опасная ситуация, когда развитие современных высокотехнологических предприятий целиком зависит от поставок импортных средств измерений.

Вторая группа проблем наиболее остро отмечается в отношении измерений в смежных областях гидрофизики, физических полей электромагнитной группы и т. д.

Решение данных проблем усугубляется:

- отсутствием координации работ федеральных органов исполнительной власти, метрологических служб различных уровней и метрологических организаций по метрологическому обеспечению (предприятий) промышленности;
- неразвитостью системы мониторинга, анализа метрологического обеспечения в ОПК и перспективных отраслях промышленности;
- устареванием нормативно-правовой базы и ее отставанием от меняющихся потребностей общества.

Технические характеристики ЭКБ существенно влияют на качество их функционирования в составе узлов, модулей, систем и комплексов, создаваемых на их основе. Контроль и измерение данных характеристик осуществляются методами инструментального контроля, определенными соответствующей НТД, которая включает:

- основополагающие ГОСТы на методы и средства измерений параметров;
- систему ГОСТов на методы испытаний (измерений) на определенные классы (группы) ЭКБ;
- систему ГОСТов на конкретные виды ЭКБ либо на виды измеряемых параметров определенных групп (видов) ЭКБ;
- ТУ на конкретные типы изделий ЭКБ.

К сожалению, не существует единого подхода к описанию требований к методам и средствам измерений, используемых при испытаниях в процессе производства ЭКБ.

Один комплект ГОСТов состоит из 15–20 отдельных стандартов по каждому измеряемому параметру, в другом случае используется один общий ГОСТ, в котором приведены различные методы испытаний. Поэтому приоритетным направлением при разработке нормативных документов, регламентирующим организацию и порядок метрологического обеспечения



создания ЭКБ, является разработка отраслевых стандартов с едиными требованиями для оборонной и народно-хозяйственной продукции:

- «Требования к метрологическому обеспечению, включаемые в ТТЗ (ТЗ) на разработку ЭКБ»;
- «Требования к метрологическому обеспечению при выполнении этапов ОКР по созданию ЭКБ»;
- «Требования к метрологическому обеспечению, включаемые в ТТЗ (ТЗ) на разработку средств измерительного контроля и испытаний для создания ЭКБ»;
- «Метрологическая экспертиза создаваемой ЭКБ и конструкторской документации. Организация и порядок проведения»;
- «Общие требования к методам испытаний ЭКБ»;
- «Общие требования к аттестации испытательного оборудования для испытаний ЭКБ».

В рамках проведенной ФГУП «МНИИРИП» комплексной НИР «Метрология ЭКБ» [1] в целях формирования общего перечня технических характеристик ЭКБ, подлежащих инструментальному контролю в процессе разработки, испытаний и эксплуатации, проведен анализ около 400 ГОСТов по всем основным группам ЭКБ в целях сбора и систематизации информации по требуемым методам и средствам измерений, диапазонам и точностным характеристикам измеряемых величин. Общий перечень технических характеристик ЭКБ, подлежащих инструментальному контролю в процессе разработки, изготовления, испытаний и эксплуатации ЭКБ, составил около 800 параметров и характеристик, которые сгруппированы по определенным группам (видам) измерений, в частности: параметры импульсов — 8, постоянное и переменное напряжение — 102, постоянный и переменный ток — 74, сопротивление — 42, емкость — 8, мощность — 23, энергия — 5, частота — 18, характеристики сигналов — 9, временные параметры — 14, относительные величины — 33, линейные величины — 10, угловые величины — 13, прочие величины по другим видам измерений — больше 100.

В результате анализа и систематизации указанных параметров и характеристик ЭКБ был разработан кадастр технических характеристик ЭКБ (более 700), подлежащих инструментальному контролю в процессе разработки, производства и испытаний ЭКБ.

Помимо традиционных видов измерений, по мере совершенствования самой ЭКБ и технологий ее изготовления появляются новые параметры ЭКБ, требующие инструментального контроля, постоянно совершенствующихся методов и средств измерений. Наибольшее число измерительных задач находится в области создания ИС (в том числе СБИС) и сверхскоростных интегральных микросхем, полупроводниковых приборов, электровакуумных приборов, приборов СВЧ, изделий микро- и оптоэлектроники и др.

По данным предприятий — разработчиков и изготовителей ЭКБ, весь спектр измерительных задач можно разделить на три группы:

- первая группа — общие измерительные задачи, характерные как для ЭКБ, так и для множества других объектов измерений (измерение массы, геометрических размеров, электрических величин, радиотехнических величин и т. п.);
- вторая группа — специальные измерительные задачи, характерные в основном для современной электро- и радиотехники и информационных технологий (генерирование сигналов большой амплитуды, измерение параметров цифровых микросхем и модулей, глубокого вакуума, характеристик спектрности, информационной безопасности и т. п.);
- третья группа — комплексные измерительные задачи (измерение уровня индустриальных помех, параметров

переходных процессов, динамических характеристик ЭКБ, антенные измерения и т. п.).

Общие измерительные задачи для большинства технических объектов, включая ЭКБ, могут быть решены современными типовыми средствами измерений. Проблемными вопросами здесь являются измерения малых длин (нанометры), генерирование высоких напряжений (до сотни киловольт), измерение сверхмалых линейных размеров и температур в широком динамическом диапазоне с высокой точностью. Измерение этих параметров в настоящее время проводится с использованием преимущественно зарубежных приборов. Измерение остальных физических величин возможно с помощью отечественных средств измерений, в основном последних лет выпуска, которые имеют интерфейсные функции для работы в составе автоматизированных измерительных систем и метрологическое обеспечение которых организовано в соответствии с современной нормативно-технической базой.

Наиболее сложными являются специальные и комплексные измерительные задачи, для решения которых необходимы специальные комплексные измерительные установки или автоматизированные измерительные системы, создание специальных условий измерений (камеры, полигоны, центры и т. п.), высококвалифицированный персонал.

Основные средства измерений для решения отдельных специальных измерительных задач входят, как правило, в состав испытательного оборудования, а проблемы их метрологического обеспечения решаются при аттестации такого оборудования.

К особому классу специальных измерений относятся измерения параметров спектрности ЭКБ, которые проводятся в специализированных испытательных центрах.

Для измерения динамических параметров и переходных процессов в современной быстродействующей ЭКБ применяются только зарубежные многоканальные осциллографы со сверхширокой полосой пропускания, векторные анализаторы сигналов и анализаторы цепей. Современные аналоги этих приборов отсутствуют, и технологических возможностей их разработки в ближайшее время не ожидается.

Рациональный путь решения подобных задач — создание автоматизированных измерительных систем на базе современных средств измерений и размещение их на базе специализированных предприятий, например во ФГУП «МНИИРИП».

Комплексные измерительные задачи решаются с помощью автоматизированных измерительных систем (далее — АИС), создаваемых на базе современных СИ [2]. Например, для измерения радиопомех (радиогерметичности) электронных модулей и им подобных изделий приборостроительным предприятием ЗАО «Супертехприбор» разработаны селективные вольтметры, соответствующие пробники и структура АИС для этих измерений.

Определенные трудности представляют вопросы метрологического обеспечения нестандартизированных (технологических) устройств, выполняющих измерительные функции (калибры, пробки, щупы, индикаторы и т. п.), часто применяемых в технологических процессах отдельных предприятий. На сегодняшний день нормативные документы по обеспечению единства измерений такого оборудования отсутствуют.

Потребности в оснащении новейшей измерительной техникой новых промышленных технологий (в том числе нанотехнологий) приводят к значительному росту объектов, попадающих под режим (относящихся к сфере государственного регулирования) обеспечения единства измерений. Наряду с этим возникла необходимость разработки и совершенствования соответствующих эталонов,



необходимых для метрологического обеспечения этих СИ, а также разработки и апробации новых методик поверки и калибровки.

Большая проблема — комплексное измерение параметров ЭКБ, работающих в СВЧ-диапазоне, особенно в диапазоне частот до 178 ГГц.

Приоритетными направлениями при создании средств метрологического обеспечения ЭКБ СВЧ-диапазона являются:

- разработка базовых технологий создания элементов и модулей технологических цепочек разработки и производства СВЧ-приборов и структур с использованием перспективных электронных и квазиоптических методов передачи информации;
- разработка базовых технологий, конструкций и подготовка серийного производства задающего генератора и анализатора фазоманипулированных сигналов в диапазоне частот 9 кГц — 40 ГГц на основе цифровой обработки сигналов специальными методами;
- разработка комплекта детекторных модулей для первичной обработки наносекундных СВЧ-радиоимпульсов в диапазоне частот (0,5–50 ГГц) в системах контроля параметров импульсных приемопередающих устройств систем радиолокации, связи;
- разработка комплекта детекторных модулей для первичной обработки наносекундных СВЧ-радиоимпульсов в диапазоне частот (37,5–118,1) ГГц в системах контроля параметров импульсных приемопередающих устройств систем радиолокации и связи.

Аналогичные приоритетные направления имеют место при создании средств метрологического обеспечения фотоприемных устройств, средств измерений статистических и динамических параметров ЭКБ и измерений магнитных характеристик материалов и ЭКБ, при создании средств измерений содержания газообразных примесей и вредных выбросов.

Автор считает, что в данной работе к перспективным направлениям развития контрольно-измерительной аппаратуры и средствам их МО при разработке, производстве, испытаниях современных и перспективных изделий ЭКБ, требующим освоения новых технологий и совершенствования производственной и испытательной базы предприятий, относятся:

- создание свыше 35 типов современных эталонов, автоматизированных комплексов, систем и средств измерений параметров перспективной ЭКБ, в том числе стандартов частоты и времени на основе технологии по использованию медленных атомов цезиевого «фонтана», отличающихся высокой стабильностью воспроизведения частоты, аппаратуры квантовых стандартов частоты на основе фемтосекундного лазера, средств измерений и средств их метрологического обеспечения в диапазоне частот до 178 ГГц и более;
- разработка комплекта из девяти нормативных, технических и методических документов по обеспечению единства измерений на предприятиях радиоэлектронной и электронной отраслей промышленности, обеспечивающих в полном объеме соблюдение метрологических правил и норм при разработке и производстве высокотехнологичной ЭКБ;
- создание пяти новых стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, применяемых в технологии производства ЭКБ и при соблюдении санитарных и экологических требований;
- внедрение трех новых базовых технологий создания унифицированных модулей контрольно-измерительной аппаратуры параметров ЭКБ;
- формирование центра сертификационных испытаний новейших элементов и модулей оптоэлектронной ЭКБ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о НИР «Метрология ЭКБ» «Системные исследования по обоснованию программного развития контрольно-измерительного оборудования для обеспечения создания электронной компонентной базы».
2. ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и электроники на 2008–2015 годы».
3. Булгаков О. Ю., Катушкин Ю. Ю. Состояние и перспективы метрологического обеспечения высокотехнологической электронной компонентной базы // Вестник метролога, 31, № 1, 2014 г.

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 840 руб.

## ЭТАЛОНЫ И СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

В. Г. Лукашкін, М. Ф. Булатов

Рассмотрены общие вопросы метрологического обеспечения и единицы физических величин. Изложены основные задачи технических средств метрологического обеспечения в области электрорадиоизмерений. Даны методы воспроизведения единиц физических величин на основе современных научно-технических достижений с использованием квантовых эффектов и фундаментальных физических констант. Книга может быть полезна студентам и аспирантам при выборе и обосновании эталонной базы в области электрорадиоизмерений, а также специалистам, занимающимся вопросами разработки, производства и оценки качества средств измерений, контроля и испытаний.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 402 с.  
ISBN 978-5-94836-512-1

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91; +7 (495) 234-0110; +7 (495) 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru