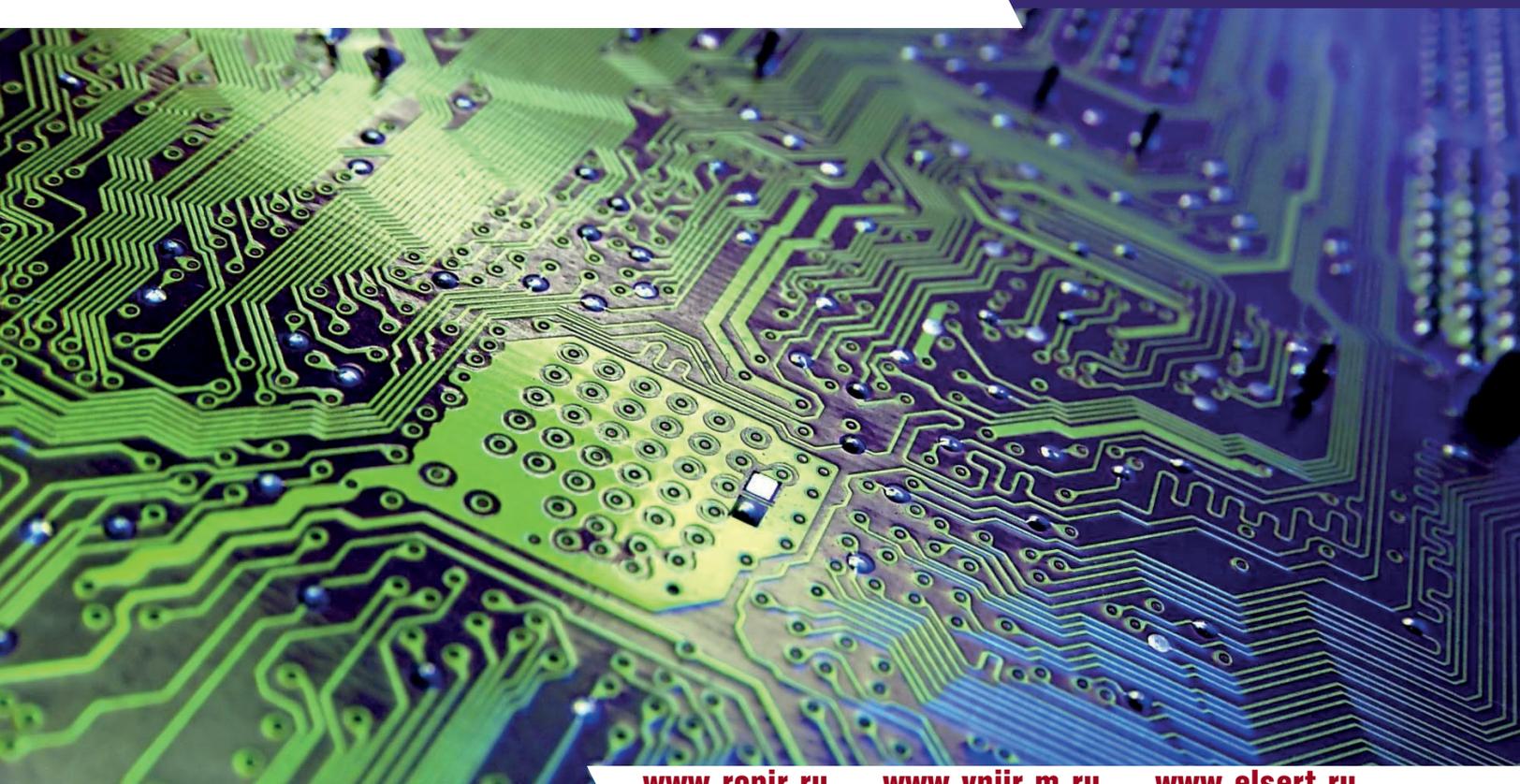


2⁽¹⁴⁾ | РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: 2024 | ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ



www.ropir.ru

www.vniir-m.ru

www.elsert.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ
КАЧЕСТВО И НАДЁЖНОСТЬ
СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ
ИНФОРМАЦИЯ



ВНИИР

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

Головная научно-исследовательская испытательная организация Минпромторга России в области ЭКБ, научного обеспечения и межведомственной методической координации работ по созданию и проведению исследований (испытаний) изделий электронной компонентной базы

Лаборатория	МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ	15 видов испытаний, 7 ед. испытательного оборудования, 22 ед. средств измерений
Лаборатория	КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ	27 видов испытаний, 22 ед. испытательного оборудования, 21 ед. средств измерений
Лаборатория	ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ	17 Видов испытаний, 19 ед. испытательного оборудования, 72 ед. средств измерений
Лаборатория	ДИАГНОСТИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И РАЗРУШАЮЩЕГО ФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	30 видов испытаний

ИЦ аккредитован на проведение **89** видов испытаний ЭКБ и РЭА

Уникальные виды испытаний:

- определение отсутствия признаков контрафактного происхождения ЭКБ;
- диагностический неразрушающий контроль (акустический и рентгеновский);
- испытания на электромагнитную совместимость;
- воздействие плесневых грибов;
- воздействие факторов резко континентального характера.



ИЦ располагает **52** единицами аттестованного испытательного оборудования, **216** единицами поверенных средств измерений и квалифицированным персоналом

141008, Московская область, г.о. Мытищи, г. Мытищи, ул. Колпакова, д. 2А
+7 (495) 586-17-21 доб. 1434, 1404; e-mail: vnir@vnir-m.ru, сайт: vnir-m.ru

Система добровольной сертификации радиоэлектронной аппаратуры, электронной компонентной базы и материалов военного, двойного и народнохозяйственного назначения «Электронсерт» (рег. № РОСС.RU.B2618.04КМНО от 07.04.2022 г.)



АНО «ЦЕНТР СЕРТИФИКАЦИИ, ОБУЧЕНИЯ И КОНСАЛТИНГА «ЭЛЕКТРОНСЕРТИФИКА»



СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

- ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ РАЗРАБОТЧИКОВ ЭКБ И РЭА
- ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ ЭКБ И РЭА
- ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ПОСТАВЩИКОВ ЭКБ И РЭА



МЕТОДИЧЕСКИЕ УСЛУГИ

- СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ-РАЗРАБОТЧИКОВ, ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ ЭКБ
- СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПОСТАВЩИКОВ ЭКБ
- СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ (ЦЕНТРОВ)



ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

- СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ
- ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКБ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ (ЦЕНТРАХ)
- МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ ЭКБ И РЭА
- ПРИМЕНЕНИЕ ЭКБ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

141008, Московская область, г. Мытищи, ул. Матросова, д. 8, 2-й этаж, офис 9 и 19
+7 (495) 055-05-99, e-mail: elsert@bk.ru, сайт: elsert.ru

РО Пир 2(14)/2024 (Основан в 2021 году)

Зарегистрирован в федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-83479 от 15 июня 2022 г. Материалы журнала размещаются на сайте научной электронной библиотеки и включаются в национальную информационно-аналитическую систему РИНЦ.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.В. Шпак, кандидат экономических наук
Г.Я. Красников, Президент РАН
И.С. Иванов, генеральный директор ФГБУ «ВНИИР»
С.И. Боков, доктор экономических наук
А.В. Брыкин, доктор экономических наук
В.Л. Гладышевский, доктор экономических наук
Н.В. Завьялов, член-корреспондент РАН
В.М. Исаев, доктор технических наук
А.С. Сигов, академик РАН
В.Б. Стешенко, кандидат технических наук
А.А. Рахманов, доктор технических наук
В.А. Телец, доктор технических наук
А.В. Трусов, доктор технических наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

О.Ю. Булгаков, заслуженный работник связи Российской Федерации, кандидат военных наук

Заместитель главного редактора:

С.Б. Подъяпольский, кандидат технических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.С. Афанасьев, кандидат технических наук
В.В. Быканов, кандидат технических наук
П.С. Желтухин, доктор технических наук
И.Н. Кабанов, доктор технических наук
Р.Г. Левин, кандидат физико-математических наук
С.С. Милосердов, кандидат технических наук
Д.В. Орехов, кандидат экономических наук
А.Г. Подольский, доктор экономических наук
Д.А. Руденко, кандидат военных наук
Ю.В. Рубцов, генеральный директор АО «ЦКБ «Дейтон»
Т.Н. Серазетдинов, ген. директор АО «Авиаприбор»
В.А. Трусов, доктор технических наук
Л.А. Фёдорова, академик Академии проблем качества
В.Н. Храменков, доктор технических наук

РЕДАКЦИЯ:

В.А. Сахаров, ответственный редактор
В.В. Малышева, графический дизайнер
Ю.А. Зайцева, редактор-корректор
О.Е. Николаева, редактор-корректор

Адрес редакции: Колпакова ул., д. 2а, г. Мытищи,
г.о. Мытищи, Московская обл., Россия, 141002
Тел/факс: +7 (495) 586-17-21 / +7 (495) 055-05-99

Отпечатано:

Юридический адрес: Колпакова ул., д. 2а, г. Мытищи,
г.о. Мытищи, Московская обл., Россия, 141002
Тел/факс: +7 (495) 586-17-21 / +7 (495) 055-05-99

Сдано в набор 5.06.2024 г.

Подписано к печати 25.06.2024 г.

Тираж 350 экз.

Редакция не несёт ответственности за содержание авторских материалов и достоверности сведений в рекламе.

Фотография на обложке – открытый источник сети Интернет.

Совместное учреждение и издание федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники» (ФГБУ «ВНИИР») и автономной некоммерческой организации «Центр сертификации, обучения и консалтинга «Электронсертифика» (АНО «Электронсертифика»). Журнал выпускается при содействии Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России и Российского технологического университета – МИРЭА.

СОДЕРЖАНИЕ

Поздравление члена редакционного совета
Сигова А.С. 2

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ

Стешенко В.Б., Шевченко П.Г., Лукьянов Е.М.
Методика оптимизации требований, предъявляемых к электронной компонентной базе в рамках постановки опытно-конструкторских работ 2

Рубцов Ю.В., Дормидошина Д.А.
Применение моделей электронной компонентной базы 6

Боднарук Л.Н., Матюхин Д.В., Милосердов С.С.
Основы совершенствования системы управления развитием электронной компонентной базой 12

КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

Клиот А.Е. Фазовые переходы, эфир 15

Залунаев М.Ю., Чистов А.С. Специальные требования к системе менеджмента качества и электронной компонентной базе в автомобильной промышленности 21

Шведов А.В. Практические моменты проведения внутренних аудитов системы менеджмента качества поставщиков электронной компонентной базы 27

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ

Быканов В.В., Подъяпольский С.Б.,
Есакова М.М., Тупицина А.В.
Метрологическое обеспечение измерений молярной (объемной) доли влаги под корпусом микросхем методом разрушающего контроля и пути его совершенствования 31

Мионов Д.Е. Основные изменения, внесенные в положение о стандартизации в отношении оборонной продукции, в 2024 году 35

ИНФОРМАЦИЯ

О научно-технической конференции «Пути решения задач обеспечения современной радиоэлектронной аппаратуры надежной электронной компонентной базой» «СЕРТИФИКАЦИЯ ЭКБ-2024» 37

XIII Всероссийская научно-техническая Конференция «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ – 2024» 39



АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ СИГОВ советский и российский физик, академик Российской академии наук, президент РТУ МИРЭА, специалист в области физики твердого тела, твердотельной электроники и физического материаловедения, заслуженный деятель науки Российской Федерации, Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации, премии Правительства Российской Федерации в области образо-

вания и двух премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, премии им. М.В. Ломоносова в области науки и образования, член Научного совета при Совете Безопасности Российской Федерации, председатель Научного совета РАН по физике сегнетоэлектриков и диэлектриков, член бюро объединённого совета РАН по физике конденсированных сред, член Европейского физического общества, IEEE, Института инженерии и технологий (IET), заслуженно снискал признание и уважение как учёного мира Российской Федерации, так и за рубежом.

Александр Сергеевич, Ваш вклад в науку значителен и многие будущие поколения учёных будут пользоваться вашими достижениями в получении и реализации новых знаний!!!

Поздравляем Вас с днем рождения! С большим уважением хочется пожелать Вам крепкого здоровья, успешной работы, научных достижений, признаний и новых открытий. Будьте всегда морально удовлетворены и ощущайте постоянную поддержку коллег и дорогих Вам людей!!!

**С уважением,
коллектив редакционного совета, редакционной
коллегии и читатели научно-технического журнала
«Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения»**

УДК 629.76:629.78:621.38

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ В РАМКАХ ПОСТАНОВКИ ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

THE METHODOLOGY FOR OPTIMIZING THE REQUIREMENTS FOR THE ELECTRONIC COMPONENT BASE IN THE FRAMEWORK OF THE DEVELOPMENT WORK

Стешенко В.Б., к. т. н., доцент, **Шевченко П.Г.**, к. т. н., **Лукьянов Е.М.**,
АО «Российские космические системы», +7 (495) 673-94-30 (доб.4382), ekb2820@spacecorp.ru

Steshenko V.B., Candidate of Technical Sciences, associate professor,
Shevchenko P.G., Candidate of Technical Sciences, **Lukyanov E.M.**,
JSC "RUSSIAN SPACE SYSTEMS", +7 (495) 673-94-30 (ext. 4382), ekb2820@spacecorp.ru

Аннотация. В данной статье описана методология повышения эффективности мероприятий по разработке элементной базы за счет сокращения общего числа требований и выявления наиболее значимых характеристик, в рамках формирования технических заданий на постановку опытно-конструкторских работ (ОКР) по разработке электронной компонентной базы (ЭКБ).

Annotation. This article describes a methodology for improving the effectiveness of measures for the development of an element base by reducing the total number of requirements and identifying the most significant characteristics, as part of the formation of technical specifications for the formulation of experimental design work (R&D) for the development of an electronic component base (ECB).

Ключевые слова: электронная компонентная база, радиоэлектронная аппаратура, унификация.

Keywords: electronic component base, electronic equipment, unification, testing of electronic products.

Научная специальность: 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Введение

Приоритетной задачей радиоэлектронной промышленности является обеспечение разработчиков радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) необходимой номенклатурой изделий ЭКБ.

Изделия ЭКБ, применяемые при разработке, модернизации и изготовлении РЭА, должны удовлетворять целому ряду требований, формируемых разработчиком на этапе проектирования, в соответствии с функционалом и требованиями, задаваемыми в техническом задании (далее

– ТЗ) на аппаратуру.

При выборе электронных компонентов требования к параметрам определяются характеристиками и функциональным назначением РЭА. Ориентировочные сроки поставки изделий, существующий технологический задел и необходимость разработки элемента с последующим выходом в серийное производство, также будут определяющими при выборе разработчика РЭА в сторону конкретной номенклатуры.

Опыт унификации технических решений в космической отрасли показал, что разработка технических требований на изделия ЭКБ космического применения, с учетом максимальной применимости изделий после выхода в «серию», требует многоэтапного согласования нескольких десятков требований к характеристикам.

Основная часть

Для радиоэлектронной промышленности заказчик, в лице космической промышленности, не является комфортным, поскольку к изделиям ЭКБ космического применения предъявляются не только требования к электрическим и массогабаритным характеристикам, но и целый ряд жесточайших требований по надежности и стойкости к внешним факторам и факторам космической радиации.

Исходя из этого разработчики изделий ЭКБ при выполнении ОКР стараются использовать имеющиеся наработки с последующей модернизацией топологии и конструкции под космическое применение. Обычно радиационная стойкость таких изделий ЭКБ не может быть предварительно оценена расчетными методами, а, следовательно, заключение о радиационной стойкости может быть получено только после натурных испытаний. С целью парирования возможных проблем единовременного обеспечения технических характеристик и радиационной стойкости сподвигает разработчиков изделий ЭКБ при согласовании протоколов в рамках выполнения ОКР снижать требования к параметрам относительно значений, указанных в ТЗ, временами критичных для потребителя.

Следовательно, для оптимизации процесса согласования требований на изделия ЭКБ космического применения, необходимо сокращать общее число предъявляемых требований за счет выявления наиболее значимых характеристик и в процессе согласования требований распределять их по приоритетности обеспечения показателей в рамках конкретного функционального назначения.

В статье изложена методика формирования из общего массива требований, предъявляемых к изделиям ЭКБ, эффективного набора параметров, однозначно описывающих требуемые изделия в рамках унифицированной потребности разработчиков РЭА для последующего включения в ТЗ на ОКР.

Под эффективным набором параметров понимается совокупность характеристик, описывающих ЭКБ и процесс ее функционирования с достаточной для решения задачи анализа точностью.



Стешенко В.Б.



Шевченко П.Г.



Лукьянов Е.М.

Общий методологический подход

Системный подход к анализу требований к изделиям ЭКБ, как к сложным техническим объектам, требует максимально возможного учета совокупности характеристик, формирующих потребность и взаимосвязи между ними. Требования к ЭКБ, описываемые в ТЗ на ОКР, можно рассматривать, как параметры некоторой модели пока не существующего реального электронного компонента. Следовательно, в процессе формирования ТЗ на изделия ЭКБ часто возникают задачи определения минимально необходимого объема предъявляемых требований, т. е. параметров модели, достаточного для максимально точного соответствия реальному объекту – изделию ЭКБ, необходимому разработчику РЭА.

Проведенный анализ номенклатуры ЭКБ основных функциональных групп показал, что требования к электронным компонентам могут характеризоваться некоторым параметрическим базисом, включающим несколько десятков параметров. В то же время сложно функциональные изделия ЭКБ – ПЛИС, микроконтроллеры и т. п., могут включать более простые структурные элементы, за счет чего общий параметрический базис может описываться уже сотнями параметров.

Решение настолько многомерной задачи при формировании требований на новое изделие ЭКБ, даже с учетом применения аппаратных вычислительных средств, требует больших затрат времени, поэтому целесообразно уменьшить рассматриваемое число требований (переменных в модели) без потери точности результата.

Такую оптимизацию в рамках формирования ТЗ предлагается осуществлять посредством:

- выявления наиболее значимых для модели ЭКБ требований посредством экспертного анализа;
- заменой начального набора параметров меньшим числом параметров, характеризующих модель с той же степенью точности, посредством факторного анализа.

Выявление характеристик ЭКБ, оказывающих наибольшее влияние на эффективность их функционирования

Любое изделие ЭКБ можно описать конечным числом характеристик, однозначно определяющих эффективность его функционирования т. е. степень обеспечения требований разработчика РЭА.

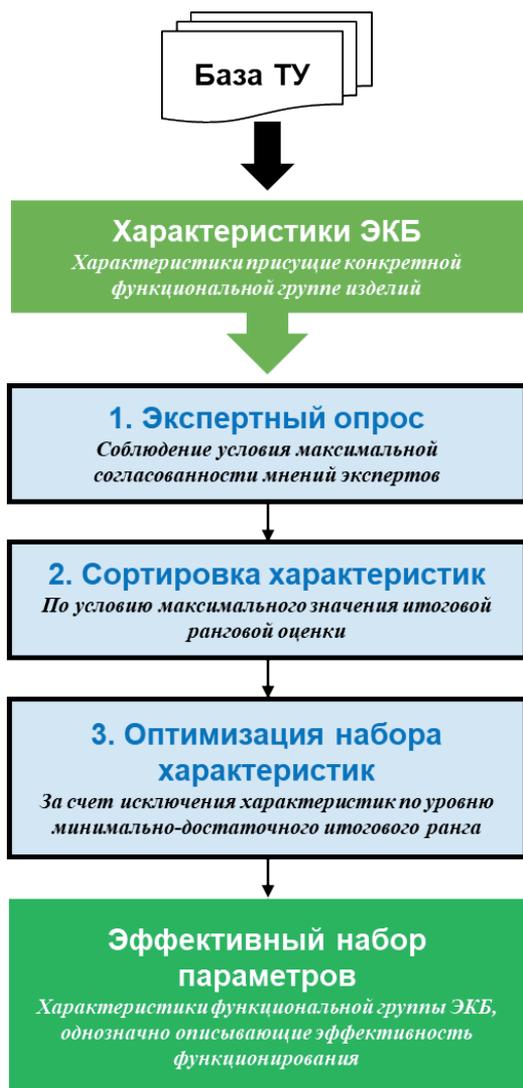


Рис. 1. Схема выявления характеристик ЭКБ, оказывающих наибольшее влияние на эффективность ее функционирования

Существующие ограничительные перечни и базы технических условий (далее – ТУ) по причине наличия большого объема данных, в том числе противоречивых, накладывают ограничения на возможные подходы к анализу характеристик включенных в них элементов. Для выявления наиболее значимых характеристик предлагается использовать метод экспертной оценки, суть которого заключается в ранжировании анализируемых параметров по степени их влияния на эффективность функционирования ЭКБ. Обработка результатов экспертных оценок проводится методом ранговой корреляции. Методика выявления наиболее значимых характеристик состоит из трех шагов (см. рис. 1).

Формируется экспертная группа из k экспертов, предпочтительно разработчиков РЭА. Каждому эксперту дается высказать свое мнение по поводу значимости n исследуемых параметров посредством заполнения бланков оценки. Для этого им дается возможность поставить оценку каждому параметру от 1 до n , где 1 означает максимальную по значимости оценку, а n минимально возможную.

Во время экспертной оценки проверяется согласованность мнений экспертов, для этого вычисляется коэффи-

циент конкордации, который будет указывать на согласованность при $W = 1$ или же, наоборот, $W = 0$ на полное отсутствие общего мнения экспертов.

Коэффициент конкордации W может принимать значение от нуля до единицы и рассчитывается следующим образом [1]:

$$W = \frac{12}{n^2(m^3 - m)} \sum_{n=1}^N \left(\sum_{m=1}^M r_m^n - \frac{n(m+1)}{2} \right)^2, \quad (1)$$

где r_m^n – ранг n -го направления у m -го эксперта;

N – число исследуемых направлений;

M – общее количество экспертов.

Итоговая ранговая оценка ω_j для n -ой характеристики определяется по [2]:

$$\omega_j = 2 \frac{m(n+1) - \sum_{m=1}^M r_m^n}{nm(n+1)}, \quad (2)$$

В процессе вычисления итоговых ранговых оценок ω_j для j -ой характеристики производится их сортировка от наибольшего значения к наименьшему, возможная к реализации, к примеру обратным «пузырьковым методом». В рамках данного метода выполняется некоторое количество проходов по массиву рангов – начиная от начала массива, перебираются пары соседних элементов. При каждом проходе алгоритма по внутреннему циклу очередной наибольший элемент массива ставится на своё место в начале массива рядом с предыдущим «наименьшим элементом», а наибольший элемент перемещается на одну позицию к началу массива.

Для оптимизации набора характеристик, т. е. выявления массива N наиболее значимых характеристик вводится критерий φ и используется следующее соотношение:

$$\min \sum_{n=1}^N \omega_j \geq \varphi, \quad (3)$$

Замена начального набора параметров меньшим числом параметров посредством факторного анализа

Факторный анализ позволяет в случае большого числа параметров модели – требований к ЭКБ, уменьшить их количество за счет поиска наиболее емких характеристик, включающих в себя данные большинства параметров. Основное предположение факторного анализа заключается в том, что исходный набор характеристик объекта можно выразить, заменив на меньшее количество факторов (новых искусственных параметров), следовательно, сохранить максимум исходных данных в минимальном количестве переменных.

Предположим, что имеются данные по характеристикам n изделий ЭКБ одной функциональной группы, каждое из них однозначно описывается при помощи множества параметров m . Если принять за x_{ij} наименование j -ой характеристики для i -ого изделия ЭКБ, то исходную информацию по изделиям ЭКБ одной функциональной группы можно записать в виде матрицы данных, имеющей n строк (по статистической выборке изделий ЭКБ)

и m столбцов (по числу указываемых характеристик) – формула (4).

Первоначально рассчитываются всевозможные комбинации парных коэффициентов корреляции этих характеристик, показывающих степень влияния параметров друг на друга. С математической точки зрения методика заключается в исключении из матрицы сильно коррелирующихся между собой параметров и в сохранении минимального числа параметров k , которые оказывают наибольшее влияние на однозначную характеристику объекта [3].

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

Математическая модель при факторном анализе будет представлена в виде набора факторных нагрузок и факторных весов – формула (5).

$$\begin{aligned} X_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1k}F_k + d_1U_1 \\ &\quad \dots \\ X_m &= a_{m1}F_1 + a_{m2}F_2 + \dots + a_{mk}F_k + d_mU_m \end{aligned}, \quad (5)$$

где F_1, F_2, \dots, F_k – факторы;

U_1, U_2, \dots, U_m – постоянные факторы выражают особые свойства параметра X_j , которые не могут быть описаны через обычные факторы;

a_{ij} ($i = 1, m; j = 1, k$) – факторный вес;

d_{ij} ($i = 1, m$) – степень влияния фактор U_j на X_j .

Факторные веса позволяют сделать выводы о степени влияния исходного параметра в структуре каждого фактора.

Для выражения исходных параметров через факторы используется «метод главных компонент». Одним из условий применения метода главных компонент является то, что число факторов равно числу исходных признаков ($k = m$), а постоянные факторы настолько малы что ими можно пренебречь – формула (5).

$$\begin{aligned} X_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m \\ &\quad \dots \\ X_m &= a_{m1}F_1 + a_{m2}F_2 + \dots + a_{mm}F_m \end{aligned}, \quad (6)$$

Метод главных компонент создает нам новые переменные из старых, то есть по сути уравнения линейной регрессии (формула (6)) позволяют представить начальные параметры через набор факторов. Цель – выбрать максимально изменчивые переменные и исключить зависимые, т. е. начиная с F_1 подбирать веса таким образом, чтобы с одной стороны компонента была коррелирована с предыдущими компонентами, с другой имела максимально возможную дисперсию.

Поиск главных компонент осуществляется в порядке убывания их дисперсии. Это означает что факторы, входящие в первую главную компоненту F_1 , оказывают максимально возможное влияние на объект исследования.

При этом достаточное количество рассматриваемых для анализа компонент выбирается из начальных условий, а именно какой процент дисперсии должны они в себе сосредоточить (обычно для достоверности не менее 90 %).

Расчет конечных результатов происходит путем ортогонального преобразования факторных весов при помощи *VariMAX*-критерия, который определяется как максимум сумм дисперсии квадратов соответствующих факторных весам $V = \sum_j V_j \rightarrow \max$ [4]:

$$V = \sum_j \left\{ \left[n \sum_i (a_{ij}^2/h_i^2) - \left(\sum_i a_{ij}^2/h_i^2 \right)^2 \right] / n^2 \right\} \rightarrow \max, \quad (7)$$

решение ищется в виде $A = A_0T$,

где A_0 – матрица факторных нагрузок;

T – ортогональная преобразующая матрица.

Компоненты, не попавшие в задаваемую границу дисперсии, отбрасываются. В математической модели останется намного меньше главных компонент, чем начального числа параметров ($k \ll n$). Для выбора наиболее значимых факторов используется следующий критерий:

$$\eta_k = \left(\frac{\sum_{r=1}^k \lambda_r}{\sum_{r=1}^n \lambda_r} \right) \cdot 100\% > \varepsilon, \quad (8)$$

где ε – задаваемый порог на долю суммарной дисперсии, приходящейся на k главных компонент.

Заключение

АО «Российские космические системы» уже многие годы принимает участие в разработке и согласовании технических требований при формировании ТЗ на ОКР по разработке изделий ЭКБ космического применения. Многолетний опыт показал, что в рамках каждого ТЗ согласуется более десятка различных требований на ЭКБ, в результате возникают ситуации, что какие-то требования либо не учтены для конкретного потребителя, либо указаны противоречивые между собой требования.

Для исключения в будущем таких случаев и для общей оптимизации процессов разработки изделий ЭКБ, не только космического применения, предлагается методика оптимизации требований, предъявляемых к ЭКБ в рамках постановки ОКР, за счет выявления наиболее значимых характеристик.

Описанная методика позволяет на порядок сократить временные интервалы разработки ТЗ на ОКР, и учитывать требования большего числа разработчиков РЭА, в соответствии с отечественной общетехнической парадигмой унификации разработки электронной техники.

Литература

1. Сазонов А.А. Описание инструментов для диагностики изменения процессов: технологии решения производственных задач // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции X Ковалевские чтения. – СПб., 2015. – 2237 с.

2. Григорьев А.В., Козин П.А., Остапчук А.В. Методика определения значения весовых коэффициентов с учетом компетентности привлекаемых экспертов. // Имущественные отношения в Российской Федерации, № 8, 2004 г., с. 73-83.
3. Вознесенский В.А. Статистические решения в технологических задачах. – Кишинев, Карта Молдовеняска, 1969. – 232 с.
4. Чистякова А.П. Значение факторного анализа в условиях оценки финансового положения коммерческого предприятия / Чистякова А.П. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 6 (244). – С. 156-158.

УДК 67.06

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

APPLICATION OF MODELS OF ELECTRONIC COMPONENTS BASE

Рубцов Ю.В., Дормидошина Д.А., АО «ЦКБ «Дейтон»,
+7 (926) 009-37-00, Rubtsov@deyton.ru

Rubtsov U.V., Dormidoshina D.A., «Central Design Office «Deyton»,
+7 (926) 009-37-00, Rubtsov@deyton.ru

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований применения моделей электронной компонентной базы, которые используются как для разработки узлов радиоэлектронной аппаратуры с помощью систем автоматизированного проектирования, так и для обнаружения дефектов изделий электронной компонентной базы на этапах межтехнологического, выходного и входного контроля их качества. Результаты исследований получены специалистами АО «ЦКБ «Дейтон», обобщены и проанализированы авторами настоящей статьи.

Annotation. This article presents the results of studies of the use of electronic component base models, which are used both for the development of electronic equipment components using computer-aided design systems, and for detecting defects in electronic component base products at the stages of inter-technological, of output and of input quality control. The research results were obtained by specialists from the JSC «Central Design Office «Deyton», summarized and analyzed by the authors of the article.

Ключевые слова: модели электронных компонентов, системы автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, электронная компонентная база, радиоэлектронная аппаратура.

Keywords: models of electronic components, computer-aided design systems for electronic equipment, electronic component base, electronic equipment.

Научная специальность: 2.2.9. Проектирование и технология приборостроения и радиоэлектронной аппаратуры.

Введение

Необходимость применения моделей сводится к оптимизации значений времени и стоимости технологических процессов изготовления изделий и к достижению соответствия узлов радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) заданным нормам и правилам. Модели дают более полное представление о свойствах электронной компонентной базы (далее – ЭКБ) в дополнение к справочным данным, что позволяет ответить на вопросы целесообразности применения изделий. Применение моделей играет решающую роль в прогнозировании поведения схем, оптимизации конструкции и выявлении потенциальных проблем перед дорогостоящим прототипированием или производством.

Концепции разработки моделей и их применения предполагают использование моделей в качестве основы для получения данных, которые используются для принятия решений, как с точки зрения технических, так и управленческих аспектов. Модели могут быть различных типов, например, физическими, математическими или логическими, представляющие изделия ЭКБ. Применение моделей – это процесс использования моделей изделий ЭКБ и



Рубцов Ю.В. Дормидошина Д.А.

прогнозирования реального поведения изделий в тех или иных условиях.

Модели применяются при различных сценариях, чтобы обнаружить и понять, как работает реальная ЭКБ, а также получить представление об аспектах применения моделей. Когда математические методы используются для моделирования реальной ситуации, учитываются ключевые переменные, ограничения и компромиссы, чтобы можно было получить оптимальное решение, которое было бы одновременно осуществимым и достигало поставленных целей.

С другой стороны, применение моделей позволяет оценивать несколько сценариев, чтобы выявить и проанализировать реакцию РЭА. Этот процесс включает в себя изучение поведения и производительности реальной РЭА посредством тестирования теоретического, математического или физического ее представления. Например, Монте-Карло – это метод моделирования, который использует случайно сгенерированные входные данные на основе вероятности для определения результата различных сценариев. Однако не все результаты могут быть осуществимы, и не может быть окончательно выработано одно оптимальное решение.

АО «ЦКБ «Дейтон» 55 лет выполняет поставленные на этапе создания предприятия Советом Министров СССР и Министром электронной промышленности задачи по обеспечению правильности применения изделий ЭКБ в РЭА. В качестве основы для своей деятельности предприятие использует: конструкторскую документацию на изделия ЭКБ; результаты применения изделий ЭКБ в РЭА; действующие нормы, правила и стандарты; опыт и компетенции специалистов; программное обеспечение (в том числе разработанное собственными силами).

Одной из составляющих такой деятельности является: разработка моделей изделий ЭКБ; экспертиза моделей, разработанных сторонними организациями; обеспечение применения моделей; сопровождение, проведение миграции и конвертации моделей; разработка нормативной документации, в том числе стандартов по моделям изделий ЭКБ.

Основная часть

Применение SPICE моделей изделий ЭКБ

Наиболее распространёнными в части применения являются SPICE модели изделий ЭКБ. SPICE – это программа с открытым исходным кодом, которая моделирует условия работы аналоговых схем. Это сокращение (аббревиатура) от Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (Программа моделирования для интегральной схемы).

Основы SPICE моделирования был разработан Калифорнийским университетом в Беркли в 1973 году и претерпели изменения до достижения своего нынешнего формата. Изначально SPICE является программным обеспечением с открытыми исходными кодами, что способствовало её широкому распространению и применению.

Сейчас SPICE – это универсальная программа для создания моделей изделий ЭКБ, электрических цепей, которая обеспечивает линейный анализ переменного тока, нелинейный анализ переходных процессов и нелинейный анализ постоянного тока. Анализ выполняется путем решения комбинаций теоретических и экспериментальных уравнений, представляющих поведение элементов на основе физических законов, выполняемых в электрических цепях, с использованием анализа узловых точек.

В АО «ЦКБ «Дейтон» имеется большая библиотека моделей изделий ЭКБ, разработанных специалистами предприятия и моделей, разработанных сторонними организациями и переданных для использования. Специалистами

предприятия разработаны и апробированы стандарты организации по моделям SPICE. В настоящее время стандарты организации прошли экспертизу Росстандарта и стали национальными [1-10]. В стандартах использован опыт отечественных и зарубежных разработчиков изделий ЭКБ и РЭА.

Основная цель моделирования SPICE – спрогнозировать поведение РЭА до ее физической реализации. Это достигается путем применения моделей изделий ЭКБ, создания модели схемы, которая затем анализируется с помощью программного обеспечения, которое использует различные численные методы для решения набора дифференциальных уравнений, описывающих поведение схемы при заданном наборе входных параметров, которые могут включать значения резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, полупроводниковых приборов, микросхем и других компонентов схемы. Варьируя эти входные параметры, применение SPICE может дать представление о том, как схема будет вести себя в различных условиях. Например, применение SPICE можно использовать для анализа частотной характеристики схемы фильтра или переходной характеристики источника питания.

Применение SPICE особенно полезно для проектирования и тестирования сложных схем, которые сложно проанализировать вручную. Моделируя схему, разработчики могут обнаружить проблемы и оптимизировать производительность до создания физической схемы. Это экономит время и снижает риск дорогостоящих ошибок.

Для выполнения моделирования необходимы программное обеспечение симулятора и модели SPICE, которые предоставляют собой параметры для устройств и элементов. SPICE-модели микросхем, полупроводниковых приборов, резисторов, конденсаторов и других основных компонентов могут быть включены в симулятор.

Имеются десятки разновидностей моделей SPICE для применения в различных симуляторах. Модели SPICE конкретных транзисторов, микросхем и т. д. могут быть представлены на сайтах производителей. Модели SPICE разных производителей можно загрузить из сообществ SPICE. Кроме того, имеются примеры, которые расположены и оптимизированы в виде оценочных и демонстрационных схем; их можно использовать для значительного ускорения проектирования РЭА. Почти все оценочные и демонстрационные схемы предназначены для использования с конкретными симуляторами, поэтому применение возможно только на симуляторе, для которого предназначена схема.

Разновидности моделей SPICE включают в себя множество компактных моделей. Например, для полупроводниковых приборов: модели MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor – полупроводниковый прибор, разновидность полевых транзисторов, аббревиатура образована от слов «металл-оксид-полупроводник», обозначающих последовательность типов материалов в основной части прибора); комбинированные биполярные модели Эберса-Молла (классическая математиче-

ская модель биполярного транзистора, формулируется с использованием одинаковой суперпозиции токов в прямом и обратном направлениях [11]); Гаммеля-Пуна (представляет собой модель биполярного транзистора, когда определенные параметры опущены, модель Гаммеля-Пуна сводится к более простой модели Эберса-Молла [12]); модели JFET (junction field-effect transistor – трехполюсные полупроводниковые приборы, которые можно использовать в качестве переключателей с электронным управлением).

Кроме того, в разновидностях имеются множество других моделей для резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, независимых источников напряжения и тока, линий передачи, активных компонентов и источников, управляемых напряжением и током. SPICE распространяются на более сложные модели MOSFET, в частности, имеется семейство моделей BSIM (berkeley short-channel IGFET model – семейство моделей транзисторов MOSFET для проектирования интегральных схем). При добавлении других моделей устройств по мере развития технологий, более ранние модели становятся неадекватными. Чтобы стандартизировать эти модели и набор параметров моделей можно было использовать в различных симуляторах, за рубежом была сформирована отраслевая рабочая группа для поддержки и продвижения использования стандартных моделей – Коалиция компактных моделей (the Compact Model Coalition [13]). При этом, новые модели были в основном запатентованными, что ограничивает выбор используемых симуляторов. Новые модели представляются в Коалицию, где обсуждаются их технические достоинства, а затем голосуется их необходимость применения за потенциальные стандартные модели.

Применение IBIS моделей изделий ЭКБ

Модели IBIS (input output buffer information specification) описывают входные и выходные буферы изделия ЭКБ, стандартизованы EIA [14] и IEC [15] и начали применяться с 1990-х. Более совершенная версия IBIS 3.2, содержащая необходимые технические расширения, была выпущена в 1999 году и официально ратифицирована в стандарт ANSI/EIA-656-A. Этот документ стал официальным документом IBIS, поддержанным в IEC (международной электротехнической комиссией), и описан в стандарте IEC 62014-1. Он был одобрен в 1999 году и поддержан для применения в качестве официальной международной спецификации в 2001 году. В июле 2002 была представлена IBIS Version 4.0, а в январе 2003 года была выпущена IBIS Version 4.1.

В версии IBIS 4.1 появилась возможность использовать ссылки на языки IEEE VHDL-AMS, Accelera Verilog-AMS, списки соединений Berkeley SPICE, а версия IBIS 4.2 была ратифицирована в 2006 году как ANSI/EIA-656-B.

В версии IBIS 5.0 добавлены интерфейс алгоритмической модели (далее – AMI), система подачи питания и усовершенствования по проверке электромагнитной совместимости.

В версии IBIS 5.1 в 2012 г. были представлены значительные расширения и разъяснения формата AMI, а версия IBIS 6.0 в 2013 г. была доработана дополнительными разъяснениями и расширениями формата AMI, включая поддержку SerDes (устройств сериализатора-десериализатора).

Версия IBIS 6.1 в 2015 году была представлена с уточнениями и расширениями формата AMI, включая моделирование AMI_Resolve и PAM4.

В 2019 году выпущена версия IBIS 7.0, включающая модели межсоединений IBIS-ISS и Touchstone, а также моделирование обратного канала IBIS-AMI.

Поддержка IBIS-ISS и Touchstone для описаний электрических модулей (EMD) и моделей C_comp, статистическая оптимизация обратного канала IBIS-AMI, модели PDN на кристалле и другие разъяснения и расширения формата AMI были разработаны и представлены в 2021 году в версии IBIS 7.1.

В январе 2023 года были исправлены описания к потокам передрайвера и таймера IBIS-AMI, добавлена поддержка PAMn в IBIS-AMI и другие пояснения к формату AMI в версии IBIS 7.2.

Существуют рабочие группы комитета IBIS для решения вопросов качества, создания описаний, независимого анализа моделей и методов моделирования передовых технологий.

В настоящее время действует версия 7.2. Судя по версиям, указанным в стандартах EIA и IEC, текущая версия IBIS далеко продвинулась вперед, но отстают симуляторы, используемые для применения моделей.

В последних версиях IBIS существенное место уделяется совершенствованию устройств SerDes, которые поддерживаются через AMI (может также использоваться сокращение IBIS-AMI). Подход AMI разбивает моделирование устройств SerDes на две части – электрическую и алгоритмическую. Предполагается, что комбинация аналогового интерфейса передатчика, последовательного канала и аналогового интерфейса приемника является линейной и неизменной во времени. Нет никаких ограничений: выравнивание должно быть линейным и инвариантным во времени. «Аналоговая» часть канала характеризуется посредством импульсной характеристики, использующей конструкции IBIS.

Задача применения IBIS-AMI позволяет моделировать высокоскоростные системы передачи данных с использованием моделей IBIS-AMI. Передатчик и приемник должны быть представлены моделями IBIS-AMI и соединены линией связи. Учитываются перекрестные помехи между параллельными каналами.

Предполагается, что цепи согласования передатчика и приемника, восстановления тактового сигнала имеют высокоомное (электрически изолированное) соединение с аналоговой частью канала. Это позволяет моделировать схемы на основе характеристик аналоговой части канала. Поведение этих цепей алгоритмически моделируется с помощью двух файлов:

— исполняемый файл модели, обрабатывающий сигналы, характеризующий канал;

— файл определения параметров AMI, который определяет ключевые параметры и диапазоны параметров, используемые исполняемым файлом модели или самим инструментом симулятора для алгоритмического моделирования.

Файлы имеют расширения *.ibs и *.ami и платформо-зависимый исполняемый модуль с расширением *.dll для Windows, *.so для Linux.

Стандарт IBIS-AMI определяет два режима моделирования: статистический режим и переходный режим. Модели могут поддерживать любой из этих режимов или оба одновременно. Статистическое моделирование выполняется быстро и дает импульсные характеристики, которые полностью описывают поведение линейных нестационарных систем. Моделирование переходных процессов является более точным, поскольку они могут учитывать нелинейные и изменяющиеся во времени эффекты выравнивания. Однако моделирование переходных процессов требует гораздо больше времени.

Существуют сценарии, когда отсутствует предварительная информация об аналоговом канале приемника и передатчика. С помощью моделирования можно выполнить настройку параметров эквалайзера передатчика для оптимизации производительности и адаптации к сигнатуре аналогового канала. Расширенные спецификации связи, такие как PCI Express, USB, Fibre Channel и IEEE 802.3, определяют протоколы согласования канала для передатчиков и приемников. Если исполняемые модели AMI передатчика и приемника поддерживают один и тот же протокол согласования канала (протокол интерфейса обратного канала), то в инструменте симулятора может стать легче связь между исполняемыми моделями, обеспечивая согласование канала. Алгоритм согласования каналов может либо имитировать то, что на самом деле выполняет изделие ЭКБ, либо использовать методы анализа каналов для определения оптимальных настроек выравнивания. Эта возможность также позволяет с помощью IBIS моделей определять настройки коррекции для каналов, которые не имеют возможности автоматического их согласования.

Таким образом, IBIS описывают входные и выходные буферы изделия ЭКБ. Это позволяет не раскрывать топологию изделия, уменьшить время моделирования и требования к вычислительным ресурсам. С другой стороны, с помощью модели IBIS не всегда возможно промоделировать буфер с реальной системой питания и заземления, возникают большие трудности с моделированием шумов. Более того, представление корпуса изделия ЭКБ, в виде сосредоточенных ёмкости, индуктивности и сопротивления хорошо работает лишь в определенном, не очень высоком диапазоне частот. Применение в IBIS-AMI позволяет симулировать различные типы сигналов и ответную реакцию, а также поддерживает выдачу статистической информации.

Применение моделей изделий ЭКБ в формате Touchstone

Модели Touchstone (также известный как SnP) представляют собой текстовый файл ASCII, используемый для документирования данных сетевых параметров n-портов активного устройства или пассивной межсетевой сети. Хотя модели Touchstone были приняты в качестве фактического стандарта для передачи частотно-зависимых параметров n-порта, вплоть до выпуска документа Touchstone 2.0 [16] не было создано никакой регламентации формата или синтаксиса. Описания моделей Touchstone 2.0, основаны на информации от Agilent Technologies, Inc. (создатель Touchstone), представляют собой формальную спецификацию формата файла Touchstone.

В именах файлов с моделями Touchstone традиционно используется расширение файла *.snp, где n – количество сетевых портов описываемого изделия или межсоединения. Например, файл Touchstone, содержащий параметры сети для 2-портового устройства, будет называться «имя_файла.s2p», а файл Touchstone, содержащий данные для 3-портовой сети, будет называться «имя_файла.s3p» и т. д. Поскольку не все операционные системы могут распознавать расширения имен файлов с переменным содержимым или длиной, как определенный тип файлов, предлагается расширение *.ts для всех версий файлов Touchstone.

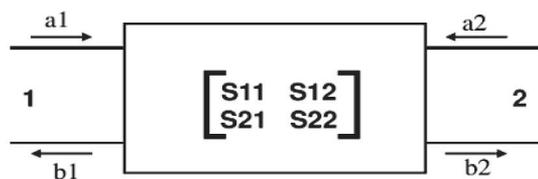
Файлы данных Touchstone состоят из «строки опций», за которой следуют параметры сети, полученные на определенных частотах. В строке опции указывается (помимо прочего) тип параметров n-порта, которые содержит файл (S-параметр, Z-параметр и т. д.) и формат значений сетевых данных (амплитудно-фазовый, вещественно-мнимый и т. д.). Данные сгруппированы в группы параметров n-порта, которым предшествует частота, с которой данные были взяты или получены. Для каждой частоты данные для сети с 1 или 2 портами содержатся в одной строке данных, тогда как данные для сетей с 3 портами и выше располагаются в матричном порядке строк. Формат Touchstone поддерживает матрицы неограниченного размера.

Формат Touchstone стал форматом файлов отраслевого стандарта, применяемый не только для симуляторов цепей, но и для измерительного оборудования (например, векторных анализаторов цепей), а затем стал стандартом EIA как часть IBIS добавлением ключевых слов в стиле IBIS, таких как [Reference], которые позволяют определять эталонную среду для каждого порта.

Наиболее часто конструкторами применяются модели Touchstone S-параметров, которые содержат информацию об усилении/потерях и фазе относительно портов эталонного сопротивления на частотах.

Исходные S-параметры и Touchstone 1.0 допускают использование только одного эталонного порта для одной модели, Touchstone 2.0 позволяет использовать несколько эталонных портов в модели S-параметров.

Схема и описание 2-портовой модели с S-параметрами в Touchstone показаны на рис 1:



$$\begin{bmatrix} b1 \\ b2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S11 & S12 \\ S21 & S22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \end{bmatrix}$$

$$b1 = S11 a1 + S12 a2$$

$$b2 = S21 a1 + S22 a2$$

Рис. 1. Схема 2-портовой модели с S-параметрами в Touchstone

Положительные стороны применения моделей с S-параметрами в том, что они всегда определены, хотя импеданс или проводимость могут отсутствовать. S-параметры нормированы. Моделирование имеет хорошие числовые свойства. S-параметры легко измеряются даже на очень высокой частоте. Лучше подходит для моделирования и измерения корреляций. Большинство измерений также предоставляют выходные данные Touchstone с S-параметрами. Табличные данные о частоте в формате ASCII не раскрывают никаких деталей конструкции, а только электрические свойства. Лучший способ представить широкополосное взаимодействие цепей, показывая целостность сигнала и мощности.

Несмотря на множество преимуществ S-параметров, существуют также некоторые недостатки моделирования, когда данные S-параметров имеют ограниченный охват частотного диапазона. Точка постоянного тока отсутствует, имеется грубая выборка, не желаемая чувствительность и шум измерения.

Применение геометрических моделей изделий ЭКБ

В радиоэлектронной промышленности применяется достаточно много типов геометрических моделей изделий ЭКБ.

Наиболее часто используется формат STEP, который представляет собой нейтральный 3D-формат файла и позволяет обмениваться данными между различными программами. STEP – это аббревиатура, которая означает Standard for the Exchange of Product Data (Стандарт обмена данными о продуктах). Рост популярности файлов STEP связан с его особенностями и преимуществами. Файлы STEP могут помочь создать хорошо детализированные модели. Каждый файл STEP содержит данные 3D-модели, которые сохраняются в текстовом формате ASCII. Одной из особенностей файла STEP является то, что он может точно считывать и сохранять всю структуру 3D-модели.

Формат STEP является стандартом ISO. При написании этого файла в основном используется язык моделирова-

ния EXPRESS. STEP присутствует в различных прикладных протоколах. К ним относятся STEP AP203, AP214 и AP242. Имеются различия и сходства STEP AP203, AP214 и AP242, каждый из данных форматов имеет преимущества и особенности.

Для AP203 решающее значение имеют проектирование механических частей и 3D-конфигурация. AP203 определяет данные управления твердотельными элементами изделия. Этот формат файлов поддерживается оборонным и аэрокосмическим секторами. Кроме того, этот формат файла не позволяет управлять слоями и цветами.

Имеется вторая редакция AP203, совместимая со STEP AP214. В ней присутствуют слои и цвета. Также имеются текстовые аннотации, связанные с геометрией. Имеются свойства проверки, такие как центр, объем, площадь и облака точек.

Особенности STEP AP203 включают в себя:

- геометрические данные в виде фасетных моделей, твердых тел, каркасных и поверхностных моделей;
- модель, представляющую собой набор элементов изделия;
- данные для контроля конфигурации.

STEP AP214 – улучшенная версия AP203. Все лучшие функции AP214 взяты из AP203. Добавлены:

- геометрические размеры и допуски;
- цвета и слои;
- протоколирование разработки;
- свойства проверки, которые являются глобальными и локальными;
- текстовые аннотации, связанные с геометрией;
- кинематические конструкции;
- ссылки на данные об изделии.

STEP AP242 имеет прикладной характер, ориентированный на 3D-инжиниринг на основе управляемых моделей. Он создает единый стандарт для 3D-инжиниринга путем объединения STEP AP214 и STEP AP203. STEP AP242 включает в себя все функции AP214 и AP203. Это делает его более популярным вариантом среди всех форматов файлов STEP. AP242 включает в себя 3D-электронные схемы, 3D-кинематику и мехатронику.

Особенность AP242 – это мозаичное представление формы. Эта функция обеспечивает отображение, используя такое представление, как треугольные грани.

Из всех описанных выше STEP лучшим форматом является STEP AP242. Это связано с тем, что он включает в себя как функции STEP AP214, так и STEP AP203. Введение AP242 сделало AP203 и AP214 устаревшими.

При этом, AP203 и AP214 остаются популярными для геометрических моделей. Это связано с тем, что не все системы проектирования электроники (EDA) воспринимают другой STEP формат.

Модели STEP нашли применение для проверки размеров элементов изделий в робототехнических комплексах визуального контроля качества изделий ЭКБ.

АО «ЦКБ «Дейтон» разрабатывает габаритные чертежи для изделий ЭКБ. Наряду с этим разрабатываются

геометрические модели различных форматов STEP для конкретных EDA. STEP модели корректируются при внесении изменений в конструкторскую документацию. При этом не все потенциальные потребители изделий информируются изготовителем об этих изменениях.

Заключение

1. Применение моделей позволяет рассмотреть проект РЭА с разных точек зрения. Это также облегчает обнаружение причин и последствий смоделированных сценариев с использованием аспекта прослеживаемости моделей, который является безопасным, точным и экономически эффективным. Это помогает визуально продемонстрировать проект РЭА, одновременно помогая оценить риск и возможные альтернативы на более ранних этапах жизненного цикла разработки РЭА. Применение моделей помогает решать реальные проблемы и помогает оценивать возможные решения, предоставляя четкое представление об анализе сложных систем. Применение моделей обеспечивает возможность оценить схемы РЭА перед их фактическим внедрением в аппаратное обеспечение. Это помогает на этапе исследования и в прогнозировании избежать неожиданных проблем. Применение моделей в реальном времени дополняет базовые возможности, позволяя изменять процесс моделирования в зависимости от требуемой скорости и временных интервалов.

2. В представленном обзоре нет моделей VHDL, HDL, Verilog (Hardware Description Language, Very High Speed Integrated Circuits Program – VHSIC), написанных на языке описания аппаратного обеспечения (HDL), который позволяет моделировать поведение и структуру цифровых систем на нескольких уровнях абстракции, от уровня системы до уровня логических вентилях по причине малого объема информации о результатах их применения. С 1987 года VHDL стандартизирован IEEE, как IEEE Std 1076; последняя версия – IEEE Std 1076-2019. Для моделирования аналоговых систем и систем со смешанными сигналами применяется стандартизированный IEEE HDL на основе VHDL, VHDL-AMS (официально IEEE 1076.1). В России разработан и введен стандарт ГОСТ Р 50754-95 [17]. Стандарт за 29 лет не дополнялся и не обновлялся. Вероятно, это также является причиной неинформативности данных моделей.

3. В отечественной электронной промышленности имеется большое количество моделей ЭКБ, конкретного назначения и необходимой точности. Правила написания моделей и их применение нуждается в стандартизации. Все разработанные модели необходимо собрать и систематизировать в централизованной библиотеке для информирования разработчиков и изготовителей об их наличии, доступности к применению, адаптации и обмену опытом в получении результатов применения. Для применения моделей целесообразно использовать зарубежный опыт по созданию и функционированию коммерческого центра, на примере зарубежных бирж СФ-блоков.

Литература

- ГОСТ Р 70756-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. Термины и определения».
- ГОСТ Р 70806-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. Постановка задачи».
- ГОСТ Р 70807-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. Описание модели».
- ГОСТ Р 70838-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. Общие требования».
- ГОСТ Р 70839-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. Стадии жизненного цикла».
- ГОСТ Р 70884-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. Общие положения».
- ГОСТ Р 70976-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. Правила написания элементов».
- ГОСТ Р 70977-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. Порядок применения».
- ГОСТ Р 71128-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. Требования к миграции».
- ГОСТ Р 71129-2023 «Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. Требования к конвертированию моделей SPICE».
- Sedra A.S., Smith K.C. (2004). *Microelectronic Circuits* (5th ed.). New York: Oxford. Eqs. 4.103–4.110, p. 305. ISBN 978-0-19-514251-8.
- Gummel H.K. and Poon H.C., An integral charge control model of bipolar transistors, *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 49, pp. 827–852, May–June 1970.
- “CMC - Compact Model Council”. GEIA. Archived from the original on May 11, 2011.
- SAE EIASTD 656B-2006 I/O Buffer Information Specification (IBIS) Version 4.2.
- IEC 62014-1 Electronic design automation libraries – Part 1: Input/output buffer information specifications (IBIS version 3.2).
- Touchstone File Format Specification. Version 2.1 Ratified by the IBIS Open Forum January 26, 2024.
- ГОСТ Р 50754-95 «Язык описания аппаратуры цифровых систем VHDL. Описание языка».

ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗОЙ

FUNDAMENTALS OF IMPROVING THE MANAGEMENT SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT
OF AN ELECTRONIC COMPONENT BASE

Боднарук Л.Н., Матюхин Д.В., к. т. н., доцент, **Милосердов С.С.**, к. т. н.,
ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, +7 (495) 471-17-07, mil22@list.ru

Bodnaruk L.N., Matyukhin D.V., Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Miloserdov S.S., Ph. D. of Engineering Sciences,
FSBI "46 Central Research Institute" of the Ministry of Defense of Russia, +7 (495) 471-17-07, mil22@list.ru

Аннотация. В статье описываются основные законы и принципы управления, лежащие в основе совершенствуемой (воссоздаваемой) системы управления развитием электронной компонентной базы.

Annotation. The article describes the basic laws and principles of management underlying the improved (recreated) management system for the development of an electronic component base.

Ключевые слова: электронная компонентная база, электронная техника, законы и принципы управления, система управления развитием, радиоэлектронная аппаратура.

Keywords: electronic component base, electronic products; laws and principles of management, development management system, electronic equipment.

Научная специальность: 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Введение

Как известно, электронная компонентная база (далее – ЭКБ) является основой электронной аппаратуры, которая применяется практически во всех сферах человеческой деятельности. На современном этапе развития общества невозможно представить себе решение задач обеспечения обороны страны и безопасности государства, повышения производительности труда, роста объемов и качества конкурентоспособной продукции, повышения качества жизни и всестороннего развития личности без применения электронной техники, и, в первую очередь, ЭКБ.

Результаты анализа основных документов стратегического планирования в области развития ЭКБ [1-3] свидетельствуют о том, что они, в основном, содержат требования по достижению целей развития ЭКБ, показатели развития, а также условия, при которых они могут быть достигнуты. Успешная реализация указанных документов возможна при эффективно функционирующей системе управления развитием ЭКБ (далее – Система), которая включает федеральные органы исполнительной власти (далее – ФОИВ), их уполномоченные научно-исследовательские организации (далее – НИО), а также НИО и предприятия электронной и радиоэлектронной промышленности, деятельность которых непосредственно связана с планированием создания, разработкой, производством и применением ЭКБ.

Итоги реализации [4] и других планирующих документов предыдущего программного периода свидетельствуют о том, что существующая Система требует совершенствования. Такая работа должна быть проведена не только на основе личного опыта, ограниченного областью прак-



Боднарук Л.Н.



Матюхин Д.В.



Милосердов С.С.

тической деятельности и некоторой совокупности простых и четко сложившихся правил, но и на основе современных представлений об управлении как науке и предлагаемого ею богатейшего арсенала научных инструментов, основой которых являются законы, принципы, структуры, функции и методы управления. В настоящей статье рассмотрены только законы и принципы управления применительно к Системе.

Основная часть

При совершенствовании Системы необходимо учесть основные существующие общие законы управления, которые обеспечат выполнение ею следующих **требований** [5]:

- организационного и функционального единства, заключающегося в том, что Система должна содержать все необходимые элементы, объективно соответствующие целям и задачам развития ЭКБ, но не как сумму частей, фрагментов Системы, а как единое целое, а также то, что Система должна быть способна реализовывать все функции, необ-

ходимые для эффективного выполнения поставленной перед нею задач (закон системной формы организации управления);

- учета экономических, отраслевых, географических, профессионально-квалификационных и других факторов (закон необходимого разнообразия степеней свободы управления);
- адекватности организационной и функциональной сложности участников Системы и компетенции ее коллективов (закон зависимости управленческого взаимодействия субъекта и объекта управления от состояния организации и ее внешней среды);
- соответствия уровням, направлениям, целям и задачам развития ЭКБ по функциональным и структурным возможностям Системы (закон взаимного соответствия друг другу субъекта и объекта управления);
- совместного развития с участниками Системы (закон адаптации и саморазвития системы управления);
- взаимовязанности по всем направлениям деятельности (закон единства действия законов управления).

Кроме этого, совершенствуемая **Система должна учитывать:**

- централизацию власти ФОИВ и делегирование полномочий уполномоченным ими организациям (закон единства централизации и децентрализации власти и управления);
- значимость развития ЭКБ для обеспечения обороноспособности страны и безопасности государства, а также его влияние на конечный результат деятельности участников Системы (закон усиления управления деятельностью организаций);
- зависимость организационных форм и методов развития ЭКБ от структуры, среды и материально-технической базы участников Системы;
- единство организационно-методологических основ для всех уровней участников Системы;
- единство и подчиненность критериев оценки эффективности развития ЭКБ в ходе деятельности Системы;
- соответствие потребного и располагаемого времени при решении задач развития ЭКБ;
- зависимость эффективности решения задач развития ЭКБ от объема используемой информации.

Рассматриваемая и совершенствуемая Система должна основываться на знании и понимании сущности основных категорий науки управления, в том числе, принципов управления, которые необходимо строго соблюдать в ходе разработки, оценке эффективности и совершенствовании Системы.

Однако, существующие принципы управления «сами» не могут автоматически «действовать» или «работать» (в отличие от законов управления), их нельзя произвольно трактовать или формулировать, их действие не зависит от них самих, а всецело определяется отношением к ним лиц,

вовлеченных в какой-либо процесс управления (в данном случае – управление развитием ЭКБ). Недостаточно просто знать принципы управления, необходимо уметь применять их в повседневной деятельности.

Общими принципами управления, применимыми к рассматриваемой Системе, являются принципы системности, объективности, правовой упорядоченности, законности, оптимальности, информационной достаточности, научности в сочетании с элементами искусства управления [6].

Принцип системности является фундаментальным. Он обуславливает необходимость рассмотрения Системы как составной и неразрывной части государственного управления качеством продукции. При этом принцип системности основывается на ряде подчиненных принципов, основными из которых являются:

- целостность – принципиальная несводимость свойств Системы к сумме свойств, составляющих ее подсистемы и невыводимость из последних свойств целого, которая определяет зависимость каждой подсистемы, ее свойств и отношений от ее места, функций внутри Системы;
- структурность – возможность описания Системы через ее структуру, иначе описание ее элементов, связей и отношений, обусловленных поведением ее отдельных элементов и свойствами ее структуры;
- взаимозависимость функционирования Системы и качества продукции – процесс формирования Системой и проявление своих свойств в ходе создания и применения ЭКБ, что в целом и является ведущим активным компонентом Системы;
- иерархичность – возможность рассмотрения каждой из входящих в Систему подсистем в качестве самостоятельной системы.

Принцип объективности является исходным и обуславливает необходимость следования во всех процессах развития ЭКБ требованиям объективных закономерностей и реальным возможностям по контролю качества и приемки готовой продукции. Он отражает зависимость Системы от:

- характера, уровня развития и закономерностей деятельности участников Системы;
- целей Системы, поставленных и решаемых в данный момент времени;
- наличия средств и ресурсов, подлежащих вовлечению в процесс развития изделий ЭКБ;
- внутренних закономерностей функционирования и совершенствования Системы как определенного системного явления.

Принцип правовой упорядоченности обуславливает необходимость правового определения основных аспектов целей, функций, структур, процессов, самих принципов развития ЭКБ. Важность этого принципа заключается в том, чтобы снизить до минимума, а возможно и полностью исключить вместо применения правовой нормы акцент на руководящую роль и харизматичность руководителя (участника) Системы.

Принцип законности является логическим дополнением принципа правовой упорядоченности, объясняющееся тем, что если правовая упорядоченность в развитии ЭКБ служит важным условием и фактором его рациональности, действенности и эффективности, то практически оно может быть достигнуто или осуществлено лишь при установлении ясного в понимании и последовательного в реализации режима повсеместного и полного исполнения законов и нормативных правовых актов. Принцип законности влечет за собой ряд методологических и практических положений, к которым относят:

- функционирование и развитие Системы имеют прочные правовые основания, определяются законом и состоят в его практической реализации;
- деятельность Системы обусловлено актуальностью своевременного и правильного правового регулирования изменений в содержании, организационной структуре и элементах Системы;
- соблюдается четкий порядок нормативной деятельности участников Системы, особенно при принятии и исполнении принятых решений;
- служит основой для формирования и поддержания сознательной дисциплины в соблюдении порядка развития ЭКБ.

Принцип информационной достаточности предполагает, что характер и объем информации в Системе должен соответствовать компетенции ее участников, функциям и полномочиям должностных лиц. Участникам Системы для осуществления их работы необходима не вся имеющаяся или получаемая информация, а только та, которая требуется для выполнения возложенных на них функций и обязанностей.

Принцип научности в сочетании с компетентностью заключается в том, что не все ситуации, которые могут возникнуть при функционировании Системы, предусмотрены в ней заранее или предусматриваются в ходе ее совершенствования. Может так оказаться, что тот или иной процесс действующей Системой заранее не определен. В этом случае придется полагаться на компетентность участников Системы и (или) должностных лиц.

Заключение

Оценка состояния развития радиоэлектронной промышленности в вопросах обеспечения возможности создания широкой номенклатуры изделий ЭКБ отечественного производства в современных условиях показала наличие множества существующих проблем, в той или

иной степени касающихся вопросов совершенствования существующей Системы [7] (зависимость изделий ЭКБ от иностранных технологий и оборудования, сырья и материалов; длительные сроки разработки и производства новых типов ЭКБ; недостаточно широкая номенклатура современной отечественной ЭКБ; отсутствие единой взаимосвязанной системы формирования требований к ЭКБ и др.), комплексный учет которых в совершенствуемой (воссоздаваемой) Системе с соблюдением изложенных в настоящей статье общих законов и принципов управления, позволит обеспечить достижение целей и показателей развития ЭКБ, предусмотренных соответствующими документами стратегического планирования.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 года № 20-р «Об утверждении Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года и плана мероприятий по реализации Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Основы государственной политики Российской Федерации в области развития электронной и радиоэлектронной промышленности на период до 2030 года и дальнейшую перспектив. Указ Президента Российской Федерации от 2023 г.
3. Концепция технологического развития на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года № 1315-р.
4. Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2025 года, утвержденная приказом Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации от 7 августа 2007 года № 311.
5. «Экономика и управление в современных условиях». Монография. // Под редакцией Шапошникова В.А. – Екатеринбург: ЕГПУ, 2022, 143 с.
6. «Методологические принципы и технологии компетентного менеджмента». Монография. // Под редакцией Измалковой С.А. – Орел: ОГТУ, 2009, 214 с.
7. Булгаков О.Ю. «Научно-методический подход при решении задач разработки технических требований к электронной продукции в радиоэлектронной отрасли». Научно-технический журнал «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», выпуск № 1 (13). – Мытищи: ФГБУ «ВНИИР», 2023, с. 10-15.

УДК. 621.3.019.34:007.658.5

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ, ЭФИР

PHASE TRANSITIONS, ETHER

Клиот А.Е., к. т. н., научный сотрудник АО «ЦКБ «Дейтон», профессиональный инженер, член Национальной палаты инженеров РФ, +7 (916) 609-92-73, kliot@mail.ru

Kliot A.E., Ph.D., researcher at the Central Design Office "Deyton", professional engineer, member of the National Chamber of Engineers of the Russian Federation, +7 (916) 609-92-73, kliot@mail.ru

Аннотация. Надежность большинства выпускаемой аппаратуры в настоящее время не укладывается в процессе разработки и последующего изготовления в расчетные показатели надежности. Составной частью процесса разработки аппаратуры является расчет её надежности на основании табличных значений λ характеристик электронной компонентной базы (ЭКБ). Табличные поправочные коэффициенты воздействующих факторов, которые являются усредненными, не могут учитывать: технологические факторы в процессе изготовления радиоэлектронной аппаратуры (РЭА); особенности режимов применения электрорадиоэлементов приводящим к повреждениям ЭКБ, в дальнейшем к их деградиционным отказам в аппаратуре, обусловленных возникновением явлений фазового перехода в структуре веществ. Оперативное устранение причин всех отказов ЭКБ в процессе изготовления или эксплуатации РЭА становится возможным при наличии организационной структуры управления надежностью РЭА, руководство которой возлагается на инженера-координатора, выполняющего координацию работ в процессе разработки электрических схем аппаратуры по контролю карт рабочих режимов (КРР), соответствию соблюдения режимов применения ЭКБ, приведенных в КРР, при исследовании отказов в аппаратуре в процессе разработки, изготовления и эксплуатации. В основном содержании статьи и в ссылках на ряд работ автора приводятся необходимый объём знаний для будущего инженера-координатора.

Annotation. The reliability of most of the manufactured equipment currently does not fit into the design reliability indicators during the development and subsequent manufacture. An integral part of the hardware development process is the calculation of its reliability, based on the tabular values of the characteristics of the electronic component base (ECB). Tabular correction coefficients of the influencing factors, which are averaged, cannot take into account: technological factors in the process of manufacturing radioelectronic equipment (REA); features of the modes of application of electric radio elements; resulting in damage to the ECB, and subsequently to their degradation failures in the equipment caused by the occurrence of phase transition phenomena in the structure of substances. Prompt elimination of the causes of all ECB failures during the manufacture or operation of the REA becomes possible if there is an organizational structure for managing the reliability of the REA, the leadership of which is entrusted to the coordinating engineer who performs work coordination in the process of developing electrical circuits of equipment for monitoring operating mode maps (CRC), compliance with compliance with the ECB application modes given in the CRC in the study of failures in equipment in the process of development, manufacture and operation. The main content of the article and links to a number of the author's works provide the necessary amount of knowledge for a future coordinating engineer.

Ключевые слова: надежность, износ, разрушение, эфир, вакансия, фазовый переход, переносчик взаимодействия, конкурентоспособность.

Keywords: reliability, wear, damage, ether, vacancy, phase transition, interaction carrier particle, competitive ability.

Научная специальность: 2.2.9 Проектирование и технология приборостроения и радиоэлектронной аппаратуры.

Введение

В настоящее время по результатам экспериментальных исследований получены математические модели и составлены справочные таблицы λ характеристик электронной компонентной базы (далее – ЭКБ) с привлечением аппарата теории вероятностей. На основании суммарной интенсивности отказов ЭКБ определяется показатель безотказности устройства. Большинство разрабатываемых устройств радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) в настоящее время не укладывается в процессе разработки и последующего изготовления в расчетные показатели надежности, однако, при этом известно, что часть РЭА счетного числа организаций по данным экс-



Клиот А.Е.

плуатации превосходит расчетные показатели наработки на отказ 10 – 20 раз.

Превышение расчетных показателей надежности при выпуске головных образцов изделий стало возможным в процессе создания системы управления надежностью при разработке и изготовлении РЭА, в основе которой понимание явлений физики износа и разрушения проводников и полупроводников при воздействии на них электрического потенциала, на основе достоверной информации и новых знаний принимаются обоснованные решения по устранению причины того или иного отказа ЭКБ.

Основная часть

Основой понимания физики износа и разрушения проводников и полупроводников при воздействии на них электрического потенциала является физическая модель взаимодействия структурных дефектов в веществах-вакансий (возникновение которых обусловлено явлением фазового перехода и по сути это кластер частиц эфира) с потоком электронов в проводах и полупроводниках при приложении к ним электрического потенциала. По сути, вакансия переносчик взаимодействия, реальная частица, обладающая размерами, энергией, и являющаяся бозоном [6]. Новизна структуры предлагаемой статьи в том, что движение, изменение числа вакансий обуславливает трансформацию структуры вещества и его свойств, являясь изменяемой частью энтропии, обуславливает массоперенос, испарение вещества и т. д., при приложении электрического, теплового потенциала, механического сжатия, химической реакции и т. д.

Эфир, как частица вещества (как заполняющее пространство вещество)

Наложенный на стыке веков запрет на эфир в научных теориях привел ученых к поиску других объяснений фиксируемых явлений, наблюдаемых по мере развития инструментария для их измерений.

Локальные фазовые переходы в твердом теле были инструментально зафиксированы металлургами [4] в 1945 году как структурные дефекты, «вакансии». Согласно [4] вакансии в твердом теле – это проявляющийся результат акта «испарения», то есть явления фазового перехода в структуре вещества, измеряемое как изменение структуры вещества под действием температуры. В физике твердого тела вакансии относятся к бозонам [6] (которых «тьма и тьма») и наделены целым рядом присущих им свойств, в том числе спином.

К особым свойствам вакансий в твердом теле следует отнести: энергию активации вакансий; энергию миграции вакансий (размерность в эВ); объем вакансий, который для каждого вещества свой; плотность количества вакансий в объеме вещества, которая зависит от температуры и стремится стать равновесной, обусловленной силами отталкивания [16]. В жидкостях, за некоторыми исключениями, свойства вакансий аналогичны. Знакомство с существующей литературой [1, 3, 14], описывающей эфир, представило возможность связать в единое целое понятие «вакансия» и «сгусток энергии частиц эфира» [3 (стр.32 ...третьим недостатком многих теорий отрыв материи

вещества атомов и частиц материи эфира)], являющихся переносчиками энергии в твердом теле, например, явление испарения в жидкостях от температуры плавления до температуры кипения. На фоне рассматриваемых фазовых переходов веществ как целого, имеют место и локальные фазовые переходы молекул в веществе. В связи с изложенным автор считает необходимым для ряда физических явлений, имеющих место быть при возникновении электромагнитных полей, причинно-следственных связей термоэлектрических и гальваномагнитных явлений, разделения веществ на фракции и т. д., рассмотреть роль составной части веществ, эфира, через призму инструментально фиксируемых кластеров эфира, «вакансий» в явлениях фазового перехода веществ.

Согласно теории эфира переносчиками энергии, обуславливающей появления вакансий в твердом теле, являются частицы эфира, являющиеся согласно [3] также изменяемой частью энергии в искусственно введенной функции состояния вещества – понятии энтропии.

Плотность частиц эфира в окружающей среде пространства обуславливает температуру вещества, находящегося в среде, как меру количества частиц эфира, являющихся и частью вещества наряду с молекулами вещества.

Возникающий градиент температур искусственных и естественных вещественных сооружений по отношению к окружающей среде инструментально фиксируется тепловизором, как электромагнитное излучение, присущее понятию тепла. Например, при возникновении градиента температур между окружающей средой и проводником [11, 12] инструментально фиксируется электромагнитное излучение.

Анализ ранее написанного о вакансиях [2, 9] на фоне признания в 2002 году легитимности в физике понятия «эфир» [8], предоставило возможность рассмотрения вакансий как структурных дефектов, являющихся кластером частиц эфира. Понимание частиц эфира как мировой субстанции переносчиков энергии с особыми свойствами позволило рассмотреть их роль в фазовых переходах веществ от твердого состояния к жидкому, от жидкого состояния к газообразному и наоборот. А ранее – дать объяснение ряду эффектов, обусловленных ролью вакансий в твердом теле – это термоэлектрические эффекты Томпсона, Пельтье, Зеебека и т. д.; в газах – эффекты Джоуля –Томпсона и др. [12].

В [2] на основе представления об эфире как о реальном вязком и сжимаемом газе дана эфиродинамическая интерпретация основных структур вещества и механизмов, физических полей взаимодействия, рассмотрены модели основных устойчивых элементарных частиц, с которой я не во всем согласен.

Считаю, что свойства веществ во всех агрегатных состояниях определяются количеством, размером вакансий как кластеров частиц эфира в веществе, становящимися неотъемлемой частью веществ, и внешними или возникающими внутри воздействиями на вещество: температурой, давлением, приложенным электрическим потенциалом и т. д. Понимание того, что свойства веществ в

агрегатных состояниях определяются так, как приведено выше, позволит пересмотреть механизм ряда физических явлений, имеющих место при появлении электромагнитных полей, причинно-следственных связей термоэлектрических и гальваномагнитных явлений, разделения веществ на фракции и т. д.

Переход из одного агрегатного состояния в другое в химических процессах – это изменение удельного количества теплоты в Дж/кг, что имеет место при фазовых превращениях в физических процессах, например, при ударе по взрывчатому веществу тол взрывается [17], при поджиге просто горит коптящем пламенем. При увеличении (уменьшении) энтропии вещества в физическом процессе в его объёме могут происходить изменения структуры в веществе: явления фазового перехода, обусловленные наличием переносчика взаимодействия.

В твердом теле вакансии – это точечные дефекты, являющиеся сгустком переносчиков тепла – частиц эфира. В то же время вакансии являются реальными физическими объектами и участвуют в процессах взаимодействия с приложенными воздействиями. Например, анализ взаимодействия приложенного электрического потенциала со структурными дефектами (вакансиями) показал [13], что вакансии взаимодействуют с носителями электрического заряда – электронами, дрейфуя навстречу потоку электронов [15] (*т. е. для одних металлов (как например медь, серебро, цинк, кадмий, сурьма) кажущийся перенос теплоты совершается в направлении тока, а для других металлов (железо, олово, алюминий, висмут) обратно движению тока*), в проводниках, в полупроводниках, обуславливая износ проводников или «пробой, пережог» полупроводниковых структур при определенных режимах.

В жидкости это те же вакансии, «прилипшие и обволакивающие» каждую молекулу вещества, обуславливающие её температуру и обладающие электромагнитным спином. При определенном объёме «прилипших» вакансий и вакансий внутри каждой молекулы жидкости, её объемная плотность может понизиться до величины, обуславливающий фазовый переход жидкости в пар. Реперной точкой перехода всей жидкости в пар (в нашем случае воды) является температура 100 °С при нормальном давлении 760 мм. рт. столба. Увеличение объёма вакансии в процессе обволакивания молекулы, по всей видимости, обусловлено взаимодействием спина вакансий с магнитной проницаемостью молекулы.

Отдельный вопрос – что происходит с молекулами воды и прилипшими к ним вакансиями на поверхности воды (разделе сред). Объём молекулы воды, находящейся на поверхности воды, при воздействии внешних факторов (например, теплового, солнечного излучения, флуктуации магнитного поля земли и т. д.), может резко увеличиться (более 1000 раз).

Видимо, это происходит из-за взаимодействия вакансий между собой или внешних воздействий на молекулярный кластер под воздействием факторов, приводящих к росту энтропии. При этом происходит явление фазового перехода – испарение кластера молекул, обусловленное

уменьшением объёмной плотности молекулярного кластера по отношению к воздуху, что приводит к его переходу в воздушную среду.

При рассмотрении структуры жидкостей, газов, твердых тел в научной литературе нигде не учитываются свойства вакансий и их роль как составной части веществ, обуславливающих ряд возникающих эффектов: термоэлектричество, самовоспламенение газов и паров горючих веществ, взрыв взрывчатых веществ ударным воздействием на них [17], и, естественно, нигде не рассматривается их роль в фазовых переходах веществ.

Роль вакансий в фазовых переходах

Согласно [12] явление фазовых переходов обусловлено наличием частиц эфира в окружающем нас пространстве, являющихся составной частью молекул в веществе.

В [3] утверждается: «Эфиродинамикой показано, что строительный материал этих полей – эфир на самом деле является газоподобной средой, способной сжиматься и изменять свою плотность в широчайших пределах, это обстоятельство практически никогда и никем не было учтено».

Ниже будет показано, как отразился в науке запрет на существование эфира и как частицы эфира под разными названиями вводились в научную и техническую литературу.

В разделе 4.1.1 монографии [19] фактически описывается следствие поведения вакансий (без признания их существования в составе вещества) и их составных мельчайших частиц в трех агрегатных состояниях воды. Где это – согласно [14] «ньютоний», согласно [3] «амер», по описанию – переносчик энтропии, мельчайшая частица эфира, являющаяся, согласно изложенному мной выше, составной частью вакансии.

Мельчайшая частица эфира, переносчик энергии в энтропии, может быть определена внесистемной единицей, позволяющей учитывать её роль при проведении инженерного анализа агрегатных состояний веществ, термодинамических процессов и других явлений физической химии, химической физики и т. д.

Известно [4], что время возникновения вакансий в твердом теле измерено как $1 \cdot 10^{-12} - 1 \cdot 10^{-14}$ с. Согласно [19] время релаксации во льду (время фиксации наблюдения колебаний структуры льда) фиксируют как $2 \cdot 10^{-11}$ с. В обоих случаях фиксируют частоту возникновения вакансий - кластеров частиц эфира.

Анализ рентгеновских снимков обычного льда вида I (раздел 4.1.1 монографии [19]) с учетом роли газоподобной среды, точнее, частиц эфира, позволяет увидеть возникновение вакансионного кластера в форме шестиугольника при процессе перехода жидкости (воды) в агрегатное состояние льда. Постепенный переход воды в агрегатное состояние льда, и, видимо, возникновение вакансионного кластера в форме шестиугольника обуславливает фрактальность структуры возникшего льда из-за суммарного взаимодействия электромагнитных спинов части уходящих вакансий при охлаждении.

Приведенное в [19] изображение кристалла льда, показывающее Ван Дер Вальсовы радиусы атомов и наличие открытых «каналов», представляющие собой кластер вакансий. Авторы изображения кристалла льда не имели представления о роли вакансий и вакансионных кластеров, очевидно, что «канал» на изображении – вакансионный кластер.

Физические размеры возникающих шестиугольников как дефектов кристаллической структуры при суммировании вакансий возникающих кристаллов льда (числа углов может быть и переменным), определяются внешними факторами: давлением, объемом, наличием примесей и т. д. В свою очередь, возникшая фрактальность льда, обусловленная кластерами из вакансий шестиугольной конфигурации, определяет разницу в удельном весе льда и воды.

Аналогичное появление пустот в металлическом проводнике имеет место при «замерзании» вакансий, образующих вакансионный кластер, возникающий в процессе взаимодействия противотока вакансий потоку электронов в проводнике из-за возникновения генератора вакансий в зоне температурного градиента, что приводит к износу и разрушению проводников при наличии приложенного потенциала [13].

Появление пустот в металлическом проводнике обусловлено тем, что при движении противотока вакансий по проводнику достигаются им зоны в проводнике, в которой температуры в металлическом проводнике и противотока вакансий равны, движение вакансий изменяется, вновь возникшие вакансии соединяются с ближайшей, образуя вакансионный кластер, что можно сформулировать как «замерзание вакансий».

В связи с тем, что лед относится к прозрачным твердым телам, предоставляется возможность на рентгенографии увидеть структуру льда, с жидкостью сложнее, на рентгенографии не фиксируется структура воды ввиду её отсутствия. Удалось определить время релаксации прилипших вакансий к молекулам воды, которое фиксируется как меньше или равно $1 \cdot 10^{-11}$ с [19].

Теперь рассмотрим процесс плавления льда. Общеизвестно, что процесс плавления льда начинается при нулевой температуре и протекает в диапазоне до 4°C , и температура воды не превышает 4°C до тех пор, пока лед не растает полностью, несмотря на внешний приток тепла. Для разрыва связей в кристаллической решетке льда требуется, чтобы вакансии внешней среды не только становились частью молекулы воды, но и обволакивали каждую молекулу воды в объеме льда, чем обусловили отделение каждой молекулы воды друг от друга. Требуемая на это энергия – это теплота плавления льда. До тех пор, пока лед полностью не растает, температура воды не поднимается выше 4°C . Это объясняется тем, что пока магнитная восприимчивость одной из составных частей молекулы воды не будет нейтрализована вошедшими в неё частицами эфира и обволакивающими ее частицами эфира, явления повышения температуры в объеме воды не наблюдается.

Действительно, вода состоит из двух химических эле-

ментов: водорода и кислорода. Магнитная восприимчивость воды при 0°C составляет минус $13 \cdot 10^{-6}$, при этом вода является диамагнетиком. Входящий в нее водород тоже является диамагнетиком, его магнитная восприимчивость равна минус $4 \cdot 10^{-6}$, кислород является парамагнетиком, его магнитная восприимчивость составляет минус $2,1 \cdot 10^{-6}$ [5].

В процессе плавления льда молекулы воды, переходя из одного агрегатного состояния в другое под воздействием тепла, должны приобрести свойства жидкости, при этом необходимо помнить, что магнитная восприимчивость льда равна 0. Известно, что бозоны, которыми являются вакансии, так и их образующие частицы эфира, выстраивают свои спины по наиболее сильному магнитному направлению. В этом случае, видимо, одновременно происходит компенсация магнитной восприимчивости кислорода и возрастание магнитной восприимчивости атома водорода до достижения температуры плавления льда при 0°C , при этом магнитная восприимчивость атома кислорода в молекуле воды нейтральна. Без наблюдения этого явления трудно представить, что соблюдение выстраивания своих спинов по наиболее сильному магнитному направлению происходит последовательно или параллельно, магнитная восприимчивость атома кислорода увеличивается ещё на величину $2,1 \cdot 10^{-6}$ со знаком «минус», в конечном итоге величина магнитной проницаемости воды достигает величины минус $13 \cdot 10^{-6}$ [5]. Вода остается диамагнетиком.

Парамагнетики при возрастании температуры сохраняют свою магнитную восприимчивость, а в диамагнетиках она увеличивается. Следовательно, после полного перехода всей кристаллической структуры молекул льда в жидкое состояние в определенном объеме происходит рост температуры в воде. Молекулы воды в жидком агрегатном состоянии притягиваются друг к другу до момента возникновения сил отталкивания частиц эфира между собой. Частицы эфира в форме прилипших вакансий, обволакивающие каждую молекулу воды, представляют собой газоподобный слой, обуславливающий подвижность молекул относительно друг друга при определенной вязкости, текучести и других физических параметрах жидкости.

При нагревании льда, после перехода всей массы льда в воду, до температуры 4°C и продолжения нагрева выше 4°C объема воды происходит повышение её температуры. Это обусловлено тем, что появление новых вакансий, это соответствие температуре окружающей среды. Между вновь возникшими вакансиями и вакансиями, обволакивающими молекулы, возникают силы отталкивания. Силы отталкивания вновь возникшей вакансии, взаимодействуя с вакансиями, обволакивающими молекулы, создают ситуацию, когда частицы эфира, входящие во вновь возникшую вакансию, проникают внутрь молекулы воды, создавая уже вакансию в молекуле. По мере нагрева извне воды происходит: как появление вакансионных кластеров в виде пузырей пара, так и вакансионных кластеров, обволакивающих молекулы, как и рост числа молекул, содержащих как вакансии, так и вакансионные кластеры.

Стремление плотности молекул воды, содержащих вакансии в объёме жидкости в соответствии с температурой, стать равновесной, приводит к перемешиванию жидкости; при подогреве жидкости снизу молекулы нижнего слоя воды, содержащие вакансии, поднимаются вверх как имеющие меньшую удельную плотность.

Плотность молекул воды, содержащих вакансии верхнего слоя, также стремится стать равновесной в функции от температуры. Увеличение плотности молекул жидкости верхнего слоя в процессе продолжения нагрева сосуда с водой к равновесной ситуации, как рассмотрено ранее, при перемешивании молекул превышении будет не устойчивой.

Рассмотрим два крайних случая:

– испарение воды со свободной поверхности при переходе её в парообразное состояние, кипение (кипением называется интенсивное испарение жидкости, происходящее не только с её свободной поверхности, но и во всем объёме жидкости внутри образующихся при этом пузырьков пара [20]);

– в поверхностном слое жидкости имеются молекулы, обладающие большой скоростью и энергией теплового движения. Их вылетом с поверхности жидкости и объясняется испарение.

Более простое определение жидкости - расплав вещества с определенной химической структурой молекул, температура которых обусловлена вакансиями в молекулах и прилипшими вакансиями к ним же в определенном температурном диапазоне.

В рассмотренных ранее случаях, каждый раз наблюдаем влияние частиц газоподобной среды-эфира, который определяет агрегатное состояние вещества, являясь составной частью вещества, обуславливающей связи молекул веществ по определенным законам. Вакансии, являясь сгустком частиц эфира, обладают суммарным электромагнитным спином частиц эфира, которые создают электромагнитные поля, и, по определению, являются одновременно переносчиком тепла [7] (теплотой является энергия, передаваемая от одного тела к другому непосредственным соприкосновением (теплопроводностью и конвекцией) и излучением (радиацией)).

В случае повышения плотности вакансий в определенном объёме вещества, например, проводника с током, по отношению к окружающей среде, имеем явление фиксации увеличения температуры вещества, как электромагнитное излучение в окружающую среду. При этом возникает электромагнитное излучение, соответствующее изменению температуры поверхности тела.

Например, при протекании тока по проводнику взаимодействие потока электронов со структурной решеткой обуславливает появление тепла в проводнике в форме дополнительных вакансий. В связи с тем, что число вакансий на m^2 , находящихся на поверхности проводника больше, чем в окружающей среде, вакансии излучаются как фотоны (по сути – частицы эфира).

Понимание роли частиц эфира, как субстанций, являющихся составной частью молекул вещества в виде

вакансий или частиц эфира, определяющих агрегатное состояние вещества, предоставляет возможность ясно представлять суть физических явлений, в термодинамических процессах, химических реакциях и т. д. Учет влияния вакансий или вакансионных кластеров на физические свойства конкретного вещества позволяет устранить парадоксы, возникающие в объяснении физического смысла явлений в ряде технических дисциплин.

В [9] приводятся примеры парадоксов, искажающих физический смысл явлений, обусловленных не полным учетом внешних факторов, изменяющих внутреннюю структуру атомов, молекул.

Например,

– в парадигме термодинамики существует понятие «отрицательная работа», которая констатирует явление снижения температуры при определенном виде работ, но при этом в природе нет явления «отрицательной работы» [18] (внешняя работа, совершаемая газом, состоит из положительной работы при движении поршня ... и отрицательной, совершаемой при движении поршня...);

– в полупроводниках при протекании тока через р-п-переход возникают вакансии как переносчики тепла. Именно они, а не «дырки» (введенные в описание модели р-п-перехода как квазичастицы), при преодолении контактного потенциала р-п-перехода дрейфуют навстречу потоку электронов, унося тепло из р-п-перехода, охлаждая его [10];

– в случае химических реакций, идущих с выделением тепла или его поглощением, вновь сталкиваемся с проявлением присутствия в составе возникающего вещества присоединенного эфира. Одной из таких реакций вновь возникающего вещества является возникновение фазового перехода в другое агрегатное состояние, которым ранее не обладали вещества, участвующие в химической реакции.

Практически вековой запрет на существование эфира в окружающей среде и в составе химических элементов в научной парадигме, науку не остановили, и, естественно, роль частицы эфира как мировой субстанции скрыто учитывалась как в научной теории, так и в прикладной науке.

Заключение

Занимаясь практической работой по достижению заданной надежности конкурентоспособной радиоэлектронной аппаратуры, автор столкнулся с трудностью тиражирования новых знаний с точки зрения классической физики тех или иных процессов, обуславливающих повреждение электрорадиоэлементов в процессе их эксплуатации в аппаратуре.

Чтение лекций по физике износа и разрушения электрорадиоэлементов в процессе взаимодействия вакансий и приложенного электрического потенциала вызвало и вызывает неподдельный интерес инженеров-практиков.

Предложенная автором концепция при чтении лекций оказалась плодотворной, возникающие при этом вопросы обусловили новый взгляд на обеспечение надежности ра-

диоэлектронной аппаратуры, что позволило при определенной организационной структуре с помощью автора достичь выпуска конкурентоспособной аппаратуры на ряде заводов уже при выпуске головных образцов.

Написание классического учебника по обеспечению надежности радиоэлектронной аппаратуры с учетом изложенного в статье, пока не представляется возможным, это затрагивает научные парадигмы на стыке нескольких наук и может потребовать очень значительных временных затрат. Сегодня решение выпуска надежной радиоэлектронной аппаратуры в масштабах государства возможно при одновременном выполнении двух условий:

1) создании школы инженеров-координаторов по обеспечению надежности радиоэлектронной аппаратуры, основанной на практическом получении новых знаний и приемов по на вышеизложенной концепции;

2) одновременной корректировке нормативной и технической документации по мере её отставания от новых требований или снятие противоречий этим требованиям при решении поставленных задач для достижения приемлемой надежности РЭА, обеспечивающей её конкурентоспособность на внешних рынках.

Выводы

В рамках развития предложенной концепции автор пришел к переосмыслению роли вакансий в физическом мире, а именно: пониманию вакансий как «кластера частиц эфира в веществе», являющихся по сути переносчиками взаимодействия между приложенным потенциалом и структурой вещества, что позволяет в дальнейшем взглянуть по-новому на решение как фундаментальных, так и прикладных задач.

Понимание, что изменяющееся количество вакансий, являющихся составной частью всех веществ во всех агрегатных состояниях и их непосредственное влияние на физические, химические, видимо и на биологические процессы, приводит к необходимости учета взаимодействия вакансий с приложенным потенциалом (электрическим, магнитным, механическим и т. д.) должно быть отражено в научной и учебной литературе.

В связи с изложенным, исходя из практической целесообразности назрела ситуация, когда необходимо ввести в законные права реальных переносчиков взаимодействия – вакансий.

Представление Д.И. Менделеева, изложенное в его философской статье о мировом эфире, фактически описано во всей научной и технической литературе как явления или парадоксы без упоминания эфира.

В порядке развития представлений Д.И. Менделеева в его философской статье о мировом эфире, наследия В.А. Ацюковского о мировом эфире, считаю, что необходимо при содействии Российской Академии Наук Министерству Высшего образования и Науки провести работы по уточнению существующих научных парадигм, начиная с учебников для школ, колледжей, высшей школы по на-

правлениям наук, что добавит ценность интеллектуальной собственности Российской Науки.

Литература

1. Ацюковский В.А. Начала эфиродинамического естествознания: Книга 2 / Методология эфиродинамики, свойства эфира и строение вещества. — М., 2009.
2. Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. Издание 3-е. Москва, Атомэнергоиздат, 2007.
3. Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика. Москва, Энергоатомиздат, 1990.
4. Бокштейн Б.С., Бокштейн С.З. Жуховицкий А.А. Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах. М., Металлургия. 1974.
5. Большая Советская Энциклопедия, том 15, третье издание. Москва, издательство «Большая Советская Энциклопедия», 1974.
6. Бранд Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния, Москва, Физматлит, 2005.
7. Бурдун Г.Д., Калашников Н.В., Стоцкий Л.Р. Международная Система Единиц, Издательство «Высшая школа», Москва, 1964.
8. Вильчек Френк. Тонкая физика, СПб, 2018, ООО «Питер пресс».
9. Владимиров Ю. Метафизика. Москва, Бином лаборатория знаний, 2002.
10. Клиот А.Е. О физических процессах в р-п переходе. Журнал «Электроника НТБ», № 5/2006.
11. Клиот А.Е. Химический потенциал вакансий и термодинамика. 17.02.2010, интернет, сайт «Клиот РФ».
12. Клиот А.Е. Вакансии и окружающий мир. (Исправленное и дополненное). 11.04.2016, интернет, сайт «Клиот РФ».
13. Клиот А.Е. Механизм износа и разрушения электро-радиоэлементов под воздействием приложенного напряжения. – Качество и надежность изделий, 1991, № 4.
14. Менделеев Д.И. «Попытка химического понимания мирового эфира», СПб. 1905, типолитография М.П. Фроловой, стр. 5–40.
15. Миткевич В.Ф. Магнетизм и электричество. С.-Петербург, Издание Суворова А.С., 1912.
16. Орлов А.Н., Трушин Ю.В., Энергии точечных дефектов в металлах. Москва, Энергоатомиздат, 1983.
17. Семенов Н.Н., Избранные труды, Том2 «Горение и взрыв», Наука, Москва, 2005.
18. Трофимова Т.И., Физика в таблицах и формулах, Дрофа, Москва, 2004.
19. Эйзенберг Д., Кауцман В., Структура и свойства воды. Перевод с английского. Гидрометеиздат. 1975.
20. Яворский В.М., Детлаф А. А., Справочник по физике, Москва, Наука, 1985.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
И ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИSPECIAL REQUIREMENTS FOR THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
AND ELECTRONIC COMPONENT BASE IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Залунаев М.Ю., ООО «ДКС РУС», +7 (961) 153-18-94, zm@dqs-russia.ru;
Чистов А.С., ООО «НПП «Итэлма», +7 (916) 770-07-10, a.chistov@itelma.su

Zalunaev M.Yu., DKS RUS LLC, +7 (961) 153-18-94, zm@dqs-russia.ru;
Chistov A.S., NPP Itelma LLC, +7 (916) 770-07-10, chistov@itelma.su.

Аннотация. В статье авторы раскроют основные подходы к обеспечению качества продукции для автопрома. Будут развернуто описаны основные требования к СМК организаций на основе IATF 16949, на примере взаимодействия поставщиков первого и второго уровня будут рассказаны основные принципы взаимодействия, позволяющие минимизировать затраты и сгладить «острые углы» при начале работ, а также будет рассказано о требованиях к ЭКБ.

Annotation. In the article, the authors will reveal the main approaches to ensuring product quality for the automotive industry. The basic requirements for the QMS of organizations based on IATF 16949 will be described in detail, using the example of interaction between suppliers of the first and second levels, the basic principles of interaction will be described, allowing to minimize costs and smooth out “sharp corners” at the beginning of work, as well as the requirements for the ECB.

Ключевые слова: электронная компонентная база, автомобильная квалификация, IATF 16949, AEC-Q.

Keywords: electronic component base, automotive qualification, IATF 16949, AEC-Q.

Научная специальность: 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств. 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Введение

Мировая автомобильная промышленность – это высокое качество продукции, непрерывное совершенствование процессов, современные стандарты и инновационные идеи. IATF 16949 [1] – это самый популярный стандарт для систем управления качеством поставщиков в автомобильной промышленности.

На сегодняшний день сертификация по автомобильному стандарту является базовым требованием для производителей автокомпонентов. Внедренная и сертифицированная система менеджмента качества дает основу для систематического улучшения качества процессов по всей цепочке создания стоимости и снижения дефектности.

Основная часть

Основная цель системы – предупреждение дефектов, повышение стабильности (уменьшение вариаций и потерь) по всей цепочке поставок.

Это фундаментальные общепризнанные требования к системе менеджмента качества для производств автомобильной промышленности, поддерживаемые в том числе отечественными производителями: КАМАЗ, АвтоВАЗ, ГАЗ и др.

Стандарт был разработан в 1999 году Международной целевой группой автомобильной промышленности IATF с целью улучшения возможностей качества и всего процесса сертификации в рамках цепочки поставок – обеспечения качества систем и процессов на самом высоком уровне. С момента публикации в октябре 2016 года IATF 16949 является преемником ISO/TS 16949 предыдущей версии.



Залунаев М.Ю.



Чистов А.С.

Международная целевая группа автомобильной промышленности IATF объединяет такие предприятия, как: BMW, DaimlerChrysler, Fiat, Ford Motor Company, General Motors (включая Opel-Vauxhall), Peugeot-Citroen, Renault SA, Volkswagen, Geely и др.

Во главу стандарта положен «Автомобильный процессный подход». Предполагается, что любая деятельность может рассматриваться как технологический процесс и поэтому может быть улучшена. Технология, в отличие от «искусства», – это последовательность действий, которая приводит к гарантированному получению результата и может быть передана другому человеку за короткий промежуток времени.

Как говорил Уильям Эдвардс Деминг: «Если вы не способны описать то, что вы делаете, как процесс – вы не знаете, что вы делаете».

Современные требования автопроизводителя к поставщику, как правило, включают:

- Уровень поставки в срок (1005);
 - Уровень дефектности (количество дефектов на 1 000 000 деталей);
 - Стабильность техпроцессов $C_{pk} \geq 1,67$;
 - Точность измерений $GRR \leq 10$ (MSA);
 - Минимизация риска (FMEA);
 - Количество извещений о проблемах (PPR, акты дефектов и проч.) = 0.
- ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ IATF 16949 включают:
- APQP – перспективное планирование качества продукции;
 - PPAP – процесс одобрения производства части;

- FMEA – анализ видов и последствий отказов;
- SPC – оценка стабильности техпроцессов;
- MSA – анализ измерительных систем.

Рассмотрим их далее подробнее.

APQP – это проектный подход к разработке изделий.

APQP – инструмент планирования, разработки, подготовки производства продукта с акцентом на предупреждение ошибок, соответствие продукта требованиям.

Структурированный метод из пяти этапов, на каждом из которых установлены «Ворота качества» контролирующие результаты соответствия (см. рис. 1).

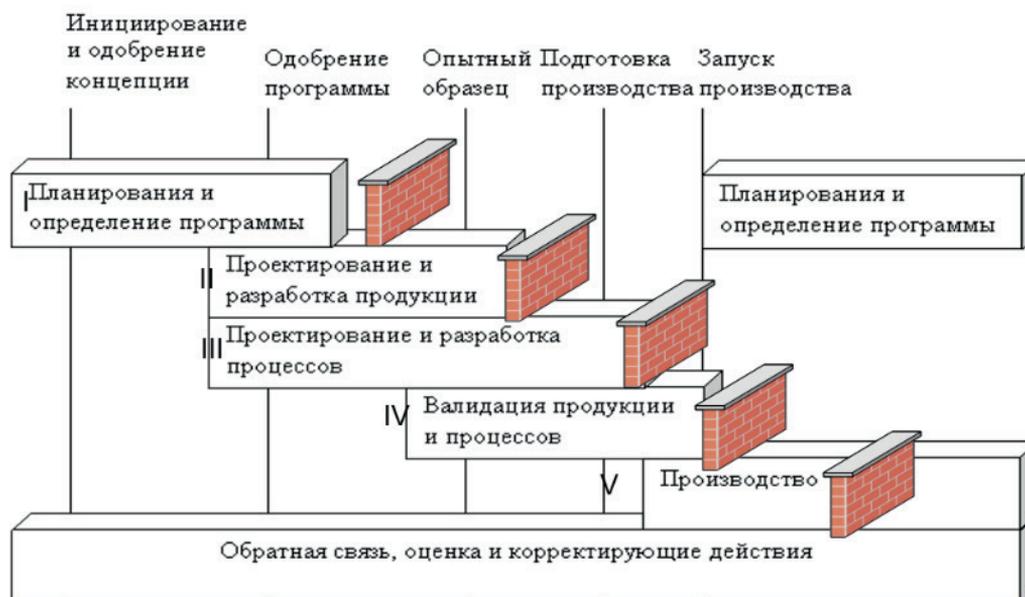


Рис. 1. 5 этапов APQP

Процесс PPAP призван продемонстрировать, что поставщик разработал свой процесс проектирования и производства в соответствии с требованиями клиента. Цель PPAP состоит в том, чтобы определить, правильно ли организация понимает все требования к инженерному проектированию и спецификациям заказчика и имеет ли производственный процесс потенциал для производства продукции, соответствующей этим требованиям во время фактического производственного цикла с заявленными темпами производства.

Например, требования PPAP у КАМАЗ следующие:

1. Заявка на одобрение производства.
2. Проектные данные.
3. Документация по техническим изменениям, если такая имеется.
4. DFMEA-конструкции, FMEA-MSR.
5. Карты потока процесса.
6. PFMEA-процесса.
7. План управления.
8. Исследование MSA.
9. Результаты измерений.

10. Результаты испытаний материалов, технических характеристик.

11. Оценка стабильности техпроцессов (SPC).
12. Документация специализированной лаборатории.
13. Отчет о согласовании внешнего вида (AAR), если необходимо.
14. Образец продукции.
15. Контрольный образец.
16. Средства контроля.
17. Данные о соответствии особым требованиям потребителя.
18. Свидетельства одобрения производств поставщиков.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХПРОЦЕССОВ (SPC) — это метод оценки и мониторинга производственного процесса с использованием статистических инструментов, как правило, на основе карты Шухарта.

Оценка стабильности и возможностей процесса, как правило, строится на расчете индекса стабильности процесса – C_p , C_{pk} (см. рис. 2).

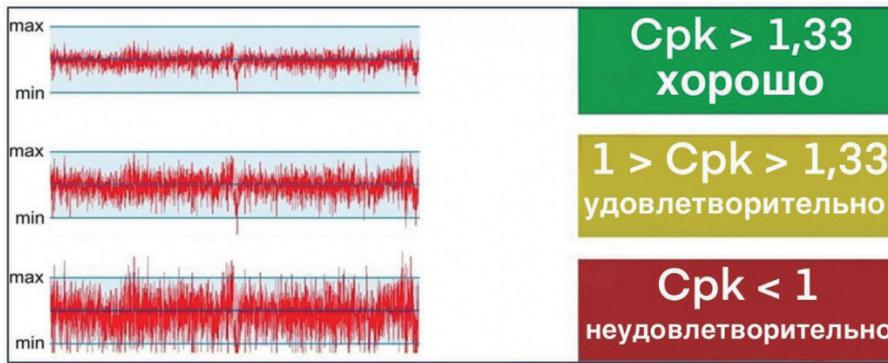


Рис. 2. Оценка стабильности и возможностей процесса

АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ MSA имеет целью подтверждение пригодности и соответствия всей измерительной системы.

Измерительная система – совокупность приборов, стандартов, операций, методов, персонала, компьютерных программ, окружающей среды, используемых для придания количественных значений измеряемым величинам.

Наиболее широко применяемым инструментом MSA является расчет показателей сходимости и воспроизводимости измерительной системы и принятие решения о пригодности для конкретного измерения.

FMEA – анализ видов и последствий потенциальных отказов. Это анализ потенциальных дефектов и причин их возникновения в продукте и технологическом процессе с оценкой рисков и принятием соответствующих мер.

FMEA применяется для выявления проблем до того, как они проявятся и окажут воздействие на потребителя (см. рис. 3).



Рис. 3. Схема применения FMEA

Особое внимание IATF 16949 уделяет производственным процессам, где непосредственно создается добавленная стоимость и есть риски выпуска несоответствующей продукции, включая требования к:

- стандартизированной работе и организации рабочего места;
- действиям при возникновении проблем в производстве, процесс эскалации проблем;
- контролю специальных характеристик;
- верификации рабочих настроек;
- всеобщему обслуживанию оборудования TPM;
- обучению на рабочем месте;
- защите от ошибок;
- и многому другому.

Важным требованием является стандартизация рабочего места, включающая инструкции операторов (рабочие карты, план проверки/контроля, план управления, инструкция и т. д.), и кроме того:

- описание возможных дефектов и отказов;
- описание специальных характеристик;
- описание параметров спецпроцессов;
- инструкции по автономному обслуживанию;
- контрольные карты;
- 5s стандартная работа;
- остановка производства;
- 1-я деталь с замерами;
- верификация наладок;
- защита от ошибок;
- контрольное оборудование;
- средства для транспортировки и др.

Контроль специальных характеристик – это особые методы контроля параметров, оказывающих влияние на безопасность или выполнение нормативных правовых требований, посадку, функцию, эксплуатационные параметры, требования или последующую обработку продукции (см. рис. 4).



Рис. 4. Контроль специальных характеристик

Верификация рабочих настроек – это подтверждение того, что выпускаемый продукт / материал соответствует заданным свойствам и характеристикам и параметры процесса находятся в управляемом состоянии.

Организация должна:

- а) верифицировать рабочие настройки при выполнении, например, в начале выполнения работы, замене материалов или смене задания, которое требует новую настройку;

- b) выполнять валидацию первой/последней детали;
- c) следует сохранять первые детали для сравнения с последними.

Всеобщее обслуживание оборудования TPM – это один из инструментов бережливого производства, применение которого позволяет снизить потери, связанные с простоями оборудования из-за поломок.

Основная идея TPM – вовлечение в процесс обслуживания всего персонала предприятия, а не только соответствующих служб (см. рис. 5).

ОСОБЫЕ требования IATF к персоналу включают эффективную систему подготовки на рабочем месте с особым вниманием к удовлетворению требований потребителя. Чтобы снизить или исключить риски для организации, обучение и осведомленность должны также включать информацию о предотвращении, имеющую отношение к рабочей среде организации и обязанностям сотрудников, например, распознавание симптомов ожидаемого отказа оборудования и/или попыток кибератак. Кроме того, организация должна поддерживать документированный процесс мотивации сотрудников достигать цели в области качества, делать постоянные улучшения и создавать условия для содействия инновациям.

Защита от ошибок (Рока-Йока) – это метод, направленный на моделирование ошибок и их предотвращение в процессе производства. Основная идея метода – конструирование изделий и процессов таким образом, чтобы возможные ошибки можно было обнаружить и

устранить до того, как они перерастут в дефекты (см. рис. 6).

Стандарт IATF 16949 также уделяет особое внимание процессам работы с несоответствиями, корректирующим действиям и внутренним проверкам.

Организация должна иметь документированный процесс решения проблем, который предотвращает их повторение. При получении информации о выявлении отклонений поставляемой продукции, организация должна оперативно выполнить мероприятия в производстве согласно методике 8D (см. рис. 7).

Процесс внутренних проверок требует проведения в организации 3 видов внутренних аудитов:

1. Аудит системы менеджмента качества – аудит всех процессов системы менеджмента качества в течение каждого трёхлетнего календарного периода.

2. Аудит процесса изготовления – аудит всех процессов изготовления, включая аудит результативного выполнения анализа рисков процесса (PFMEA), плана управления.

3. Аудит продукта – верификация соответствия готового продукта установленным требованиям.

Также организация должна иметь процесс постоянно улучшения. Это план действий по совершенствованию процессов изготовления с акцентом на снижении вариации и потерь. Постоянное улучшение осуществляется, когда процессы изготовления обладают соответствующими статистическими возможностями, статистически стабильны и соответствуют требованиям потребителя.



Рис. 5. Всеобщее обслуживание оборудования

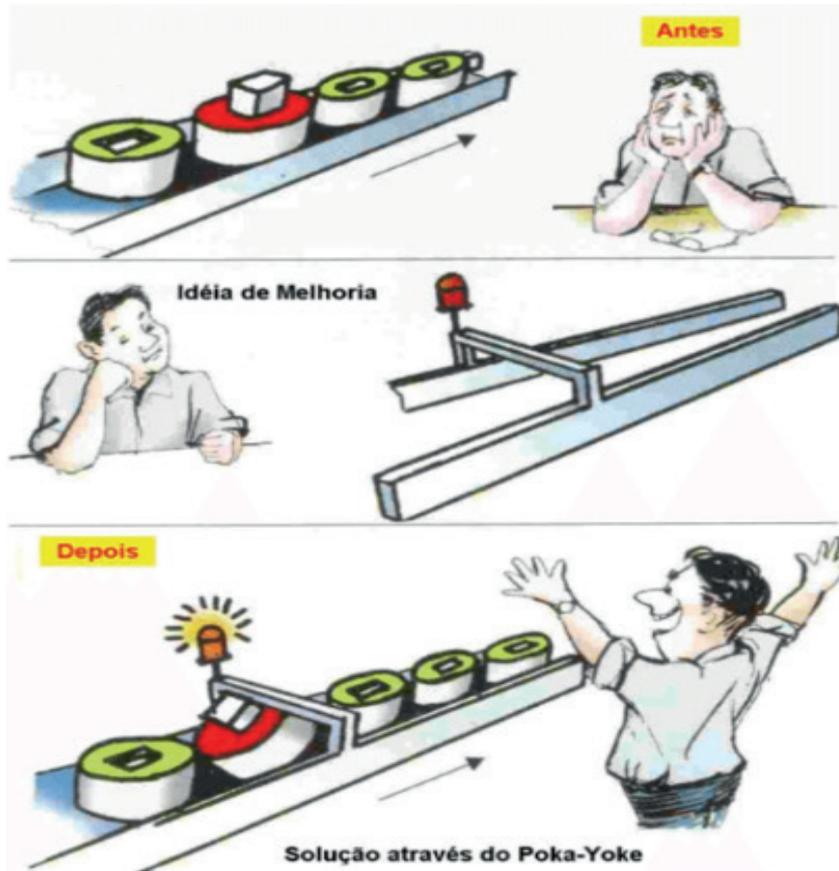


Рис. 6. Пример защиты от ошибок

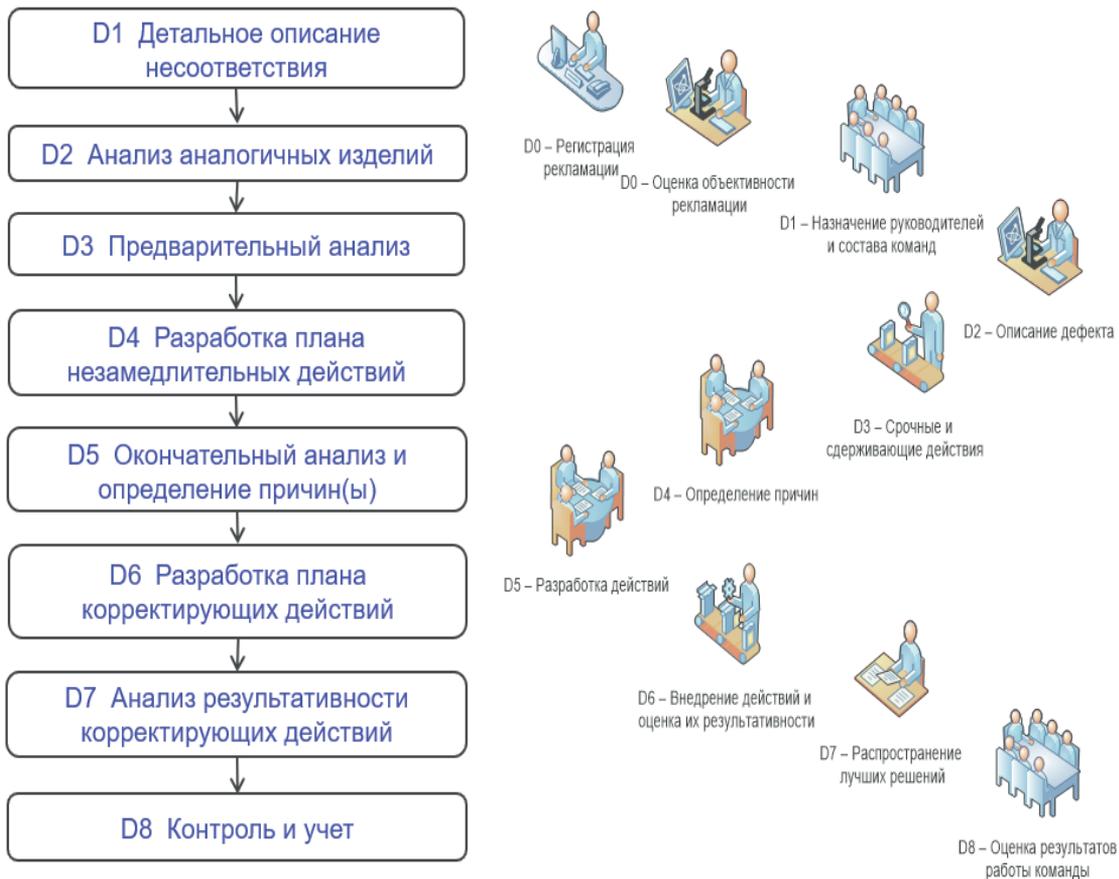


Рис. 7. Методика 8D

Описанные выше инструменты СМК и подходы к применению различных инструментов повышения качества выпускаемой продукции в настоящий момент внедрены только на нескольких отечественных предприятиях, выпускающих электронную компонентную базу (далее – ЭКБ). Долгое время предприятия радиоэлектронной промышленности специализировались на поставках продукции только в отдельные отрасли, при этом не уделяя большого внимания гражданскому рынку, в частности рынку автоэлектроники.

При этом за последние годы интерес автоэлектроники к отечественным компонентам резко возрос. Являясь лидирующим производителем электронных блоков управления для автотранспорта ООО «НПП «Итэлма» ведет активный диалог с предприятиями радиоэлектронной отрасли.

На протяжении 30 лет ООО «НПП «Итэлма» является поставщиком первого порядка, поставляя различные блоки автоэлектроники на конвейеры всех отечественных и не только автопроизводителей. Имея огромный опыт поставок и выстраивания СМК, специалисты ООО «НПП «Итэлма» принимают активное участие в диалоге с производителями ЭКБ.

Понимая, что внедрение всех элементов IATF 16949 – это долгая и сложная задача, включающая материальные затраты, временные затраты, необходимость проведения обучения персонала, на всех производственных участках внутри ООО «НПП «Итэлма» был выработан подход по выстраиванию отношения со всеми поставщиками, в рамках которого предусматривается поэтапное выстраивание СМК по мере развития взаимоотношений между предприятиями.

1 этап: поставки продукции в соответствии с требованиями ISO 9001 (ИСО 9001) [2] в течение не более 6 месяцев.

При этом в течение данного времени между организациями должна быть согласована дорожная карта внедрения IATF 16949 в организации сроком до 2 лет. Поставщик ЭКБ за это время может самостоятельно или с помощью органов по сертификации проводить работы по внедрению всех согласованных элементов в производство, после чего должен пройти аудит, как внешний, так и внутренний, который проводят специалисты ООО «НПП «Итэлма».

2 этап: поставка продукции в соответствии с требованиями внедренных элементов IATF 16949, которые были согласованы в дорожной карте.

Данный подход позволяет предприятиям постепенно проводить работы по развитию СМК и по повышению качества выпускаемой продукции.

Кроме требований к СМК организаций в автомобильной промышленности выработались правила подтверждения качества применяемых компонентов. Так, в части ЭКБ в 1993 г. несколько ведущих мировых автопроизводителей создали Совет по автомобильной электронике (Automotive Electronics Council, AEC), который разработал стандарты, определяющие требования к качеству и надежности компонентов автомобильной электроники [3]. Серия стандартов AEC-Q устанавливает повышенные требования ко всем типам ЭКБ, а также описывает значения и методы подтверждения установленных требований к воздействию повышенной вибрации и ударам, граничных температур, надежности

статического разряда и других факторов. Все требования к активным компонентам описаны в AEC-Q100, AEC-Q101 и др., а к пассивным компонентам изложены в стандарте AEC-Q200, ряд которых были переизданы в 2023 г.

Учитывая масштабность работы по подтверждению соответствия требованиям автомобильной квалификации к компонентам, ООО «НПП «Итэлма» на первом этапе проводит анализ протоколов предварительных, квалификационных, периодических и типовых испытаний, выполненных силами производителей ЭКБ с момента освоения производства компонентов. Анализ результатов совместной работы специалистов предприятий по статистике показывает, что производимая ЭКБ соответствуют требованиям стандартов AEC-Q на 65-70 %.

Основными отличиями оказывались:

- испытание на теплостойкость (измерения выполняются в течение 1000 ч при 85 °С);
- тестирование на стойкость к воздействию термодаров (требуются 1000 циклов со временем перехода не более 1 мин и диапазоном температур минус 55 °С ... 155 °С);
- проверка влагостойкости (длительность теста: 41 сутки (1000 ч) при относительной влажности 85 %).

Хотелось бы обратить внимание, что подтверждение соответствия ЭКБ автомобильной квалификации исключительно добровольно и не требует участия органов по сертификации. Прделанная производителями ЭКБ работа оценивается производителями ЭБУ самостоятельно и позволяет последним использовать компоненты в жестких условиях автомобильного применения в блоках, отвечающих за безопасность движения автотранспорта; к ним относятся блоки управления двигателем и кузовной электроники, ABS, ESC и др. При этом отсутствует дополнительное тестирование на уровне компонентов.

Заключение

Внедрение требований автомобильного стандарта IATF 16949 позволяет:

- стать более эффективной компанией;
- выполнить требования потребителей и обеспечить постоянное качество;
- обеспечить постоянную оптимизацию процессов и минимизацию потерь.

Подтверждение соответствия ЭКБ требованиям AEC-Q позволяет повысить качество и надежность электронных блоков управления.

Портал сертифицированных автопоставщиков

С 1 декабря 2023 года на платформе Евразийской Ассоциации по развитию автомобильных поставщиков (EADAS) восстановлено размещение сертификатов соответствия по автомобильному стандарту - <https://eadas.ru>.

Надзорный комитет EADAS курирует вопросы соблюдения правил и корректности результатов аудитов, а также управляет процессом развития и аттестации аудиторов.

Ежемесячно проводятся заседания рабочих групп по схеме EADAS с участием КАМАЗ, АвтоВАЗ, Группы ГАЗ,

УАЗ, АЗ УРАЛ, Москвич, Консорциума Автокомпонентов и Телематики и др.

Группа ДКС уже 25 лет занимается сертификацией систем менеджмента качества автомобильных производителей. Мы были первым аккредитованным органом по IATF 16949 и до сих пор занимаем лидирующие позиции в автомобильной промышленности. Профессиональный коллектив из более чем 200 аудиторов на основе лучших международных практик помогает нашим заказчикам постоянно развиваться.

Литература

1. IATF 16949 – Система менеджмента качества и дополнительные требования для предприятий, занимающихся проектированием, разработкой, производством, установкой и обслуживанием продукции автомобильной промышленности.
2. ISO 9001 – Международный стандарт. Системы менеджмента качества – Требования.
3. AEC Documents. <http://www.aecouncil.com>.
4. <https://dqs-russia.ru/>.

УДК 658.5

ПРАКТИЧЕСКИЕ МОМЕНТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВНУТРЕННИХ АУДИТОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПОСТАВЩИКОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

PRACTICAL ASPECTS OF THE EVENT INTERNAL AUDITS QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS SUPPLIERS OF ELECTRONIC COMPONENT BASE

Шведов А.В., ООО «ВИТАЛ ЭЛЕКТРОНИКС ВП», +7 (911) 762-21-81, shvedov@vital-ic.com

Shvedov A.V., VITAL ELECTRONICS VP LLC, +7 (911) 762-21-81, shvedov@vital-ic.com

Аннотация. В статье предлагается дальнейшее развитие темы организации, планирования и проведения внутренних аудитов системы менеджмента качества (СМК) поставщиков электронной компонентной базы (ЭКБ). Приведены и сформулированы особенности и предложения по управлению внутренними аудитами СМК, применительно к организациям-поставщикам ЭКБ.

Annotation. The article suggests further development of the topic of organization, planning and conducting internal audits of the quality management system (QMS) of suppliers of electronic component base (ECB). The features and proposals for the management of internal audits of the QMS, in relation to ECB supplier organizations, are presented and formulated.

Ключевые слова: внутренние аудиты, система менеджмента качества, квалифицированные поставщики электронной компонентной базы.

Keywords: internal audits, quality management system, qualified suppliers of electronic component base.

Научная специальность: 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Введение

Среди основных потребителей электронной компонентной базы (далее – ЭКБ), можно особенно выделить предприятия, осуществляющие изготовление высокотехнологичной радиоэлектронной аппаратуры авиационного, ракетно-космического, военного и двойного назначения. При выборе внешних поставщиков данные потребители, на основе проводимых оценок, отдают предпочтение квалифицированным поставщикам ЭКБ, деятельность которых организована с учетом требований ЭС РД 010-2020, что подтверждается Свидетельством о квалификации установленного образца. Для успешного прохождения процедуры квалификации поставщик ЭКБ должен осуществить ряд организационно-технических мероприятий в соответствии с [1].

С целью проверки соответствия системы менеджмента качества (далее – СМК) поставщика ЭКБ требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002-2020, ГОСТ РВ 0020-57.412-2020, ЭС РД 009-2023 и требованиям СМК,



Шведов А.В.

установленных поставщиком во внутренней нормативной документации СМК [2], выявления несоответствий в деятельности организации, оценки результативности СМК [2, 3], а также для оценки готовности поставщика ЭКБ к квалификации, важно и необходимо умело организовывать, и успешно проводить внутренние аудиты СМК (аудиты первой стороны).

Основная часть

Требования к необходимости проведения внутренних аудитов СМК прописаны в основополагающих государственных стандартах, документах по стандартизации оборонной продукции (далее – ДСОП) и руководящих документах, содержащих требования к СМК и регламентирующей деятельность поставщиков ЭКБ при оказании услуг по закупке, хранению и поставке ЭКБ военного и двойного назначения:

- в пунктах 9.2.1 – 9.2.2 ГОСТ Р ИСО 9001-2015;
- в пунктах 9.2.3 – 9.2.7 ГОСТ РВ 0015-002-2020;
- в пунктах 9.2.2 – 9.2.6 ГОСТ РВ 0020-57.412-2020;
- в пунктах 9.2.1 – 9.2.2 ЭС РД 009-2023;
- в пункте 12.3 (н) ЭС РД 010-2020.

Для того, чтобы индивидуализировать эти требования применительно к потребностям конкретной организации, целесообразно разработать документированную процедуру (стандарт, положение или инструкцию), в которой будет описана последовательность действий по управлению внутренними аудитами СМК.

Управление внутренними аудитами СМК, с учетом указаний [3], можно представить в виде ряда последовательных этапов:

1. Планирование внутреннего аудита СМК;
2. Подготовка к проведению внутреннего аудита СМК;
3. Проведение внутреннего аудита СМК;
4. Подготовка отчета о внутреннем аудите СМК;
5. Осуществление корректирующих действий (мер);
6. Мониторинг и оценка результатов корректирующих действий (мер).

На первом этапе, по результатам планирования, должна быть подготовлена и утверждена программа внутренних аудитов СМК (далее – программа), в которой следует указывать: цели аудита, проверяемые подразделения и (или) процессы, объекты проверки, критерии аудита, сроки проведения аудита, состав рабочей группы по аудиту, отметку о выполнении аудита, разработчика программы и лист ознакомления руководителей подразделений и (или) процессов [3].

Основанием для разработки программы является приказ руководителя организации, в котором определены цели, сроки проведения аудита, а также состав аудиторской группы.

При планировании внутренних аудитов СМК поставщиков ЭКБ необходимо учитывать:

- организационную и функциональную структуру СМК организации;
- отчетность по результатам предыдущих внутренних аудитов СМК;
- запланированные аудиты второй (потребителей и др.) и третьей стороны (органов по сертификации и др.);
- планы по внедрению документов по стандартизации внешнего происхождения;
- планы по разработке и внедрению внутренней нормативной документации СМК;
- претензии и рекламации со стороны потребителей (при наличии);

- изменения требований потребителей и заинтересованных сторон;
- динамику изменения объемов поставляемой ЭКБ;
- риски, возникающие при реализации внутренних аудитов СМК.

Важно отметить, что объем каждого аудита должен быть таким, чтобы в течение одного года были проверены все структурные подразделения и все процессы СМК, определенные в функциональной структуре СМК организации [2, 4].

При выборе аудиторской группы должны соблюдаться принципы объективности и, самое главное, беспристрастности. Иными словами, аудиторы не могут проверять сами себя. Поставщикам ЭКБ, особенно с небольшой численностью сотрудников (до 15 человек), стоит ответственно подойти к выбору рабочей аудиторской группы и назначением главного (ведущего) аудитора, который будет осуществлять внутренний аудит Службы качества. В пункте 7.1.2.3 ЭС РД 009-2023 определены требования к компетенции руководителя службы качества, следовательно, главный (ведущий) аудитор должен иметь соответствующую подготовку, высшее образование (управление качеством, стандартизация и метрология, техническое образование в области радиоэлектроники или электротехники), опыт работы, высокий уровень знаний основополагающих государственных, военных стандартов, руководящих документов и внутренней нормативной документации СМК, проходить повышение квалификации и, что немаловажно, обладать высокими личностными и деловыми качествами [2, 3, 4]. Стоит отметить, что внутренним аудиторам помимо прохождения повышения квалификации в сторонних организациях, необходимо проходить и внутреннее обучение в соответствии с годовой программой подготовки персонала в области качества.

Риски возникающие при реализации внутренних аудитов СМК, а также мероприятия по снижению вероятности их возникновения и ответственных за реализацию данных мероприятий, следует указать непосредственно в документированной процедуре (в отдельном разделе или приложении). При идентификации и формулировании рисков, для последующего эффективного и результативного воздействия на риск, стоит обозначать причинно-следственную связь возникновения риска.

Примерами рисков могут быть:

- невыполнение программы внутренних аудитов СМК из-за неправильной постановки объема и продолжительности аудитов;
- недостаточная компетентность аудиторской группы из-за неправильного выбора главного (ведущего) аудитора;
- неэффективная координация аудитов в рамках программы внутренних аудитов из-за недостаточного отведения времени проведения аудита.

На втором этапе аудиторской группой подготавливается план внутреннего аудита конкретного подразделения и (или) процесса, который включает: наименование прове-

ряемых подразделений и (или) процессов, цель, методы, место проведение, основание аудита, состав рабочей аудиторской группы, критерии аудита, график предстоящей работы и лист доведения плана до представителей проверяемого подразделения. В свою очередь руководитель проверяемого подразделения (процесса) подготавливает материалы и документацию для предстоящего внутреннего аудита.

Наиболее ответственным и важным, является третий этап – непосредственное проведение внутреннего аудита СМК. По прибытию аудиторской группы в проверяемое подразделение проводится установочное совещание, на котором ещё раз доводятся запланированные мероприятия и разъясняются цели, объекты и критерии предстоящего аудита [3].

В процессе обследования подразделения, наблюдений, анализа документации и опроса персонала, аудиторская группа должна установить [1, 3, 4]:

- соответствует ли действующая в подразделении документированная информация по элементам СМК требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002-2020, ГОСТ РВ 0020-57.412-2020, ЭС РД 009-2023 и внутренних документов, на соответствие которым проводился аудит;

- обеспечивает ли выполнение требований, установленных в нормативной документации СМК результативному функционированию СМК, достижению поставленных целей в области качества;

- имеет ли в своем распоряжении персонал проверяемых подразделений документированные процедуры, описывающие проверяемые процессы СМК, знает ли и понимает ли их требования и использует ли их в повседневной деятельности;

- достигнута ли цель выполнения коррекций и корректирующих действий (мер), проведенных по результатам предыдущих аудитов, в том числе аудитов второй и третьей стороны.

При подготовке поставщика ЭКБ к квалификации, аудиторской группе следует проводить аудит с акцентом на проверку в каждом подразделении прослеживаемости закупаемых и поставляемых ЭКБ и обратить особое внимание на ведение регистраций и записей по качеству, так как важным элементом аудита при квалификации поставщика ЭКБ является проверка сквозной прослеживаемости выполнения заявки потребителя на поставку продукции [1].

Подспорьем при проведении аудита могут послужить опросные листы, в которых аудиторами заранее сформулированы вопросы по каждому процессу. Например, для такого процесса как «Входной контроль поставляемой ЭКБ» в опросном листе могут быть обозначены следующие вопросы:

1. Соблюдается ли установленный порядок проведения входного контроля ЭКБ?
2. Обеспечен ли персонал, осуществляющий входной контроль, необходимыми техническими средствами?

3. Являются ли регистрационные данные о входном контроле ЭКБ доступными при запросе о них?
4. Проводится ли проверка компетентности персонала, осуществляющего входной контроль ЭКБ?
5. Своевременно ли доводятся заинтересованным подразделениям сведения о выявленных дефектах или несоответствиях, а также об их устранении?
6. Удовлетворяет ли исполнителей рабочая документация по входному контролю ЭКБ?
7. Достаточно ли обеспечение работ по входному контролю ЭКБ необходимыми ресурсами?

При внутреннем аудите уместно отдельно проверить соблюдение требований внедренных ДСОП и оформить акт в соответствии с ГОСТ РВ 0001-005-2019. В свою очередь, руководители подразделений и службы качества должны предоставлять аудиторской группе документы, подтверждающие внедрение и соблюдение требований ДСОП [6].

Несоответствия, выявленные в ходе аудита, необходимо фиксировать в протоколах регистрации несоответствий. При этом важно правильно их сформулировать и указать ссылку на документ по стандартизации, требование которого не выполняется для того, чтобы руководителем подразделения (процесса) были правильно установлены причины несоответствия и назначены соответствующие корректирующие действия (меры). Несоответствия можно классифицировать на критические и некритические, при этом, в документированной процедуре необходимо привести перечень критических несоответствий. К критическим несоответствиям СМК поставщиков ЭКБ относятся несоответствия, которые в значительной степени влияют на качество оказываемых услуг по закупке, хранению и поставке ЭКБ, повторяющиеся однотипные некритические несоответствия (особенно, если они были уже выявлены по результатам предыдущего аудита), а также несоответствия, обозначенные в пункте 15.4.13 ЭС РД 010-2020. Проблемные вопросы, характерные и системные несоответствия в деятельности поставщиков ЭКБ приведены в [7].

Немаловажно проводить оценку результативности подразделения (процесса) по результатам внутреннего аудита. Для этого предлагается следующая методика:

Значение показателя результативности подразделения рассчитывается по формуле 1:

$$R_{\text{вн. а.}} = 1 - \frac{K_{\text{несоответствий}}}{K_{\text{требований}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{несоответствий}}$ – количество несоответствий;
 $K_{\text{требований}}$ – количество обобщенных требований, применяемых к подразделению (процессу) в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002-2020, ГОСТ РВ 0020-57.412-2020 и ЭС РД 009-2023.

В дальнейшем это значение интерпретируется в соответствии с таблицей 1.

Интерпретация значения показателя результативности подразделения (процесса)
по результатам внутреннего аудита СМК

Количественная оценка результативности	Степень результативности
$R_{\text{Вн.а.}} < 0,60$	Недопустимая
$0,60 \leq R_{\text{Вн.а.}} < 0,75$	Допустимая
$0,75 \leq R_{\text{Вн.а.}} < 0,95$	Достаточная
$R_{\text{Вн.а.}} \geq 0,95$	Высокая

Таким образом, на основании интерпретации полученных значений можно сделать вывод о результативности проверяемого при внутреннем аудите СМК подразделения (процесса) [7].

Далее, в ходе четвертого этапа, по результатам проведенного внутреннего аудита аудиторской группой подготавливается отчет, который содержит цель аудита, объекты аудита, основание аудита, критерии аудита, представителей проверяемого подразделения, несоответствия выявленные в процессе аудита и рекомендации по их устранению (при наличии), рекомендации по улучшению деятельности (при необходимости), лист ознакомления [3].

На пятом этапе, при выявлении несоответствий в результате проведения внутреннего аудита руководителем подразделения (процесса) организуются и осуществляются необходимые корректирующие действия (меры), по результатам которых подготавливается отчет для представления главному (ведущему) аудитору.

Шестой этап предполагает мониторинг реализации корректирующих действий (мер). Если коррекции не выполнены в установленный срок или выполнены в неполном объеме, то главный (ведущий) аудитор сообщает об этом руководителю организации.

Выявленные в ходе внутреннего аудита СМК несоответствия и результаты их устранения являются входными данными для анализа СМК со стороны руководства. На основании полученных данных, разрабатываются и реализуются мероприятия по улучшению процессов СМК и повышению их результативности.

Результаты проведенных внутренних аудитов СМК (степень реализации программы внутренних аудитов СМК, выявленные несоответствия, степень выполнения мероприятий, назначенных по результатам внутренних аудитов СМК и др.) целесообразно рассматривать на заседаниях Совета по качеству, производственных совещаниях, а также доводить до персонала информацию о важности проводимых мероприятий, так как формальный подход к проведению внутренних аудитов может усугубить проблемы, имеющиеся в СМК поставщика ЭКБ и негативно отразиться на деятельности по закупке, хранению и поставке ЭКБ.

Заключение

Настоящая работа посвящена разработке предложений по практической реализации требований и указаний по управлению внутренними аудитами СМК поставщиков ЭКБ, изложенных в [1, 2, 3, 4, 5, 8]. Рассмотренные предложения позволят улучшить деятельность по организации, планированию и проведению внутренних аудитов СМК поставщиков ЭКБ.

Литература:

1. ЭС РД 010-2020 «Требования к поставщикам электронной компонентной базы и порядок их квалификации».
2. ЭС РД 009-2023 «Дополнительные требования к системе менеджмента качества организаций-поставщиков электронной компонентной базы военного и двойного назначения».
3. ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента».
4. ГОСТ РВ 0015-002-2020 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Требования».
5. ГОСТ РВ 0020-57.412-2020 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Требования к системе менеджмента качества».
6. ГОСТ РВ 0001-005-2019 «Система стандартизации оборонной продукции. Порядок внедрения стандартов на оборонную продукцию».
7. Булгаков О. Ю., Подъяпольский С. Б. Одна из методик оценки качества функционирования СМК поставщиков ЭКБ. // Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения. 2021. № 3. С 18-21.
8. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ МОЛЯРНОЙ (ОБЪЁМНОЙ) ДОЛИ ВЛАГИ ПОД КОРПУСОМ МИКРОСХЕМ МЕТОДОМ РАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**METROLOGICAL SUPPORT OF MEASUREMENTS MOLAR (VOLUMETRIC) CONTENT OF MOISTURE UNDER THE CASES MICROCIRCUITS BY DESTRUCTIVE TESTING METHOD AND WAYS TO IMPROVE IT**

Быканов В.В., к. т. н., с. н. с., **Подъяпольский С.Б.**, к. т. н., **Есакова М.М.**, **Тупицина А.В.**,
ФГБУ «ВНИИР», +7 (495) 586-17-21, sertifbv@yandex.ru

Vykanov V.V., Ph.D. of Engineering Sciences, Senior Researcher Officer, **Podyapolsky S.B.**, Candidate of Technical Sciences,
Esakova M.M., **Tupitsina A.V.**, FSBI "VNIIR", +7 (495) 586-17-21, sertifbv@yandex.ru

Аннотация: объектом исследования являются методики и оборудование для проведения испытаний по контролю содержания паров воды под корпусом микросхем с целью повышения воспроизводимости и сопоставимости результатов измерений. Проведён анализ величин измерений влажности газа, на основе которого выбрана рекомендуемая величина, характеризующая содержание водяного пара.

Annotation: the object of the research is the methods and equipment for conducting tests to control the water vapor content under the cases of the microcircuits in order to increase the reproducibility and comparability of measurement results. The analysis of the values of gas humidity measurement values carried out, on the basis of which the recommended value characterizing the water vapor content was selected.

Ключевые слова: измерение, микросхема, влага, метрологическое обеспечение, средство измерений, масс-спектрометрический анализатор влажности.

Keywords: measurement, microcircuit, humidity, metrological support, measuring instrument, mass spectrometric humidity analyzers.

Научная специальность: 2.2.10 Метрология и метрологическое обеспечение.

Введение

Актуальность исследований основана на том, что с развитием интегральных схем (далее – ИС), ростом числа элементов на кристалле и функциональной сложности повышается чувствительность ИС к процессам, происходящим на поверхности кристалла, в большинстве случаев связанным с содержанием влаги под корпусом микросхем. Для сохранности характеристик ИС и снижения отказов в течение срока службы необходимо повысить точность и достоверность результатов измерений величины, характеризующей содержание влаги в подкорпусном пространстве, в процессе производства и испытаний ИС. В настоящее время известно множество методов контроля содержания паров воды внутри корпусов микросхем, основанных как на разрушающем, так и на неразрушающем контроле. Для реализации данных методов используется оборудование как отечественного, так и зарубежного производства. Вместе с тем, отсутствие единого метрологического подхода к обеспечению единства соответствующих измерений приводит к недостаточной повторяемости (сходимости) и воспроизводимости результатов испытаний.

Основная часть

Для обеспечения достижения поставленной задачи и выработки единого метрологического подхода к оборудованию и методикам проведения контроля содержания паров воды внутри корпусов микросхем выполнены следующие задачи исследований: анализ причин и источников попада-



Быканов В.В. Подъяпольский С.Б.



Есакова М.М. Тупицина А.В.

ния влаги в корпуса ИС; анализ величин, характеризующих влажность газа, и выбор на его основе рекомендуемой из величин влажности газа, характеризующих содержание водяного пара, как основу для сравнения; анализ методов контроля содержания паров воды внутри корпусов микросхем; анализ отечественного и зарубежного оборудования, применяемого для контроля содержания паров воды внутри корпусов микросхем при их испытаниях; анализ госу-

дарственной поверочной схемы для средств измерений влажности газов и возможных подходов к обеспечению единства измерений при контроле содержания влаги внутри корпусов ИС; формирование технического облика макетов предлагаемого оборудования для калибровки средств измерений и аттестации установок, применяемых для испытаний содержания влаги внутри корпусов микросхем.

Развитие ИС связано с увеличением степени интеграции, в том числе, с количеством элементов на кристалле и их функциональной сложностью. Площадь, занимаемая межсоединениями, увеличилась с 20 % для ИС первой и второй степени интеграции до 80 % для сверхбольших ИС. С увеличением степени интеграции повышается чувствительность ИС к процессам, происходящим на поверхности кристалла, большинство из которых связано с содержанием влаги внутри корпусов ИС.

Учитывая требования к ИС по надёжности [1] (сохраняемость не менее 25 лет и наработка до отказа не менее 150 тыс. часов), особенно важно изучать механизмы отказов, анализировать причины и источники попадания влаги в корпуса, на основе чего правильно оценивать мероприятия по снижению её количества для повышения надёжности ИС. Это становится возможным при точной оценке содержания паров воды внутри корпуса ИС. Обобщённые данные об отказах ИС, вызванных наличием паров воды в подкорпусном объёме ИС, показывают, что для большинства ИС имеется критический уровень влажности, при котором начинается деградация электрических параметров, а затем и коррозия металлов [2]. В 1986 году в электронной промышленности был утверждён отраслевой стандарт [3], в котором сформулированы технические требования в части допустимого уровня влажности в подкорпусном

объёме ИС: при температуре 100 °С не более 0,5 %. В 1987 году при пересмотре общих и специальных технических условий на ИС было включено требование по содержанию влаги внутри корпуса: не более 0,5 % при 100 °С или 0,05 % при 25 °С. При этом не допускается применение осушителей внутри корпуса. По новой редакции общих технических условий [1], объединяющих требования и правила приёмки для ИС разного уровня качества, то есть единого документа вместо ранее действующих отраслевых стандартов, требование по содержанию влаги внутри корпуса нормировано для температуры 25 °С, при этом содержание влаги должно быть не более 0,05 %.

Применяемая в настоящее время герметизация корпусов ИС позволяет использовать ИС в наихудших условиях при повышенной влажности и температуре в течение длительного времени (от 25 лет).

В настоящее время наибольшее распространение в России получил метод разрушающего контроля с использованием в качестве метрологической основы масс-спектрометров, так как метод неразрушающего контроля уступает по информативности определяемой величины влажности и характеризуется отсутствием массового производства микроэлектронных датчиков.

Однако метод разрушающего контроля с использованием масс-спектрометрических анализаторов требует повышения воспроизводимости результатов испытаний ИС путём более тщательной калибровки (определения аппаратной погрешности) данных анализаторов.

Отечественное и зарубежное оборудование для определения содержания паров воды внутри корпусов микросхем приведено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики анализаторов влажности

Наименование характеристики	Анализатор МКМ-1	Анализатор EDA-407
Назначение средства измерений	предназначены для измерений объёмной доли влаги газовой среды в подкорпусном пространстве устройств физической электроники	предназначены для качественного и количественного анализа заполняющего газа (H ₂ O, He, Ar, H ₂ , N ₂ , O ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄) в герметично закрытых электронных устройствах
Метрологические характеристики	- диапазон измерений объёмной доли влаги, млн ⁻¹ : от 200 до 11000; - пределы допускаемой относительной погрешности, %: ± 20 (в диапазоне от 200 до 1000 млн ⁻¹); ± 10 (в диапазоне свыше 1000 до 6000 млн ⁻¹); ± 20 (в диапазоне свыше 6000 до 11000 млн ⁻¹)	- диапазон массовых чисел, а.е.м.: от 0 до 300; - диапазон измерений относительной влажности, %: от 0 до 50; - пределы допускаемого относительного среднеквадратического отклонения выходного сигнала, %: ± 10; - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности, %: ± 10; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений молярных долей газов (He, Ar, H ₂ , N ₂ , O ₂ , CO ₂ , CH ₄), %: ± 10; - диапазон показаний температуры точки росы воды, °С: от минус 40 до 10; - диапазон показаний температуры точки росы воды, °С: от минус 40 до 10
Метод исследования	Масс-спектрометрический метод анализа состава газа; представление результатов измерений концентрации водяных паров в значениях объёмной доли влаги (по предварительной градуировке на газе с известной объёмной долей влаги и температурой точки росы/иней)	Масс-спектрометрический метод анализа состава газа; представление результатов измерений концентрации водяных паров в значениях объёмной доли влаги (по предварительной градуировке на газе с известной температурой точки росы/иней)

Целью данных исследований является повышение воспроизводимости и сопоставимости результатов измерений содержания паров воды внутри корпусов микросхем при их исследованиях и испытаниях. Под воспроизводимостью результатов измерений одной и той же величины, характеризующей содержание паров воды в образцах микросхем из одной партии, понимается близость к нулю случайной погрешности измерений, выполненных по одной методике как в условиях повторяемости, так и в разных местах, разными средствами измерений, с участием разных операторов. Сопоставимость (метрологическая) результатов измерений содержания паров – сопоставимость результатов измерений для величин одного рода, которые метрологически прослеживаются к одной и той же основе для сравнения.

Для достижения поставленной цели необходимо в методике измерений содержания паров воды внутри корпусов микросхем (далее – методика измерений) нормировать единую величину из величин влажности газа, характеризующих содержание водяного пара, как основу для сравнения.

Методика измерений должна обеспечивать прослеживаемость результатов измерений нормируемой величины влажности газа к Государственному первичному эталону единиц относительной влажности газов, молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/иней, температуры конденсации углеводородов ГЭТ 151-2020, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов или по действующему по настоящее время ГОСТ 8.547-2009 [4].

Термин «величина влажности» означает физические величины, количественно характеризующие влажность веществ. Термин «влагосодержание» является собирательным, качественно характеризует наличие влаги в газе (веществе) и не рекомендуется к применению в наименованиях величин влажности, количественно характеризующих содержание водяного пара в газе.

В нормативной документации, устанавливающей требования к содержанию влаги внутри подкорпусного пространства микросхем, необходимо нормировать величину влажности, которую требуется определять в процессе испытаний при выпуске из производства и контролировать в течение срока службы микросхем. Величина влажности и её единица измерения должны соответствовать нормативным документам, действующим в Российской Федерации. Это позволит исключить неоднозначное толкование результатов испытаний и контроля характеристик микросхем, связанных с применением разных методов и средств измерений содержания влаги и повысит сопоставимость результатов измерений. Нормируемая величина, характеризующая влажность газа, должна быть информативным и воспроизводимым параметром для технологических задач и процессов контроля микросхем. Под информативностью нормируемой величины влажности, применяемой для измерения (контроля) содержания влаги в подкорпусном пространстве микросхем, следует понимать, что

информация, получаемая по результатам измерений этой величины в условиях приёмодаточных и контрольных испытаний, достаточна для принятия однозначного решения о годности микросхемы и максимально учитывает требования нормативных документов.

Средства измерений нормируемой величины влажности должны иметь метрологические характеристики (в том числе характеристики точности), оцениваемые во всем диапазоне влияющих величин при условиях испытаний. В случае необходимости пересчёта значений измеряемых величин влажности, необходимо оценить и обосновать неопределённость этого пересчёта и учитывать в представляемых результатах измерений.

В ходе исследований проведён анализ метрологических характеристик средств измерений величин влажности, применяемых в Российской Федерации при испытаниях микросхем на содержание влаги в подкорпусном пространстве – анализаторов МКМ-1 и EDA-407 (ДМТ-МСП1). Проведена оценка правильности способов выражения метрологических характеристик, нормированных в технической документации установок, соответствие применяемых величин и единиц измерений действующим нормативным документам.

Масс-спектрометрические комплексы МКМ-1 и EDA-407 (ДМТ-МСП1) измеряют отношение массы ионизированных атомов к их заряду. Результаты измерений масс-спектрометра представляются в значениях величин, характеризующих содержание водяного пара в анализируемой им газовой смеси. Для этого выполняется градуировка масс-спектрометра по смеси водяного пара и азота с известным значением содержания влаги. От того, насколько корректно выполнена процедура градуировки масс-спектрометра, зависит неопределённость преобразования измеренной масс-спектрометром информации в значение величины, характеризующей содержание влаги в анализируемой смеси.

Метрологическое обеспечение измерений молярной (объёмной) доли влаги внутри корпусов микросхем методом разрушающего контроля определяет деятельность по установлению и применению научных и организационных основ, технических средств, правил и норм для достижения единства и требуемой точности различных способов определения значений физических величин.

В настоящее время в мировой и отечественной практике разработаны соответствующие средства и методы контроля содержания паров воды внутри корпусов ИС, и с их помощью проведены исследования влажности в корпусах ИС, позволившие установить нормы влажности и ввести методику испытаний в национальные стандарты.

Методы контроля содержания паров воды внутри корпусов ИС в отечественной практике, изложены в отраслевом стандарте ОСТ 11 073.013-83 «Микросхемы интегральные. Методы испытаний. Часть 2. Испытания на воздействие климатических факторов и сред заполнения».

Были проведены исследования со следующими результатами эксперимента. Выборка из 15 ИС одного типа,

взятая произвольно из одной партии, была разделена на три группы по 5 штук в каждой. Результаты измерений масс-спектрометрическим методом, проведённых тремя

независимыми лабораториями по определению содержания паров воды в подкорпусном объёме приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерений масс-спектрометрическим методом

№ измерения	Содержание паров воды, объёмный процент, по измерениям		
	Лаборатория № 1	Лаборатория № 2	Лаборатория № 3
1	0,27	0,10	0,3542
2	0,28	0,18	0,4540
3	0,24	0,19	0,3666
4	0,26	0,13	0,3447
5	0,23	0,10	0,3797

По данным измерений различных испытаний содержание паров воды в подкорпусном объёме у всех 15 испытываемых ИС типа 1564ЛН1 не превышает норму, равную 0,5 объёмного процента при температуре 100 °С (или 5000 млн⁻¹), и соответствует требованиям общих технических условий. Разброс полученных значений подтверждает тезис о сложности измерений и неадекватности получаемых значений масс-спектрометрическим способом различными лабораториями.

На рис. 1 представлены результаты сличительных испытаний. При проведении испытаний на одном и том же типе анализаторов влажности калибровочных капсул микросхем, принадлежащих к единой технологической партии (тестовых образцов), также получены существенно отличающиеся результаты.

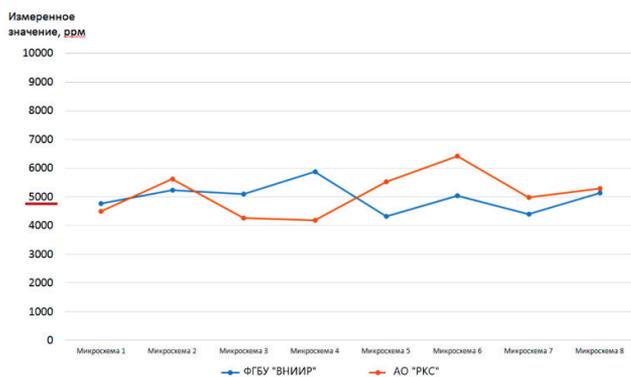


Рис. 1. Результаты сличительных испытаний

На основании анализа результатов, полученных в ходе сличительных испытаний на анализаторах влажности МКМ-1 и EDA-407, было установлено:

- отсутствие повторяемости результатов испытаний тестовых образцов в рамках заявленной погрешности анализаторов влажности;
- невозможность использования образцов в качестве калибровочных капсул микросхем, принадлежащих к единой технологической партии (тестовых образцов), в связи с недостаточной стабильностью результатов измерений;
- отсутствие единого метрологического подхода к применяемому при испытаниях оборудованию (МКМ-1 – поверка, EDA-407 – аттестация).

В заключение хочется отметить, что данный вид измерений метрологически не обеспечен, на основании прове-

дённных исследований.

Предлагается при калибровке масс-спектрометрических анализаторов влажности перед испытаниями микросхем по параметру содержания влаги в подкорпусном пространстве выполнять определение их аппаратной погрешности с помощью стандартных образцов (калибровочных капсул) – (далее – СО).

Основные требования, предъявляемые к СО:

- 1) Типоразмер СО соответствует типоразмеру микросхем, которые предполагается испытывать с применением масс-спектрометрических анализаторов (по объёму, заполняемому подкорпусным газом);
- 2) СО должны заполняться влажным азотом с фиксированным значением молярной (объёмной) доли влаги (несколько исполнений) в пределах диапазона, нормированного в нормативных документах микросхем;
- 3) Неопределённость молярной (объёмной) доли влаги в корпусе калибровочных капсул в процессе их заполнения не должна изменяться более чем на 0,25 % (относительно фиксированного значения) в течение 30 мин;
- 4) Калибровочные капсулы должны эксплуатироваться при температуре от 20 °С до 150 °С;
- 5) Калибровочные капсулы после заполнения должны быть проверены на герметичность в соответствии с требованиями действующих нормативных документов к герметичности корпусов микросхем. Скорость утечки гелия при испытаниях не более $5 \cdot 10^{-3}$ Па·см³/с.

При выполнении калибровки (определении аппаратной погрешности) масс-спектрометрических анализаторов с применением СО должно быть определено отклонение результатов измерений для каждого из задаваемых значений калибровочного газа. Должна быть оценена воспроизводимость результатов измерений отклонений в условиях повторяемости.

Целью изготовления СО является техническое и технологическое обеспечение мероприятий по повышению воспроизводимости и сопоставимости результатов измерений содержания паров воды внутри корпусов ИС при их исследованиях и испытаниях.

Заключение

В основу предложенного в ходе исследований единого метрологического подхода к оборудованию и методикам проведения испытаний по контролю содержания паров воды

внутри корпусов микросхем положен разрушающий метод контроля, предусматривающий применение специально разработываемых заполняемых парогазовой смесью СО.

Достоверность измерений с применением предложенных в работе макетов калибровочных капсул впервые предполагается обеспечить за счёт прослеживаемости к государственному первичному эталону единиц относительной влажности газов, молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/инея, температуры конденсации углеводородов ГЭТ 151-2020.

В предлагаемой статье проведён анализ методов измерений подкорпусной влаги. С целью повышения воспроизводимости и сопоставимости результатов измерений содержания паров воды внутри корпусов микросхем при их исследованиях и испытаниях наиболее перспективным путём является совершенствование метода разрушающего контроля.

Для реализации единого метрологического подхода предложено дополнить существующие частные методики поверки (калибровки) масс-спектрометрических анализа-

торов влажности процедурой определения их аппаратурной погрешности путём применения СО с фиксированными значениями молярной (объёмной) доли влаги в смеси с азотом.

Литература

1. ОСТ В 11 0998-99 «Микросхемы интегральные. Общие технические условия».
2. Чернышев А.А., Крутовязцев С.А., Бутурлин А.И. Контроль влажности в корпусах интегральных микросхем // Зарубежная электронная техника. 1987. Вып. 2. С.3-63.
3. ОСТ 11 20.9903-86 «Микросхемы интегральные. Система и методы операционного контроля в процессе производства. Технические требования к технологическому процессу при аттестации производства».
4. ГОСТ 8.547-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов».

УДК 006

ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ВНЕСЕННЫЕ В ПОЛОЖЕНИЕ О СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОТНОШЕНИИ ОБОРОННОЙ ПРОДУКЦИИ, В 2024 ГОДУ THE MAIN CHANGES MADE TO THE REGULATION ON STANDARDIZATION OF DEFENSE PRODUCTS IN 2024

Миронов Д.Е., генеральный директор ФГБУ «Институт стандартизации», +7 (495) 531-26-44, info@gostinfo.ru
Mironov D.E., Director General of Russian Standardization Institute, +7 (495) 531-26-44, info@gostinfo.ru

Аннотация. В статье поднимаются актуальные вопросы и направления их решения по совершенствованию организационных и технических процедур в области стандартизации оборонной продукции, а также принятые решения в рамках нормативно-правовой базы.

Annotation. The article raises topical issues and directions of their solving on improving organizational and technical procedures in the field of standardization of defense products, as well as the decisions which have been taken within the framework of legal and regulatory framework.

Ключевые слова: стандартизация, ГОСТ, нормативно-правовые документы

Keywords: standardization, GOST, regulatory documents

Научная специальность: 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

В этом году ФГБУ «Институт стандартизации» отмечает 100-летие своей деятельности. 18 декабря 1924 года была создана типография рабоче-крестьянской инспекции, которая имела полномочия: публиковать, тиражировать и распространять документы по стандартизации Российской Федерации, еще молодой тогда страны. Практически с самого начала существования нового государства его руководители прекрасно понимали жизненную необходимость и экономическую обоснованность развития и применения стандартизации в промышленности: отрасль начала динамично расширяться, создавались новые институты, массово внедрялись новые документы и подходы – велась масштабная работа по всем направлениям.

В Советском Союзе было пять отраслевых институтов по стандартизации. Один из них – ФГУП «РОСОБОРОН-СТАНДАРТ» – занимался стандартизацией оборонной



Миронов Д.Е.

продукции. В нулевых годах уже XXI века все институты по стандартизации объединились в ФГУП «СТАНДАРТИН-ФОРМ».

На момент слияния Рособоронстандарт представлял собой целый научно-исследовательский, методический и

методологический комплекс. Основная сфера деятельности этой организации – научно-исследовательская работа по стандартизации вооружения и военной техники и надзор за соответствием изготавливаемой военно-промышленным комплексом продукции федеральным нормам. В его ведении были самые разные виды услуг, начиная от регистрации и анализа рекламационных актов на продукцию по гособоронзаказу, заканчивая проведением технико-экономических экспертиз, разработкой и внедрением систем автоматизированного проектирования и управления производством. С участием института была разработана государственная система стандартизации военной техники, ряд общетехнических систем и комплексов стандартов, распространяющихся и устанавливающих требования к продукции военного и двойного применения.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт стандартизации» (далее - Российский институт стандартизации) создан 21 июля 2021 года в результате реорганизации ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 марта 2021 года № 519-р. Традиции Рособоронстандарта удалось сохранить, несмотря на очень тяжелый период.

Порядок стандартизации [1] в отношении оборонной продукции, поставляемой по государственному оборонному заказу, установлен в Постановлении Правительства № 1567 от 30 декабря 2016 г. «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции» [2]. Опыт применения указанного документа показал возможности совершенствования отдельных его положений с целью повышения качества разрабатываемых документов. Особенно с учетом того, что в условиях расширения областей распространения требований ГОСТ РВ на специальную технику целесообразна более системная интеграция работ и взаимодействие ведомств и организаций в области стандартизации.

Данные послы позволили сформировать предложения по актуализации указанного документа. Постановлением Правительства № 295 от 12 марта текущего года внесены существенные изменения. Изменения коснулись, в частности, полномочий Росстандарта. Теперь к полномочиям Росстандарта относятся ведение фонда документов по стандартизации оборонной продукции (в том числе отраслевых) и официальное распространение отраслевых документов по стандартизации оборонной продукции.

ФГБУ «Институт стандартизации» является подведомственной организацией Росстандарта и реализует все эти полномочия.

Начиная с прошлого года, в рамках исполнения постановления Правительства Российской Федерации № ЮБ-П7-5391 от 04.04.22, головные организации по стандартизации передавали в ФГБУ «Институт стандартизации» отраслевые документы по стандартизации оборонной продукции, содержащиеся в сводном перечне документов по стандартизации оборонной продукции. К сожалению, на сегодняшний день нам передан не весь фонд документации. Работы по формированию и структуризации фонда планируется завершить в III квартале текущего года.

Сейчас мы вошли в переходный период, когда, в связи с изменением в постановлении № 1567, головные организации уже не могут распространять копии стандартов. А мы еще не можем этого делать, потому что не получили подлинники.

Вы прекрасно знаете ГОСТ РВ 0001-004, в соответствии с которым распространять документы по стандартизации оборонной продукции может только держатель подлинника. Периодически по отдельным документам возникают ситуации переходного процесса. Но в нашей организации создан и осуществляет работу колл-центр, который оперативно решает вопросы по каждой конкретной проблеме.

При возникновении проблем с получением легитимной копии заинтересованным организациям целесообразно обращаться либо в ФГБУ «Институт стандартизации», либо к головной организации по стандартизации, которые ранее осуществляли функции по информационному обеспечению. Для себя мы, конечно, поставили план максимально быстро урегулировать эту проблему.

В настоящее время проводится детальная проработка и проведение актуализации ГОСТов по работе с документами по стандартизации оборонной продукции. Подготовлены предложения по внесению изменений в стандарты ГОСТ РВ 0001-001, ГОСТ РВ 0001-004 и ГОСТ РВ 0001-006.

Литература

1. Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».
2. Постановление Правительства № 1567 от 30 декабря 2016 г. «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции»



О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НАДЕЖНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗОЙ» «СЕРТИФИКАЦИЯ ЭКБ-2024»

10 – 12 апреля 2024 года в городе Санкт-Петербург проведена очередная ежегодная Научно-техническая конференция «Пути решения задач обеспечения современной радиоэлектронной аппаратуры надежной электронной компонентной базой» «СЕРТИФИКАЦИЯ ЭКБ-2024». Постоянным организатором и модератором конференции выступило Акционерное общество «Российский научно-исследовательский институт «Электронстандарт» (АО «РНИИ «Электронстандарт»).

В работе конференции приняли участие представители Государственной корпорации «Ростех», Акционерного общества «Объединенная приборостроительная корпорация», 256 представителей (руководители, научные сотрудники, сотрудники) из более чем 150 организаций и предприятий – изготовителей электронной компонентной базы и радиоэлектронной аппаратуры, а также, принимающих активное участие в деятельности по стандартизации оборонной продукции.

С приветствием и вступительным словом выступил генеральный директор АО «РНИИ «Электронстандарт» **Левин Роман Григорьевич**.

Также с приветственными словами выступили заместитель руководителя Северо-Западного представительства ГК «Ростех» **Басалаев Юрий Юрьевич** и советник генерального директора АО «Объединенная приборостроительная корпорация» **Брыкин Арсений Валерьевич**, выразив слова благодарности руководству АО «РНИИ «Электронстандарт», которое на протяжении 25-ти лет систематически организывает и проводит весьма полезное, как в научном, так и в практическом аспекте, мероприятие, направленное на улучшение и повышение качества деятельности предприятий и организаций радиоэлектронной промышленности по разработке и созданию электронной компонентной базы и радиоэлектронной аппаратуры.

С докладами, проиллюстрированными слайдами, выступили:



Левин Р.Г.

– генеральный директор АО «НИИЭТ» **Куцько Павел Павлович**, «Основные проблемы электронной промышленности в современных условиях»;

– начальник группы «Прикладных исследований в области ЭКБ» АО «РКС» **Лукьянов Евгений Михайлович**, «Работы ГНИО «Роскосмос» по ЭКБ АО «Российские космические системы»;

– генеральный директор ФГБУ «Российский институт стандартизации» **Миронов Денис Евгеньевич**, «Основные изменения, внесенные в Положение о стандартизации в отношении оборонной продукции в 2024 году»;

– генеральный директор ООО «Остек-Электро» **Мордкович Евгений Аркадьевич**, «Компромисс с «бесплезными» сервисами контроля качества электроники»;



Миронов Д.Е.

– заместитель директора АНО «Центр Квалитет» **Филатов Игорь Николаевич**, «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 30.04.2019 № 546 «Об аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий», а также директор АНО «Центр Квалитет» **Фёдорова Людмила Александровна**;

– руководитель испытательного центра АО «РНИИ «Электронстандарт» **Голубев Алексей Андреевич**, «Сертификационные испытания ЭКБ ИП. Долго. Дорого. Надежно»;

– директор по работе с государственными органами и техническому регулированию АО «НПО «КИС» **Тихонов Рустам Сергеевич**, «Стандартизация программно-аппаратных комплексов и электронной компонентной базы для критической информационной инфраструктуры»;

– генеральный директор АО «РНИИ «Электронстандарт» **Левин Роман Григорьевич**, «Стандартизация и импортозамещение электронной компонентной базы»;

– руководитель рабочей группы «Доверенные интегральные схемы» ТК 167, НИЯУ МИФИ **Кессаринский Леонид Николаевич**, «Система стандартизации доверенной активной ЭКБ для ПАК КИИ: первые результаты и ближайшие планы»;

– АО «РНИИ «Электронстандарт» **Данилов Дмитрий Сергеевич** и ООО «ВП-ПИТ» **Любинцев Денис Валерьевич**, «Информационно-справочная система ЭКБ ОП как инструмент подбора аналогов, производства стран Юго-Восточной Азии»;

– генеральный директор ООО НПП «Прорыв» **Тухас Вячеслав Анатольевич**, «Испытания и контроль в эксплуатации устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)»;

– начальник отдела маркетинга и рекламы АО «Карачевский завод «Электродеталь» **Беликова Юлия Вадимовна**, «Применение прямоугольных электрических соедините-

лей отечественного производства в РЭА, перспективы сотрудничества и развития»;

– генеральный директор АО «ЦКБ «Дейтон» **Рубцов Юрий Васильевич**, «Примеры применения моделей ЭКБ»;

– АО «РНИИ «Электронстандарт» **Васильева Елена Алексеевна**, «Организация и планирование работ по военной и национальной стандартизации»;

– АО «НПП «Цифровые решения» **Горбачев Сергей Анатольевич**, «Микросхемы для построения высоконадежной РЭА»;

– АО «ЭНПО СПЭЛС» **Уланова Анастасия Владиславовна**, «Технологические и измерительные комплексы для микроэлектронных предприятий, разработанные АО «ЭНПО СПЭЛС»;

– главный конструктор по системам и средствам визуализации изображений – начальник 600-го отделения АО «ЦНИИ «Циклон» **Стахарный Сергей Алексеевич**, «Метрологические возможности АО «ЦНИИ «Циклон» в области оптоэлектроники»;

– генеральный директор ООО «ДКС РУС» **Залунаев Михаил Юрьевич**, «Специальные требования к СМК в автомобильной промышленности»;

– руководитель направления локализации ЭКБ ООО «НПП «ИТЭЛМА» **Чистов Александр Сергеевич**, «Сертификация ЭКБ для автоэлектроники»;

– заместитель генерального директора АО «ИТЦ-НПО ПМ» **Федосов Виктор Владимирович**, «Технология обеспечения надежности ЭКБ для неремонтопригодной аппаратуры длительного функционирования».

За два дня работы конференции были заслушаны и детально обсуждены более 20 докладов. В процессе работы конференции рядом участников были представлены новые разработки для испытаний ЭКБ.

Завершая работу конференции Левиным Романом Григорьевичем был проведён Круглый стол, на котором он и специалисты АО «РНИИ «Электронстандарт» ответили на поставленные участниками конференции вопросы, а также отметил полезность проведенного мероприятия. При этом Левин Р.Г. выразил мнение, что необходимо и в дальнейшем проводить подобный обмен опытом и мнениями по вопросам стандартизации, улучшения и повышения качества деятельности предприятий, организаций радиоэлектронной промышленности по разработке и созданию новой электронной компонентной базы и радиоэлектронной аппаратуры.

Участники конференции высказали слова глубокой благодарности организаторам конференции и выразили уверенность, что направленность ежегодного их проведения будет прирастать обсуждением актуальных проблем радиоэлектронной отрасли и поисками способов их преодоления.

Весь методический материал, тексты выступлений и демонстрационные слайды организаторы предоставили участникам конференции.

В этом выпуске научно-технического журнала «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения» в виде статей опубликованы материалы по тематической направленности конференции, которые вызвали наибольший интерес у её участников.

XIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ – 2024»

6 – 7 июня 2024 года в городе Москва проведена очередная ежегодная XIII Всероссийская научно-техническая Конференция «Электромагнитная совместимость» на тему «Защита РЭА от воздействия мощных электромагнитных импульсов».

Постоянным организатором и модератором Конференции выступило Акционерное общество «Тестприбор» совместно с Группой Компаний «Диполь» (далее – АО «НПФ «Диполь»») при активном участии ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению».

В работе Конференции приняли участие представители ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» и ПАО «ОАК» «ОКБ им. А.И. Микояна», ФКУ войсковая часть 15650, ФГУП «ВНИИФТРИ» и ФГБУ НИИР, а также представители из более чем 30 организаций и предприятий радиоэлектронной отрасли, активно принимающих участие в вопросах электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры.

К обсуждению были предложены следующие вопросы:

1. Особенности проблем электромагнитной совместимости (далее – ЭМС) и примеры ее проявления на современном этапе в различных группировках и условиях, на уровне межсистемного и внутрисистемного взаимодействия;
2. Нормативно-правовая база испытаний технических средств на ЭМС;
3. Требования по ЭМС для изделий коммерческого назначения;
4. Проблемы ЭМС изделий военного и аэрокосмического назначения;
5. Организационное обеспечение ЭМС;
6. Функциональная безопасность бортовых систем летательных аппаратов при молниевых и электростатических разрядах;
7. Электромагнитная совместимость и функциональная безопасность радиоэлектронных систем вооружения;
8. Задачи обеспечения ЭМС БПЛА;
9. Технологии, измерения и испытания в области ЭМС;
10. Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС;
11. Испытания радиоэлектронного оборудования на ЭМС;
12. Оборудование для испытаний на ЭМС;
13. Особенности и проблемы аттестации испытательных систем тестирования устойчивости к электромагнитному полю при сильных узкополосных и импульсных воздействиях;
14. Особенности контроля характеристик передающих устройств в сфере коммуникаций с целью обеспечения их ЭМС в составе группировок РЭС и условиях мегаполиса.



С приветствием и вступительным словом выступили:
– начальник испытательной лаборатории ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» **Шеховцова Евгения Викторовна**;
– генеральный директор АО «ТЕСТПРИБОР» **Василевская Валерия Сергеевна**;
– руководитель направления ЭМС и радиоизмерений АО «НПФ «Диполь» **Смирнов Андрей Павлович**.

С докладами, проиллюстрированными слайдами, выступили:

– **Бондарь Юрий Иванович** – инженер-испытатель ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР», г. Москва, «Испытание аппаратуры на воздействие электромагнитных полей по ГОСТ РВ 20.39.308-98»;

– **Рагозин Михаил Павлович** – инженер-испытатель ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР», г. Москва, «Опыт проведения испытаний на ЭМС технических средств военного назначения»;

– **Гусев Игорь Петрович** – инженер-испытатель ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР», г. Москва, «Особенности испытаний на восприимчивость к воздействию радиочастотного электромагнитного поля в реверберационной камере»;

– **Нефедов Михаил Вадимович** – заместитель директора по науке АО ГЦМО ЭМС, г. Москва, «Особенности измерения эмиссии с применением реверберационных камер при испытаниях на электромагнитную совместимость радиоэлектронных средств»;

– **Коренькова Елена Александровна** – инженер-конструктор АО «Кронштадт», г. Москва, «Система анализа электромагнитной обстановки с использованием приемных устройств летательного аппарата»;



– **Лютаев Сергей Вячеславович** – начальник бригады ЭМС АО «Кронштадт», г. Москва, «Практика испытаний на ЭМС БПЛА типа Иноходец»;

– **Грабчиков Сергей Степанович** – главный научный сотрудник ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», г. Минск, «Поглотители электромагнитного излучения свч-диапазона на основе алюминийсодержащих фольгированных материалов»;

– **Смирнов Андрей Павлович** – руководитель направления ЭМС и радиоизмерений, д. т. н., **Колдашов Филипп Геннадьевич** – технический специалист, **Смирнова Екатерина Александровна** – инженер по метрологии и стандартизации АО «НПФ «Диполь», г. Санкт-Петербург, «Реализация межлабораторных сличений результатов изменений вносимых искажений в сети питания с помощью программируемых источников питания»;

– **Гетманец Александр Никитович** – главный специалист ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», Нижегородская обл., г. Саров, «Моделирование электромагнитной совместимости. Интегральные уравнения и эквивалентные электрические схемы»;

– **Епифанцев Константин Алексеевич** – руководитель группы «ИЭП» АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва, «Испытания электронной компонентной базы на импульсную электрическую прочность»;

– **Богаченков Дмитрий Алексеевич** – главный специалист НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ», г. Москва, «Актуальные вопросы испытаний по параметрам электромагнитной совместимости автомобилей с низким углеродным следом, в том числе работающих на альтернативных источниках энергии»;

– **Дудунов Алексей Андреевич** – начальник ИЛ электронной компонентной базы АО «ТЕСТПРИБОР», г. Москва, «Нейтрализация статического электричества при работе с полупроводниковыми приборами»;

– **Михайлов Михаил Михайлович** – ведущий инженер НИЦ НИО-10 ФГУП «ВНИИФТРИ», г. Солнечногорск, «Микросхемы для построения высоконадежной РЭА»;

– **Колдашов Филипп Геннадьевич** – технический специалист АО «НПФ «Диполь», г. Санкт-Петербург, «Особенности классификации и выбора процедур оценки характеристик отдельных элементов испытательных систем тестирования помехоустойчивости»;

– **Красотенко Анатолий Александрович** – руководитель отдела «Наземное оборудование» ООО «Спутниковые инновационные космические системы», г. Москва, «Решения по ЭМС СПУТНИКС для космического применения».

За два дня работы Конференции были заслушаны и детально обсуждены более 20 докладов. В процессе работы Конференции рядом участников были представлены новые разработки по электромагнитной совместимости.

С участниками Конференции был проведён Круглый стол «**Защита РЭА от воздействия мощных электромагнитных импульсов**», модераторами которого выступили **Лютаев Сергей Вячеславович** – начальник бригады ЭМС АО «Кронштадт», г. Москва, **Смирнов Андрей Павлович** – руководитель направления ЭМС и радиоизмерений, д. т. н., АО «НПФ «Диполь», г. Санкт-Петербург, **Грабчиков Сергей Степанович** – главный научный сотрудник ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», г. Минск.

Участники Конференции высказали слова глубокой благодарности организаторам XIII Всероссийской научно-технической Конференции и выразили уверенность, что направленность ежегодного их проведения будет прирастать обсуждением актуальных проблем радиоэлектронной отрасли и поисками способов их преодоления.

Весь методический материал, тексты выступлений и демонстрационные слайды организаторы предоставили участникам Конференции.

В выпусках научно-технического журнала «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения» в виде статей будут опубликованы материалы по тематической направленности конференции, которые вызвали наибольший интерес у её участников.

ГРУППА КОМПАНИЙ ТД «АЛЬФА-КОМПЛЕКТ» ЭКБ



18 лет на службе
в отрасли ОПК

**НАДЕЖНЫЙ ПОСТАВЩИК
ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

ЗАКУПКА, ПОСТАВКА, ХРАНЕНИЕ ЭКБ

- ✓ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ КАЧЕСТВА;
- ✓ ИНОСТРАННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ;
- ✓ СОБСТВЕННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ, 100% ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ;
- ✓ НАДЕЖНЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬ ГОСОБОРОНЗАКАЗОВ;
- ✓ ВЫПОЛНЕНИЕ ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ.

АККРЕДИТОВАННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ООО «АЛЬФА-КОМПЛЕКТ» СИ

- ✓ СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ ISO/IEC 17025-2019, РЭК 05.002-2015, ЭС РД 005-2020;
- ✓ СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ;
- ✓ ШИРОКАЯ ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ;
- ✓ СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОВЕРОК ЭКБ ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА;
- ✓ ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ЭКБ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОД КОНТРОЛЕМ ЗАКРЕПЛЕННОГО ВОЕННОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА;
- ✓ ПРОВЕДЕНИЕ ПРОВЕРОК НА ОТСУТСТВИЕ ПРИЗНАКОВ КОНТРАФАКТА;
- ✓ РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ И МЕТОДИК СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ.

РЕЖИМНО-СЕКРЕТНЫЙ ОТДЕЛ



Группа Компаний
ТД «Альфа-Комплект» ЭКБ

- комплексная поставка радиоэлектронных комплектующих
(свидетельство о квалификации поставщика ЭКБ)
- сертификационные испытания
- проведение специальных проверок



Роман Александра Ивановна

Генеральный директор

РФ, 125430, г. Москва, ул. Митинская, д. 16, Бизнес Центр YE'S
Моб. тел.: +7 (968) 041-62-62. Тел./факс: +7 (495) 739-04-20.
E-mail: info@alfakomplekt-ecb.ru, roman.a67@mail.ru
www.alfakomplekt-ecb.ru



Бизнес Центр YE'S, 125430, г. Москва, ул. Митинская, д. 16, офис 413 Б.
Тел.: +7 (495) 739-04-20. E-mail: info@alfakomplekt-ecb.ru

НОВЫЕ ТИПЫ ЧИП-РЕЗИСТОРОВ

P1-8B «-А»
P1-8B «-И»
P1-8B «-С»


РЕЗИСТОРЫ РЕКОМЕНДОВАНЫ

для применения в составе электронных устройств промышленного оборудования и автотранспортных средств с повышенными требованиями к надежности при высоком уровне импульсных помех и высокой вероятностью возникновения электростатических разрядов.

P1-8B с индексом «-А» широкий ряд типономиналов для автомобильного назначения

P1-8B с индексом «-С» стойкие к воздействию электростатического разряда

P1-8B с индексом «-И» стойкие к воздействию импульсов большой длительности

соответствуют требованиям стандарта AEC-Q200

соответствуют нормам экологической директивы RoHS

