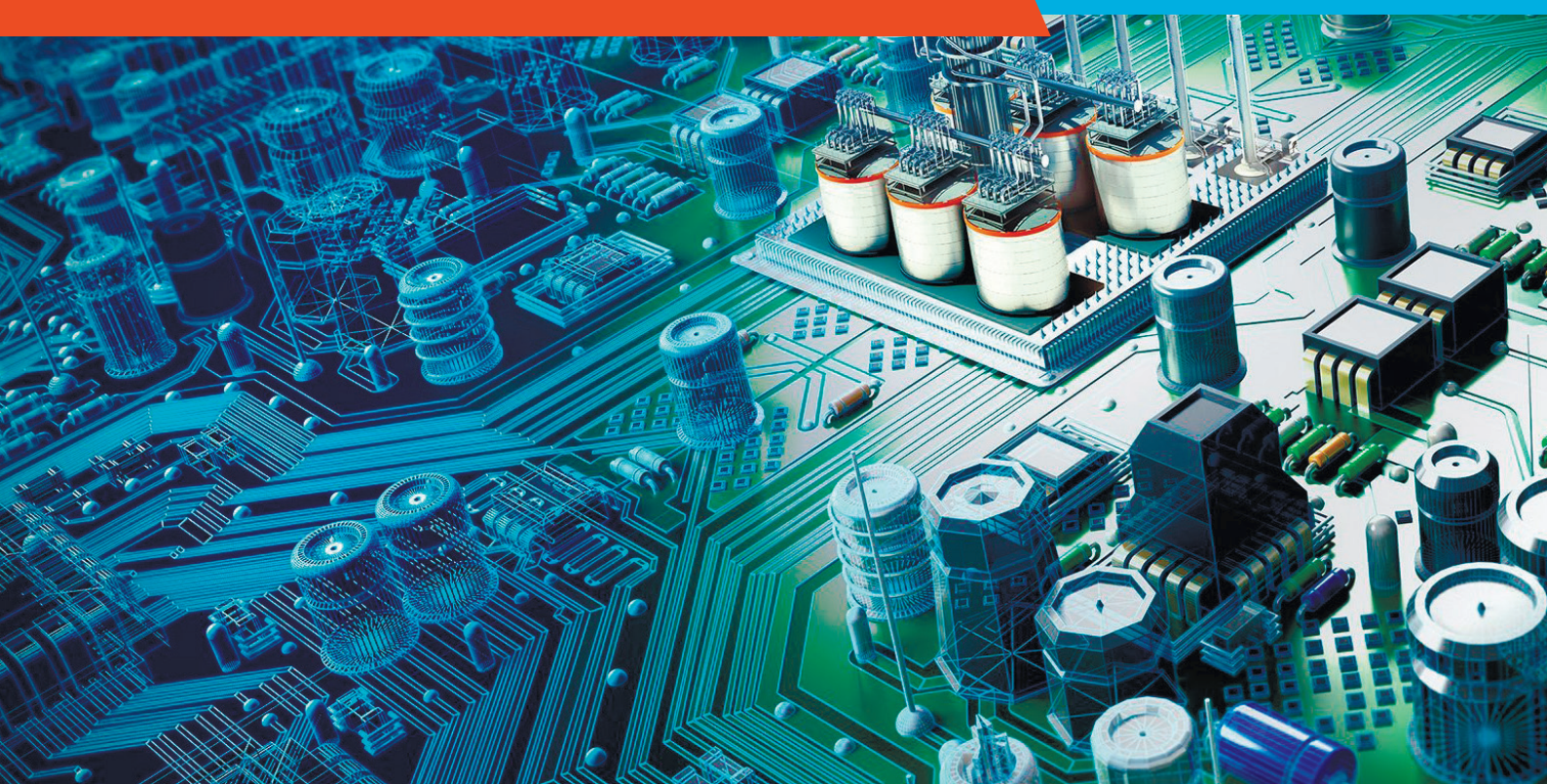


3 (7) | РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: 2022 | ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ



www.vniir-m.ru

www.elsert.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИНФОРМАЦИЯ
СЕРТИФИКАЦИЯ, АТТЕСТАЦИЯ, КВАЛИФИКАЦИЯ
РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ
КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ



ИСПЫТАНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛЕЙ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Испытательная лаборатория ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» начала проводить испытания на воздействие электромагнитных полей высокой интенсивности (HIRF) с применением реверберационной камеры

График зависимости напряженности поля от угла поворота «тюнера» на частоте 1 ГГц при подводимой мощности 35 dBm



Испытания проводятся в соответствии с требованиями раздела 20.0 КТ-160G/14G в частотном диапазоне от 400 МГц до 18 ГГц

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ОТ УГЛА ПОВОРОТА «ТЮННЕРА»																			
УГОЛ ПОВОРОТА	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
НАПРЯЖЕННОСТЬ, В/М	53	62	65	75	72	75	79	152	112	83	86	85	84	88	108	241	188	174	188
УГОЛ ПОВОРОТА	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°	360°	
НАПРЯЖЕННОСТЬ, В/М	288	336	525	650	540	365	261	118	196	185	250	101	70	87	72	69	58	53	



+7 (495) 657-87-37



tp@test-expert.ru
www.test-expert.ru



125480, г. Москва,
ул. Планерная, д. 7А

РО Пир 3 (7)/2022 (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
М. Л. Савин, и. о. директора ФГБУ «ВНИИР»
С. И. Боков, доктор экономических наук
А. В. Брыкин, доктор экономических наук
Н. В. Завьялов, доктор технических наук
В. М. Исаев, доктор технических наук
Г. Я. Красников, академик РАН
А. С. Сигов, академик РАН
В. Б. Стешенко, кандидат технических наук
А. А. Рахманов, доктор технических наук
В. А. Телец, доктор технических наук

Главный редактор:

О. Ю. Булгаков, заслуженный работник связи РФ,
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
И. Н. Кабанов, доктор технических наук
А. И. Корчагин, кандидат технических наук
Р. Г. Левин, кандидат физико-математических наук
С. С. Милосердов, кандидат технических наук
Д. А. Руденко, кандидат военных наук
Ю. В. Рубцов, директор АО «ЦКБ «Дейтон»
Л. А. Фёдорова, академик Академии проблем качества
В. Н. Храменков, доктор технических наук
С. В. Щербаков, кандидат технических наук

Редакция:

М. А. Захарова, член Союза журналистов РФ
Е. С. Зубарева, графический дизайнер
Н. В. Зубарева, редактор-корректор
О. Ю. Гора, корректор

Адрес редакции: ул. Колпакова, д. 2а,
г. Мытищи, Московская обл., Россия, 141002
Тел./факс: +7 (495) 588-17-21 / +7 (495) 588-69-61

Отпечатано

Юридический адрес: ул. Колпакова, д. 2а,
г. Мытищи, Московская обл., Россия, 141002
Тел./факс: +7 (495) 588-17-21 / +7 (495) 588-69-61

Сдано в набор 27.06.2022 г.

Подписано к печати 01.07.2022 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 РФ и Российского технологического университета – МИРЭА.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИЯ

ЗАО «Супертехприбор» – 30 лет в авангарде отечественного приборостроения.....2

СЕРТИФИКАЦИЯ, АТТЕСТАЦИЯ, КВАЛИФИКАЦИЯ

Подъяпольский С. Б., Булгаков О. Ю., Осипова Е. М.
О некоторых аспектах распространения электронной продукции в радиоэлектронной отрасли.....4

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ

Дормидошина Д. А., Рубцов Ю. В. Применение материалов на стадиях изготовления QFN-корпусов для изделий микроэлектроники.....8
Антонюк А. В., Мосин А. В. Особенности измерения вносимых потерь в оптическом волокне.....13
Горелов А. А., Макаров О. В., Посысаева Т. Т. Оценка стойкости волноводов антенно-фидерных устройств к воздействию ионизирующих излучений гамма-диапазона..16
Герасимов В. Ф., Болдырев М. А., Морозов Н. В. Стойкость литиевых и литий-ионных химических источников тока к воздействию специальных факторов.....18
Быканов В. В., Есакова М. М., Тупицина А. В., Булгаков О. Ю.
О некоторых проблемах обеспечения единства измерений анализаторов влажности.....25
Петровичев А. А. Организация рабочего места на основе реверберационной камеры.....27

КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

Фенюк Ю. М., Чужова А. С. Основные направления оценки импортозависимости радиоэлектронной аппаратуры от применения электронной компонентной базы.....30
Булгаков В. О. О методических подходах к выбору комплектующих изделий, модулей, электронной компонентной базы и материалов на этапе разработки радиоэлектронной аппаратуры.....33
Храменков В. Н., Щеглов В. А. Нормативно-правовое регулирование процедуры задания метрологических требований к техническим объектам.....37

КОЛЛЕКТИВУ ЗАО «СУПЕРТЕХПРИБОР»

Уважаемые коллеги!

Примите искренние поздравления по случаю 30-летнего юбилея ЗАО «Супертехприбор». За эти годы благодаря усилиям создателей предприятия и стараниям Вашего коллектива ЗАО «Супертехприбор» заслуженно стало одним из ведущих предприятий России в области радиоизмерительной техники. Разработанные и серийно выпускаемые средства измерений военного назначения входят в базовую комплектацию комплексов и систем измерений параметров важнейших образцов техники, поставляемой государственным заказчиком. Искренне желаем Вашему коллективу благополучия, дальнейших успехов и достижений на благо нашего Отечества!

*С уважением,
редакционный совет и редакционная коллегия журнала «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения».*

ЗАО «СУПЕРТЕХПРИБОР» — 30 ЛЕТ В АВАНГАРДЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Закрытое акционерное общество «Супертехприбор» практически ровесник Российской Федерации. Когда после неудачных «перестроечных» политических и экономических реформ распался СССР и начался кризис ведущих отраслей промышленности, одной из которых являлось радиоприборостроение, на территории России осталось 60 % научного и 40 % производственного потенциала данной отрасли, что потребовало оперативного перераспределения номенклатуры приборного парка, создания российских научно-производственных кластеров, способных оперативно и качественно закрыть потребности государства, его Вооруженных Сил и силовых

управленческой и организационно-технической работы.

Решением единомышленников в 1992 году было создано ЗАО «Супертехприбор». Инициатором создания, учредителем и первым генеральным директором организации стал Тимофей Михайлович Лоторев. Вместе с ним в состав учредителей вошли талантливые руководители и профессионалы в области радиоизмерительной техники и метрологии – Рафаэль Иванович Казаров, Николай Александрович Цветков и Владимир Робертович Ицканов.

Первые годы становления были посвящены в основном дилерской работе по организации совместных разработок и поставок продукции заводов, НИИ, КБ



*Первый генеральный директор
ЗАО «СУПЕРТЕХПРИБОР» Лоторев Т. М.*



*Основатели ЗАО «СУПЕРТЕХПРИБОР» (слева направо)
Ицканов В. Р., Лоторев Т. М., Казаров Р. И., Цветков Н. А.*

структур в современной измерительной технике. Одновременно предстояло решить ряд новых задач, характерных для начинающей рыночной экономики, таких как лицензирование деятельности, аккредитация метрологической службы, сертификация системы менеджмента качества, организация маркетинговой деятельности, развёртывание инновационной производственной деятельности и т. п. Решение такого комплекса организационных, научно-технических и производственных задач в реальных условиях «лихих» 90-х было под силу только сплочённой команде единомышленников, имеющих огромный опыт

России и стран СНГ, разрабатывающих и выпускающих средства измерений. Огромная заслуга в проведении масштабной работы по формированию собственной научно-производственной базы, укомплектованию её технологическим и поверочным оборудованием, созданию квалифицированного трудового коллектива, заключению договоров о научно-техническом сотрудничестве с федеральными органами исполнительной власти, приборостроительными НИИ и предприятиями, территориальными органами Росстандарта принадлежит первому заместителю генерального директора ЗАО «Супертехприбор» – Рафаэлю Ивановичу Казарову.



Генеральный директор
ЗАО «СУПЕРТЕХПРИБОР»
Казаров Т. Р.



Стенд ЗАО «СУПЕРТЕХПРИБОР» на выставке «Метрология» (ВДНХ)

В 2002 году было принято решение о создании своего собственного производства. Уже к 2005 году предприятие разработало и наладило серийный выпуск универсального источника питания Б5-77, а в 2008 году были освоены серийные выпуски целой линейки современных измерителей мощности МЗ-108 и генератора импульсов Г5-100. Все эти изделия в 2009 году были приняты на снабжение ВС РФ.

С 1992 по 2008 годы, более 15 лет, обществом бесменно руководил Т. М. Лоторев, при котором общество успешно преодолело бурные годы перестройки, сохранив компетенции, научные кадры и нарастило производственный потенциал, существенно укрепив свои позиции в оборонном комплексе России.

С 2008 года ЗАО «Супертехприбор» возглавляет Тигран Рафаэлович Казаров. Научный и производственный потенциалы, наработанные в предыдущие годы, получили дальнейшее развитие. Начиная с 2009 года предприятием выполнено 3 НИР и 12 ОКР по созданию нового поколения средств измерений.

ЗАО «Супертехприбор» в настоящее время выполняет научно-исследовательские и экспериментальные работы по формированию автоматизированных измерительных систем под задачи заказчиков, созданию задела, определению облика и макетированию узлов перспективных измерителей мощности электромагнитных колебаний, генераторов импульсов, генераторов сигналов, источников питания, ведёт ОКР по разработке средств измерений. Самостоятельно и в кооперации с другими предприятиями осуществляет производство генераторов НЧ сигналов (ГЗ-135; ГЗ-136; ГЗ-137), генераторов импульсов (Г5-100; Г5-102), вольтметров селективных (В6-17; ВК6-18), измерителей мощности (МЗ-108; МЗ-115), универсальных источников питания для измерений (Б5-77; Б5-97), цифровых двухканальных осциллографов (С1-177; С1-178; С1-178/1), подавляющее большинство которых принято на снабжение ВС РФ.

За 30 лет научно-производственной деятельности в интересах государственных и других заказчиков поставлено более 23000 комплексов, систем и средств измерений; отремонтировано и поверено более 6000 комплектов измерительной техники.

Компания располагает собственным сервисным центром, который осуществляет поверку, сервисное обслуживание и ремонт средств измерений. Наши специалисты готовы выполнить ремонт измерительной аппаратуры любой степени сложности. Предприятие имеет аттестованное испытательное оборудование, в том числе имитирующее климатические и механические факторы, службу контроля качества (ОТК). Поставки продукции государственным заказчикам и предприятиям оборонно-промышленного комплекса осуществляются под контролем военного представительства.

Основой Общества является коллектив квалифицированных специалистов трёх поколений. Мы гордимся создателями ЗАО «Супертехприбор» и его ветеранским корпусом, насчитывающим в своих рядах опытнейших специалистов в области метрологии и измерительной техники, квалифицированных учёных, кандидатов наук, заслуженных метрологов Российской Федерации, лиц, награждённых орденами и медалями СССР и РФ. Зрелое и молодое поколения дипломированных инженеров-метрологов являются надеждой и основной созидательной силой коллектива, за ними будущее развитие компании.

Особую благодарность хочется выразить ветеранам, проработавшим на предприятии практически с момента его основания: Елизавете Евгеньевне Лысенко, Роману Валерьевичу Бородину, Елене Вячеславовне Самхановой, Наталье Викторовне Горох, Николаю Петровичу Тарасову, Александре Егоровне Евсеевой, Павлу Николаевичу Евсееву, Михаилу Сергеевичу Голубеву, Игорю Альбертовичу Максиму, Алексею Юрьевичу Квасюку, Игорю Олеговичу Смоленскому, Алексею Михайловичу Пилипенко, Владимиру Ивановичу Попову, Анатолию Константиновичу Танетову. Искренне благодарим руководителей и представителей сотрудничающих и взаимодействующих приборостроительных организаций.

Поздравляю коллектив и ветеранов ЗАО «Супертехприбор» с юбилеем, желаю здоровья, успехов и благополучия!

С уважением,
генеральный директор ЗАО «Супертехприбор»
Т. Р. Казаров

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ
ABOUT SOME ASPECTS OF THE DISTRIBUTION OF ELECTRONIC PRODUCTS IN THE RADIO-ELECTRONIC INDUSTRY

Подъяпольский С. Б., к. т. н.; **Булгаков О. Ю.**, к. воен. н.; **Осипова Е. М.**,
ФГБУ «ВНИИР»; +7 (965) 300–10–36; osipova@vniir-m.ru
Podyapolskiy S. B., Ph.D. of engineering sciences; **Bulgakov O. Yu.**, Ph.D. of military sciences; **Osipova. E. M.**;
FGBU «VNIIR»; +7 (965) 300–10–36; osipova@vniir-m.ru

Аннотация. В статье представлены некоторые аспекты распространения электронной продукции в Российской Федерации, в т. ч. с привлечением дистрибьюторских компаний и организаций поставщиков электронной компонентной базы.

Annotation. The article presents some aspects of the distribution of electronic products in the Russian Federation, including with the involvement of distribution companies and organizations of suppliers of electronic component base.

Ключевые слова: дистрибуция, ЭКБ, СДС, СМК, ОПК, посредник, поставщик, квалифицированный поставщик, квалификация, поставка, электронная продукция.

Keywords: distribution, battery, SDS, QMS, defense industry, intermediary, supplier, qualified supplier, qualification, delivery, electronic products.



Подъяпольский С. Б.



Осипова Е. М.

Введение

В Российской Федерации распространение (поставка, реализация, снабжение) потребителям электронной компонентной базы (далее – ЭКБ), электронных модулей, изготовленных как на отечественных предприятиях, так и на предприятиях зарубежных стран, используемых в производстве радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА), осуществляется как производителями, так и дилерскими компаниями или организациями поставщика, работающими с официальными представителями. Последних можно отнести к системе распространения продукции.

При рассмотрении материала ниже под электронной продукцией будем понимать ЭКБ, модули, составные части (блоки) РЭА.

Основная часть

Источники (варианты) распространения электронной продукции, по которым осуществляется комплектование производства РЭА, можно подразделять на:

- прямые поставки от производителей электронной продукции, выпускающих её под собственной маркой;
- официальных представителей, дистрибьюторов;
- контрактных производителей электронной продукции;
- закупочные организации.

Официальные дистрибьюторы работают со стороны поставщика либо в варианте их выносного склада, либо

осуществляют поставки со склада изготовителя, при этом они отличаются наличием юридически оформленных представительских документов по возможностям поставок, распространения гарантий качества изготовителей и обязательствам сторон, в т. ч. по представлению изготовителю данных по конечному пользователю.

Ключевая функция закупочных организаций, обеспечивающих поставку электронной продукции для комплектации производства РЭА, – максимально полное обеспечение производства необходимыми комплектующими и электронной продукцией. Такие организации берут на себя значительную часть работы отделов снабжения предприятий, производящих РЭА [1]. Как правило, перед ними ставят задачи консолидировать закупки, оптимизировать логистику, оценить возможности и сроки поставки всей номенклатуры, подтверждения качества поставляемой электронной продукции, а также обеспечения таможенных процедур и, при необходимости, организация работ по подтверждению соответствия в рамках требований технических регламентов таможенного союза. Задачи и процедуры действий поставщиков в рамках Положений таможенного союза будут проанализированы в отдельной статье. Порядок применения изделий иностранного производства определён в соответствующих нормативно-правовых актах.

Закупка электронной продукции иностранного производства осуществляется, как правило, через поставщиков. При этом далеко не всегда имеется возможность осуществлять её тестирование по всем параметрам отечественными испытательными лабораториями, т. к. отсутствует доступ к необходимой технологической информации [2].

Основываясь на вышеизложенном, понимая, что дистрибуция в нашем случае представляет собой комплекс взаимосвязанных функций логистической деятельности, которые реализуются в продвижении электронной продукции от производителя к заказчику через поставщиков (дистрибьютеров и дилеров), на

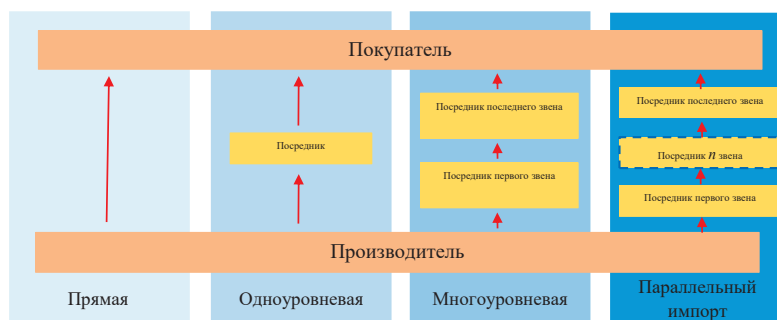


Рис. 1. Модели поставок (распространения, продвижения на рынке) электронной продукции

основании изложенного в [3, 4, 5] можно взять за основу следующие модели поставок (распространения, продвижения на рынке) электронной продукции (рис. 1):

- прямая модель;
- одноуровневая модель;
- многоуровневая модель;
- модель параллельных поставок (в рамках федерального закона от 28.06.2022 г. № 213-ФЗ «О параллельном импорте...»).

К прямой модели поставок электронной продукции относятся поставки, при которых заказчик приобретает у производителя электронную продукцию после согласования с ним номенклатуры и количества, ценовых условий и графика поставок. Это наиболее простая модель дистрибуции, при которой в достаточной степени отработаны между производителем и заказчиком все организационные, финансово-экономические и логистические вопросы и тем самым минимизируются различного рода риски.

К одноуровневой модели поставок электронной продукции относятся поставки электронной продукции, которые были закуплены дистрибьютором (квалифицированным поставщиком [6]) на склад не под конкретного заказчика, а в расчёте на регулярные потребности рынка создания РЭА. Такую модель иногда называют «складская модель дистрибуции». Поставки в этом случае осуществляются в основном по срочным заказам. Для одноуровневой модели дистрибуции (складской модели дистрибуции) характерны наличие широкого ассортимента электронной продукции, массовые методы рекламы и стимулирования спроса. Эта модель обеспечивает большое число заказчиков с относительно небольшими объёмами закупок. Крупные заказчики также нуждаются в услугах одноуровневой модели дистрибуции для обеспечения срочных («пожарных») поставок электронной продукции.

К многоуровневой модели поставок электронной продукции относятся поставки электронной продукции, которая была закуплена дистрибьютором (квалифицированным поставщиком [6]) на склад не под конкретного заказчика, и в эту цепочку включается ещё один (или несколько) квалифицированный поставщик. Схема работы практически аналогична одноуровневой модели дистрибуции.

К одноуровневой и многоуровневой моделям поставок электронной продукции относятся поставки, под которые дистрибьютор осуществляет закупки после согласования с заказчиком номенклатуры и количества, ценовых условий и графика поставок электронной продукции. Такую модель иногда называют «прямой (проектной) моделью дистрибуции». Для неё характерно меньшее

число заказчиков. При этом объём каждого заказа должен быть достаточно большим, чтобы оправдать затраты на индивидуальную работу. Доля крупнейших заказчиков в продажах проектным методом дистрибуции значительно больше, чем у складских дистрибьюторов.

28 июня 2022 г. вступили в силу поправки, которые закрепляют в действующем законодательстве возможность легального параллельного импорта на основании федерального закона от 28.06.2022 г. № 213-ФЗ. Новые нормы предусматривают, что использование результатов интеллектуальной деятельности, выраженных в товарах (группах товаров), внесённых в специальный перечень, не является нарушением. Также не является нарушением использование средств индивидуализации, которыми такие товары маркированы. Закон защитит российские компании, которые ввозят товары без разрешения правообладателя, от возможной гражданской, административной и уголовной ответственности. «Законопроект был разработан с целью защиты российской экономики и граждан в условиях экономических санкций против нашей страны. Его принятие упростит торговлю товарами из списка параллельного импорта и позволит стабилизировать цены на них».

Вместе с этим в настоящее время в рамках регламентов таможенного союза ЭКБ (за исключением отдельных групп, включая провода, химические источники тока и вторичные источники тока) не подлежат обязательной сертификации. Для обеспечения подтверждения качества вводимой по принципам параллельного импорта на территорию Российской Федерации продукции необходима организация системных работ по подтверждению отсутствия признаков контрафакта и соответствия характеристик изделий, заявленных характеристик фирмы изготовителя.

Как правило, большинство крупных российских дистрибьюторов комбинируют все эти модели работы, при этом у каждого дистрибьютора есть основная модель, которая определяет его специализацию и позиционирование на рынке. Все дистрибьюторы, работающие по одноуровневой и многоуровневой моделям, стремятся развивать проектные поставки, чтобы обеспечить выход на рынок крупных заказов. Однако эти модели трудно совместимы в рамках одной компании, т. к. требуют различных подходов к взаимоотношениям с заказчиками. Большинство дистрибьюторов (у которых преобладают такие модели поставок) имеют тенденцию к расширению консолидированных поставок. Вместе с постав-

ками, квалифицированными в обязательных и добровольных системах сертификации, а также зарегистрированными у производителя электронной продукции и заказчика, они могут обеспечивать консолидированные поставки различной электронной продукции.

Консолидированные поставки могут развиваться в двух направлениях:

1) специализация по группам электронной продукции, которая позволяет развивать определённые компетенции в закупках, формировать линии поставок, соответствующие специализации;

2) комплексные поставки, которые позволяют работать с предприятиями, не имеющими достаточных компетенций в области закупок. Квалифицированный поставщик берёт на себя многие функции отделов снабжения. При этом заказчик теряет возможность управлять рисками, возникающими в каналах закупок.

Основываясь на вышеизложенном, научная задача порядка формирования требований по системе распространения электронной продукции может быть сформулирована следующим образом: «На основе анализа моделей системы распространения электронной продукции, выбора (методики выбора [7]) заказчиком продукции для созданий РЭА, знаниях известных моделей (подходов) организации функционирования систем её закупок (дистрибуции) и поставок определить основные концептуальные требования и положения в части распространения электронной продукции, основное внимание при этом уделив совершенствованию требований к квалифицированным поставщикам электронной продукции [6], действующей нормативной документации [8], документам, разработанным в системах добровольной сертификации [9], функционирующих в области разработки, производства и поставки электронной продукции для производства РЭА и организации логистических процессов распространения электронной продукции».

В общем случае формальная постановка задачи исследования может быть сформулирована следующим образом: «На основании имеющихся обобщённых и проанализированных исходных данных о поставщиках электронной продукции (Т), номенклатуре нормативной документации (D), документации систем добровольных сертификаций (S), логистических процессах её распространения (L) определить основные концептуальные требования и положения в части распространения электронной продукции, при которых:

$$K \subset \{ T, D, S, L \} \geq K_{\text{тр.}},$$

где: K – разрабатываемые концептуальные положения по регулированию функционирования и облика системы распространения продукции;

T – требования к поставщикам электронной продукции;

D – номенклатура нормативной документации;

S – документация систем добровольной сертификации;

L – логистические процессы;

$K_{\text{тр.}}$ – современные требования концептуальных положений по регулированию функционирования и облика системы распространения продукции.

Между приведёнными выше категориями (системами в настоящее время отсутствуют аналитические зависимости, показатели их функционирования не имеют однозначного физического смысла, единой шкалы измерений, а отдельные из них задаются на качественном уровне.

В соответствии с этим данная задача не может быть решена с использованием математических методов и для её решения целесообразно применить вербальный подход к разработке научно-методического аппарата обоснования рекомендаций и требований по совершенствованию организации функционирования единой системы сертификации (лицензирования) разработки, производства и распространения электронной продукции.

Реализация поставленной научной задачи должна быть осуществлена посредством определения компетентными экспертами современных требований к распространению электронной продукции по следующим функциональным блокам:

а) требования к организации сквозной прослеживаемости процедур обеспечения качества продукции у поставщика (регистрация, условия и регламенты хранения и отгрузки при переупаковке и т. д.);

б) подтверждение качества электронной продукции (проверка на безопасность и отсутствие признаков контрафакта);

в) логистические процессы поставки электронной продукции потребителю.

Сертификация системы менеджмента качества (далее – СМК) предприятий разработчиков/изготовителей и поставщиков ЭКБ, позволяет осуществить оценку результативности СМК каждой организации при реализации требований совокупности элементов комплексной системы обеспечения качества разработки, производства, применения и распространения ЭКБ [8, 9].

Одним из руководящих документов при разработке требований к организациям, реализующим различные схемы распространения электронной продукции (рис. 1), может быть взят за основу ЭС РД 010 «Требования к системе менеджмента качества поставщиков электронной компонентной базы и порядок их квалификации» (СДС «Электронсерт»), который имеет значительный опыт применения (более 185 организаций-заявителей).

В организации системы поставок (распространения) продукции, особенно в области электронной компонентной базы, зарубежные специалисты электронной отрасли разработали и применяют требования к дистрибьюторам коммерческих и военных полупроводниковых приборов. Цель данной публикации состоит в том, чтобы установить требования для дистрибьюторов коммерческих и военных полупроводниковых приборов, которые хранят, обрабатывают (стоимость, добавленная обработкой) комплектуют или переупаковывают изделия.

Аудит по данному документу, в первую очередь, осуществляет непосредственно изготовитель, который впоследствии даёт «аттестованному» дистрибьютору право поставки своей продукции с распространением на поставки гарантий качества изготовителя.

Документ предусматривает, что дистрибьютор должен ввести в действие и поддерживать надлежащее функционирование документированной системы обеспечения

качества. Такая система качества должна включать:

1) разработку документированных процедур и инструкций системы обеспечения качества в соответствии с требованиями данного стандарта;

2) эффективный ввод в действие документированных процедур и инструкций системы обеспечения качества, включающих специальные требования производителя и потребителя;

3) систему обращения и переупаковки продукции в соответствии с документацией, используемой производителем, потребителем, и применяемыми документами.

Утвержденные дистрибьютором представители, представители потребителя и/или уполномоченные представители правительства осуществляют просмотр, анализ и утверждение с соответствующими замечаниями системы и процедур обеспечения качества, применяемых дистрибьютором. Сюда же включается контроль продукции, систем, процедур, оборудования и отчетности. Представленный здесь контрольный перечень для проведения аудита может использоваться в качестве руководства для верификации соответствия требованиям данного стандарта.

Ответственность за функционирование системы качества должна быть четко определена в пределах организации дистрибьютора. Персонал, принимающий решения по управлению качеством, должен иметь достаточные полномочия и обладать независимостью для оценки проблем качества и инициирования корректирующих действий, выдачи по ним рекомендаций и обеспечения их выполнения.

Документ устанавливает достаточно жесткий состав требований ко всем элементам и процессам обеспечения качества, включая управление документацией и идентификацией данных, управление подготовкой и аттестацией персонала, входной контроль и работу с продукцией, возвращенной потребителем, обеспечение защиты приборов, чувствительных к электростатическому разряду.

В рамках документа предусмотрена необходимость осуществления управления дистрибьютором всеми производственными помещениями. Так дистрибьютор должен идентифицировать все места расположения своих подразделений и субподрядчиков, создающих дополнительную стоимость (например, испытательная станция), где хранится, переупаковывается, обрабатывается и/или тестируется поставляемая продукция:

– такие места расположения должны включать складские помещения дистрибьютора, которые расположены на производственных площадях потребителя, но продукция, которая в них хранится, остаётся собственностью дистрибьютора;

– по запросу производителя изделий, получающих обработку, прибавляющую стоимость, этот производитель должен получать уведомления о том, какой вид обработки должен производиться, а также о расположении дистрибьютора или поставщика, выполняющего данную обработку.

Заключение

Применяя предложенные подходы и методы выбора (методики выбора) заказчиком электронной

продукции для созданий РЭА, знания известных теоретических моделей (подходов) организации функционирования систем закупок (дистрибуции) и распространения электронной продукции для РЭА, можно сформулировать основные концептуальные положения и требования в части распространения электронной продукции, основное внимание при этом уделив реализации требований действующей нормативной документации, документации, разработанной в системах добровольной сертификации, функционирующих в области разработки, производства и поставки электронной продукции для производства РЭА.

В последующих статьях было бы целесообразно с целью общей систематизации далее рассматривать вопросы особенностей и требований к участникам организации, подтверждения соответствия и распространения электронной продукции, прохождения процедур подтверждения её соответствия требованиям регламентов Евразийского экономического союза перед её распространением, а также предложить систему дополнительных мер, направленных на поставку качественной электронной продукции.

Литература

1. «Отчёт исследования российского рынка электронных компонентов». Исследование выполнено Информационно-аналитическим центром современной электроники (ООО «СОВЭЛ») по заказу Ассоциации поставщиков электронных компонентов. Печатный, 120 с. Москва. 2016 г.

2. Кочемасов Д. В., Кувшинов В. В., Строганова Е. П. Качество электронных и радиоэлектронных компонентов для современной промышленности. – Компоненты и технологии, 2012, № 1, с.17–20.

3. Барнард Дж. Р. Что такое «уполномоченный дистрибьютор» и почему я должен покупать у него? / CHIP news. Новости о микросхемах. – № 9–10. – 1997 г.

4. Герасимов Ю. Мнения российских «профи». Реакция дистрибьюторов на статью Дж. Барнарда. / CHIP news. Новости о микросхемах. – № 9–10. – 1997 г.

5. Подъяпольский С. Б., Косенюк В. М. Новое в требованиях ЭС РД 010–2020. // «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», Мытищи, 2021 г. № 1. – с. 30–32.

6. Булгаков О. Ю. Методика выбора квалифицированных поставщиков электронной компонентной базы. // «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», г. Мытищи, 2021 г. – № 4. – с. 31–37.

7. Булгаков В. О. О методических подходах к выбору комплектующих изделий, модулей, электронной компонентной базы и материалов на этапе разработки радиоэлектронной аппаратуры. // «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», г. Мытищи. – 2021 г.– № 7.

8. Булгаков О. Ю., Подъяпольский С. Б. Одна из методик оценки качества функционирования СМК поставщиков ЭКБ. // «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», г. Мытищи. – 2021 г. № 3. – с. – 18–21.

9. Подъяпольский С. Б., Осипова Е. М. Сертификация систем менеджмента качества как элемент комплексной системы обеспечения качества ЭКБ. // «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», г. Мытищи. – 2021 г. № 3. – с. 21.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА СТАДИЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ QFN-КОРПУСОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

**APPLICATION OF MATERIALS AT THE STAGES OF MANUFACTURING QFN ENCLOSURES
FOR MICROELECTRONICS PRODUCTS**

Дормидошина Д. А., заместитель генерального директора АО «ЦКБ «Дейтон», эксперт по стандартизации; +7 (925) 104–77–96; dormidoshina@deyton.ru; **Рубцов Ю. В.**, генеральный директор АО «ЦКБ «Дейтон», эксперт по стандартизации; +7 (926) 009–37–00; e-mail: rubtsov@Deyton.ru

Dormidoshina D. A., deputy General Director of JSC «Central Design Office «Deyton», expert on standardization; +7 (925) 104–77–96; dormidoshina@deyton.ru; **Rubtsov U. V.**, General Director of JSC «Central Design Office «Deyton», expert on standardization; +7 (926) 009–37–00; e-mail: rubtsov@Deyton.ru

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты исследований и разработки метода классификации QFN–корпусов по признакам свойств применяемых материалов с целью создания перспектив для возникновения потребности в них достаточной для их разработки и изготовления отечественными предприятиями.

Также в статье рассмотрены возможности обеспечения процессов сокращения барьеров, снижающих объём применения отечественных QFN–корпусов в изделиях отечественной микроэлектроники, решения проблем унификации их номенклатуры, классификации типоминалов QFN–корпусов, управления параметрами и качеством, а также для сокращения сроков принятия решения на этапах выбора корпусов.

Annotation. This article presents the results of research and development of a method for classifying QFN–packages according to the characteristics of the properties of the materials used in order to create prospects for the emergence of a need for them sufficient for their development and manufacture by domestic enterprises.

Also, the article considers the possibility of providing processes for reducing barriers that reduce the scope of use of domestic QFN–packages in domestic microelectronics products, solving the problems of unifying their nomenclature, classifying the type ratings of QFN–packages, managing parameters and quality, as well as reducing the time for making a decision at the stages of choosing packages.

Ключевые слова: корпус, QFN, материалы, керамика, пластик.

Keywords: package, QFN, materials, ceramics, plastic.



Дормидошина Д. А.



Рубцов Ю. В.

Введение

По прогнозам зарубежных аналитиков, в области электроники мировой рынок корпусов для изделий микроэлектроники к 2030 г. в стоимостном выражении достигнет 60 млрд долл. США по сравнению с 28 млрд – в 2021 г., при этом с 2022 по 2030 гг. среднегодовой темп роста составит более 9 % [1].

Корпуса изделий микроэлектроники играют решающую роль в защите элементов изделий от воздействий окружающей среды, обеспечении электрических соединений с внешними цепями и надёжности монтажа [2].

Стремительный прогресс информационных и сквозных технологий, развитие искусственного интеллекта, облачных вычислений инициируют растущий спрос на многофункциональные электронные изделия с высокой

степенью интеграции и низким энергопотреблением, а соответственно, и новые требования к их корпусам. В результате появились усовершенствованные конструктивные технологии корпусов систем 2,5D, 3D, корпус в корпусе, корпус на корпусе и др.

Основная часть

Основные тенденции развития корпусов:

- увеличение количества выводов;
- уменьшение минимального шага выводов компонентов в корпусах различных типов;
- переход от расположения выводов по периметру к расположению выводов под корпусом;
- интеграция нескольких компонентов в один корпус.

На рис. 1 изображён график, показывающий корпуса QFP, PBGA, FBGA с уменьшением минимального шага выводов компонентов с выводами типа «крыло чайки» и с шариковыми выводами, а также корпуса SON, QFN, FLGA с уменьшением минимального шага выводов корпусов с контактными поверхностями на примере компонентов для малогабаритных портативных устройств.

Уменьшение шага выводов пластиковых корпусов с шариковыми выводами PBGA (Plastic Ball Grid Array) и планарными выводами QFP (Quad Flat Package) фактически достигло своих пределов: 0,65 и 0,3 мм, соответственно. Минимальный шаг выводов FBGA (Fine-Pitch Ball Grid Array) и FLGA (Fine Pitch Land Grid Array) также достиг своего предельного

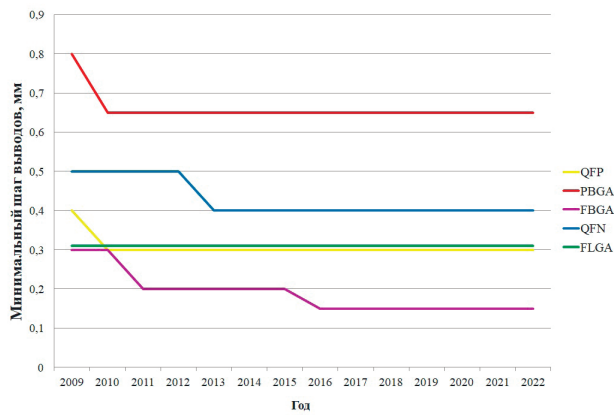


Рис. 1

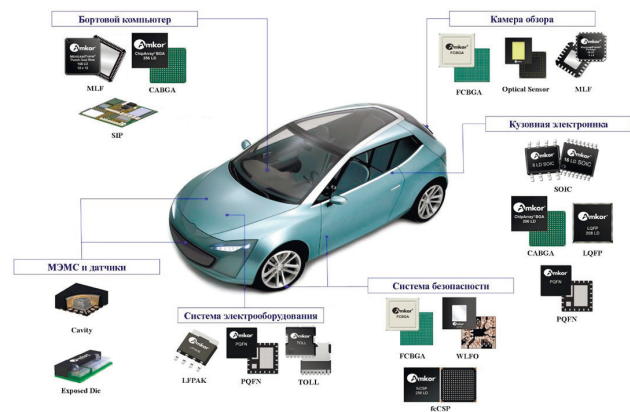


Рис. 2

значения. Формируются перспективы дальнейшего уменьшения шага выводов для корпусов QFN [3].

В 1998 г. на рынке была представлена конструкция прямоугольного плоского тонкого корпуса с выводными площадками по четырём сторонам типа QFN (Quad-Flat No-leads), которая отличалась от существующих малыми размерами, низкими затратами изготовления и отличными тепловыми и электрическими характеристиками. За последнее десятилетие новые разработки с однорядными и многорядными выводными площадками позволили QFN-корпусам в составе изделий микроэлектроники поддерживать гораздо больше операций ввода-вывода и, таким образом, занять весомое место среди номенклатуры комплектующих.

Корпуса QFN экономичны в производстве – они обычно имеют небольшое число выводов с гальваническим покрытием. Для соединения кристалла с выводами рамки используют либо проволочные соединения, либо технологии перевёрнутого кристалла flip chip.

QFN имеют открытую одну или несколько металлических площадок в нижней части корпуса, которые служат тепловым трактом от изделия к основанию или заземлению, если контактная площадка заземлена на печатной плате. Это в сочетании с высокими электрическими характеристиками, обеспечиваемыми короткими соединениями ввода-вывода, сделало QFN востребованными для использования в радиочастотных схемах мобильных телефонов и других беспроводных и портативных устройствах.

Многие разработчики зарубежных изделий микроэлектроники перешли от корпусов типа SO к QFN, и их популярность продолжает расти, поскольку новые разработки делают QFN способными выполнять

сложные функции. QFN с большим количеством рядов могут иметь более 700 выводов.

Применение изделий в QFN-корпусах для легкового автомобиля показано на рис. 2. Здесь силовые PQFN в системах управления схемами кузова и электрооборудования [4].

На текущий момент разработано и применяются сотни разновидностей зарубежных QFN-корпусов, что приводит к определённым трудностям при их выборе и оценке возможности применения, управления номенклатуры параметров и контроле качества изделий.

Основные конструкционные материалы, применяемые в QFN-корпусах

Материалы, на основе которых изготавливаются основные элементы QFN-корпусов, являются конструкционными материалами. Такими элементами QFN-корпусов являются: основания; стенки; крышки; многвыводные рамки. Они обладают рядом свойств, обеспечивающих их предназначение. В QFN-корпусах в качестве основных конструкционных используются керамические, металлические и пластиковые материалы.

Керамические материалы, применяемые в QFN-корпусах

Керамические материалы обладают высокой электрической изоляцией, прочностью, коррозионной и износостойкостью. В производстве QFN-корпусов используются алюмооксидные (Al₂O₃) керамические материалы компании Kyocera Corporate (Япония). Для изготовления QFN-корпусов используется керамика A473: White и A440: Black. Параметры такой керамики представлены в табл. 1. Значимыми свойствами такой керамики являются диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери.

Таблица 1

Тип керамического материала		ELECTRICAL				THERMAL		MECHANICAL	
		Dielectric Constant		Dielectric Loss Angle (x1.0E ⁻⁴)		CTE(ppm/K) (RT-400 °C)	Thermal Conductivity (W/mK)	Flexural Strength (MPa)	Young's Modulus of Elasticity (GPa)
		1MHz	2GHz	1MHz	2GHz				
Alumina (Al ₂ O ₃)	A473	9.1	8.5	5	10	1	0,04	400	270
	A440	9.8	–	24	–	1	0,04	400	310

Таблица 2

Тип керамического материала		Состав, %				
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Other
Alumina (Al ₂ O ₃)	A473	90	6	1	0,04	2,96
	A440	92	6	1	0,04	0,96

Таблица 3

Тип керамического материала		Состав, %				
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Other
Alumina (Al ₂ O ₃)	A473	90	6	1	0,04	2,96
	A440	92	6	1	0,04	0,96
	BK94-1	94,40	2,76	–	–	Cr ₂ O ₃ 0,49 MnO 2,35

Такие высокие характеристики обеспечиваются составом керамики Куосера Corporate, представленным в табл. 2.

Отечественные предприятия в основном используют для изготовления корпусов корундовую керамику BK94-1. Её параметры ниже указанных для QFN-корпусов Куосера Corporate [5], есть примеси – оксид хрома, оксид марганца, их роль в обеспечении функциональности корпусов нуждается в исследовании. Сравнительные показатели химического состава представлены в табл. 3.

Однако при наличии потребности у специалистов отечественных предприятий имеется возможность добиться получения состава подобного A440.

Кроме Куосера Corporate на рынке существуют другие компании, изготавливающие, в т. ч. для применения в QFN-корпусах, НТСС (высокотемпературную) керамику – например, AdTech Ceramics (США), с более высокими диэлектрическими и тепловыми характеристиками и коэффициентом теплового расширения достаточно близким к кремнию, что позволяет оптимизировать размещение элементов в корпусе и тепловые режимы работы изделия. Технологии НТСС предполагают изготовление керамики из глинозёма Al₂O₃, SiO₂, MgO.

Компания StratEdge (США) разрабатывает и изготавливает QFN-корпуса со стеклокерамическими крышками с низкотемпературным уплотнением, основанием с высокой теплопроводностью для применения в силовых изделиях.

Стеклокерамические крышки с низкотемпературным уплотнением имеют в своём составе низкотемпературное кристаллизующее стекло и алюмооксидную керамику при соотношении 60 к 40 %, соответственно, при этом кристаллизующее стекло содержит оксиды кальция, алюминия, кремния и бора.

Компания Vishay Barry (США) изготавливает и применяет также НТСС керамику. При этом используются 3 варианта корпусирования:

1. Castellated Grounded Seal Ring – заземлённое уплотнительное кольцо с зубцами, которые позволяют формироваться галтелям припоя и, следовательно, делают возможным осмотр штыревых паяных соединений посредством визуального осмотра, без рентгеновского снимка.

2. Grounded Seal Ring – заземлённое уплотнительное кольцо, обычно припаивается к крышке (эвтектика AuSn), не зубчатое.

3. Неизолированное уплотнительное кольцо – присоединение крышки из эпоксидной смолы, не полностью герметичный корпус.

Эпоксидные смолы составляют основу для пластиковых QFN-корпусов. Это сложные органические соединения, состоящие из эпоксидных групп, проявляющие свои физические свойства в полной мере только в виде полимера. При взаимодействии с отвердителями (в качестве которых выступают амины, полиамиды, фенолформальдегидные смолы или ангидриды поликарбоновых кислот) термическим воздействием олигомеры образуют структуру связанных полимеров.

Это электрически стабильные материалы, имеющие минимальное содержание ионов, высокую диэлектрическую прочность, низкую ионную проводимость и постоянные диэлектрические характеристики в широком диапазоне температур.

Материалы для пластиковых QFN-корпусов изготавливаются, в основном, транснациональной компанией CAPLINQ Corporation (Нидерланды) на базе эпоксидных формовочных компаундов с наполнителями из диоксида кремния, типов: Hysol GR700 C3D (GR700-FM); Hysol GR 900 Q1G2; Hysol GR900 Q1L4; Hysol GR900C Q1L4E; Hysol GR910-C4.

Пластиковые корпуса дешевле, чем керамические и имеют меньший вес, но они гигроскопичны, что вызывает их растрескивание при сжатии-расширении накопившейся в микропорах влаги. Пластиковые корпуса имеют низкую надёжность соединения пластика с металлом (выводными площадками), что вызвано значительной разницей коэффициентов теплового расширения применяемых материалов. Низкая теплопроводность пластика является недостатком пластиковых корпусов, но для QFN этот недостаток устранён наличием в их конструкции площадки рассеяния тепла.

Типы эпоксидных формовочных компаундов зависят от свойств и предназначений изготавливаемых QFN-корпусов, в т. ч. от конструктивного исполнения внутренней полости и герметизации корпуса с закрытой

и открытой внутренней полостью. Первый тип корпуса формируется с присоединёнными элементами изделий заливкой компаунда, для второго типа – полость закрывается крышкой или остаётся открытой.

Наполнители эпоксидных формовочных компаундов применяются различного типа для обеспечения необходимой текучести, что способствует контролю коробления.

Эпоксидные формовочные компаунды с наполнителями обеспечивают стабильность размеров отверждённых корпусов и достаточную текучесть, что требует меньшие давления при литье. Меньшие давления позволяют применять менее дорогие формы с тонкими стенками. Отверждение проходит с минимальным выделением летучих веществ и с малой усадкой.

Недостатками эпоксидных формовочных компаундов являются: строгие требования к контролю температуры, т. к. текучесть компаундов весьма сильно зависит от температуры; форма должна быть герметичной для предотвращения появления излишнего грата (расплавленный материал, застывающий в виде потёков) вследствие текучести компаундов; требуется контроль твёрдости материалов для предотвращения деформации при выталкивании из формы; сильная адгезия эпоксидных компаундов вносит некоторые трудности при выемке изделий из формы.

Для исключения таких трудностей и исключения внесения посторонних предметов в корпуса используются очистители для пресс-форм, кондиционеры и антиадгезионные спреи, которые позволяют элементам корпусов легко покидать пресс-форму после формования. Кондиционеры защищают и смазывают пресс-форму, чистящие средства помогают удалять загрязняющие вещества и пятна с поверхности пресс-формы, а аэрозоли позволяют легко извлекать элементы корпусов из пресс-формы, не оставляя следов.

Независимо от того, используется обычное формование или автоматическое, изготовители должны выполнять техническое обслуживание своих пресс-форм после использования эпоксидных формовочных смесей. Для этого изготовителями нишевых продуктов и услуг представлен спектр специальных материалов для обслуживания пресс-форм.

Корпуса QFN/DFN изготавливаются как открытые пластиковые корпуса (OmPP), пластиковые корпуса с открытой полостью (OSPP) и пластиковые корпуса с закрытой полостью (Overmolded). Примеры таких корпусов представлены на рис. 3.

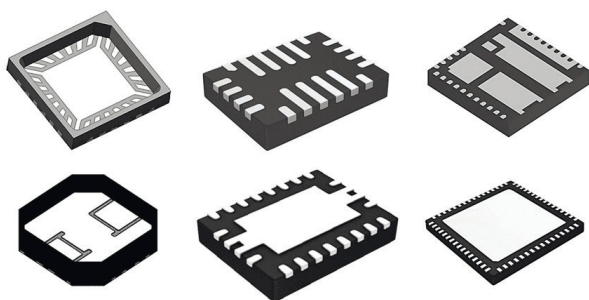


Рис. 3

OmPP – это предварительно отлитые элементы корпусов QFN с воздушной полостью, разработанные для обеспечения высококачественного и быстрого сборочного решения.

Корпуса QFN с OmPP с покрытием из золота и никеля QP Technologies представляются в широком ассортименте размеров от 1 x 2 до 12 x 12 мм с различными вариантами шага. Они протестированы на радиочастотах до 40 ГГц и заявлены альтернативой стандартной керамике для большинства изделий микроэлектроники. К ним могут применяться керамические или пластиковые крышки, которые не всегда являются обязательными.

При выполнении корпусирования используются технологии плёнок для прикрепления кристаллов на выводные рамки. Электрически непроводящие и проводящие, теплопроводные плёнки обеспечивают стабильность и поддержку при обращении с тонкими кристаллами и обеспечивают создание тонких слоёв соединения в корпусах с кристаллами.

Для различных технологий корпусирования используются специальные плёнки. Пример: LOCTITE ABLESTIK CDF 515P используется для размеров кристаллов от 3 x 3 до 8 x 8 мм; толщина плёнки – от 15 и 30 мкм; теплопроводность – 1.8 W/m·K; коэффициент теплового расширения – α_1 – 75 ppm/°C; коэффициент теплового расширения – α_2 – 274 ppm/°C; объёмное сопротивление – 4.0 x 10⁻⁴ Ohms-cm. Технология применения: 30-минутное повышение температуры от 25 до 200 °C, выдержка 60 мин. при 200 °C и 30-минутное повышение температуры от 25 до 175 °C, выдержка 60 мин. при 175 °C.

Для изготовления многовыводных рамок QFN-корпусов используются металлы:

– Copper 194: высококачественный сплав меди и железа Copper-Iron (CuFe), сочетающий в себе высокую электропроводность, оптимальную прочность на разрыв, хорошую паяемость и пластичность. Изготовитель Fisk Alloy, Inc Hawthorne (Хоторн, штат Калифорния, США). Для изготовления QFN-корпусов используются рамки толщиной 0.203 ± 0.008 мм.

– CDA 194: химический состав Cu, Fe, P, Zn; объёмное электрическое сопротивление – 2,49e⁻⁸ Ом·м; теплопроводность – 260 W/m·K; коэффициент теплового расширения – 17.6 μ strain/°C; диапазон плавления – 1080–1090 °C; удельная теплоёмкость – 0.385 J/g·K. Для изготовления QFN корпусов используются рамки толщиной 0.2540 ± 0.0076 мм. Данный материал используется в космических технологиях.

В описании QFN-корпусов используются принятые международными документами по стандартизации параметры, которые представлены в табл. 4.

Данные параметры необходимо вводить в национальную конструкторскую документацию [6] для однозначного понимания сути тестирования QFN-корпусов.

Заключение

Стандартизация QFN-корпусов обеспечивается 2 отечественными и 30 зарубежными стандартами. Разработка и изготовление отечественных корпусов QFN должна быть обеспечена разработкой и внедрением новых стандартов с требованиями, которые соответствуют современным технологиям.

Обозначение	Описание	Единица измерения
T_J	Temperature of the die (Температура на кристалле)	$^{\circ}\text{C}$
T_A	Temperature of surrounding air (Температура окружающего воздуха)	$^{\circ}\text{C}$
T_C	Temperature of the package top (Температура внешней части корпуса)	$^{\circ}\text{C}$
T_B	Temperature of the board near the device (Температура основания под корпусом)	$^{\circ}\text{C}$
θ_{JC}	Thermal resistance between the die and the package (Тепловое сопротивление между кристаллом и корпусом)	$^{\circ}\text{C/W}$
θ_{JB}	Thermal resistance between the die and the PCB on which the IC is mounted (Тепловое сопротивление между кристаллом и печатной платой, на которой установлен корпус)	$^{\circ}\text{C/W}$
θ_{JA}	Thermal resistance between the die and the air surrounding the die package (Тепловое сопротивление между кристаллом и воздухом, окружающим корпус изделия)	$^{\circ}\text{C/W}$
Ψ_{JT}	Junction to Top of Package (Разница температур между кристаллом и верхней поверхностью корпуса, делённая на общую мощность)	$^{\circ}\text{C/W}$
Ψ_{JT}	Junction-to-Board (Разница температур между кристаллом и печатной платой, на которой установлен корпус, делённая на общую мощность)	$^{\circ}\text{C/W}$
P_b	Amount of power dissipated by the device through the board (Количество мощности, рассеиваемой изделием через основание)	W
P_c	Amount of power dissipated by the device through the package top (Количество мощности, рассеиваемой устройством через верхнюю часть корпуса)	W
P_t	The total power dissipated by the device (Общая мощность, рассеиваемая изделием ($P_T = P_B + P_C$))	W

Есть основание предполагать, что постоянный растущий спрос на корпуса QFN вытолкнет за пределы «старой» группы корпуса SO (Small Outline), которые появились в начале 1980-х гг., а затем, к 1995 г., стали наиболее широко используемыми.

В разработке корпусов необходимо проводить моделирование их свойств. На рис. 5 представлены:

а) разработанная АО «ЦКБ «Дейтон», STEP модель корпуса QFN, по документации отечественного предприятия;

б) 3D распечатка слоя, которая позволила найти ошибки в конструкции и своевременно их устранить.

Защита элементов изделий от воздействий окружающей среды, обеспечение электрических соединений с внешними цепями и надёжности монтажа важна для долговременной надёжности изделий микроэлектроники. Применяемые для изготовления QFN-корпусов материалы должны удовлетворять растущим требованиям применения, строгим требованиям испытаний и высоким характеристикам их свойств.

В данной статье показаны только основные применяемые материалы. Некоторые из них возможны к постановке на предприятиях отечественного производства уже сейчас и есть задел на будущее. Для

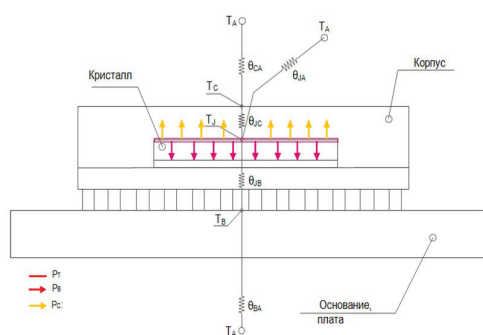
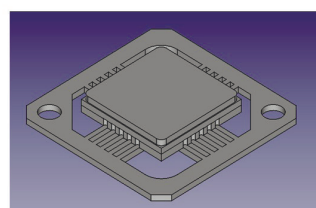


Рис. 4



а)



б)

Рис. 5

другой значительной части необходимы мероприятия по проведению исследований, разработке и постановке на производство. Учитывая перспективность QFN-корпусов такие мероприятия необходимо включать в соответствующие программы с господдержкой.

Литература

1. Advanced Packaging Update Market and Technology Trends. Volume 1-0422. April 2022. TechSearch International. <https://techsearchinc.com> [Электронный ресурс]. Дата актуальности: 01.05.2022 г.
2. ГОСТ Р 57435–2017 Микросхемы интегральные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2017 г.
3. Vern Solberg. 2.5D and 3D Semiconductor Package Technology. Evolution and Innovation. Solberg Technical Consultingю Saratoga, California USA [Электронный ресурс]. Дата актуальности: 01.05.2022 г.
4. Power packaging for medium power applications, designed for low on-resistance and high-speed switching MOSFETs. <https://amkor.com> [Электронный ресурс]. Дата актуальности: 01.05.2022 г.
5. KYOCERA C-QFN (CERAMIC QUAD FLAT NON-LEADED PACKAGES). https://global.kyocera.com/prdct/semicon/semi/std_pkg [Электронный ресурс]. Дата актуальности: 01.05.2022 г.
6. ГОСТ Р 54844–2011 Микросхемы интегральные. Основные размеры. М.: Стандартинформ, 2014 г.

УДК 535.92

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВНОСИМЫХ ПОТЕРЬ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

FEATURES OF MEASUREMENT OF INSERTION LOSSES IN OPTICAL FIBER

Антонюк А. В., инженер-электронщик первой категории, ООО «ТестКомплект»; +7 (962) 935–01–50, il@test-komplekt.ru;
Мосин А. В., руководитель испытательной лаборатории, АО «Авиаприбор»; +7 (495) 155–15–65, mosin@aoap.ru
Antonyuk A. V., electronics engineer of the first category, LLC «TestKomplekt»; +7 (962) 935–01–50, il@test-komplekt.ru;
Mosin A. V., Head of the Testing Laboratory, Aviapribor JSC; +7 (495) 155–15–65, mosin@aoap.ru

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос о проблематике тестирования компонентов волоконно–оптических линий связи (далее – ВОЛС). Рассматриваются способы и особенности создания оптического контакта при тестировании оптического волокна. Приведены особенности тестирования малых объёмов выборки (длины) образца с учётом потерь, вносимыми оптическими разъёмами.

Annotation. The article deals with the issue of testing components of fiber–optic communication lines (fiber–optic communication lines). The methods and features of creating an optical contact when testing an optical fiber are considered. The features of testing small sample sizes (length) of the sample, taking into account the losses introduced by optical connectors, are given.

Ключевые слова: вносимые потери, возвратные потери, волоконно–оптические линии связи (ВОЛС), длина волны, источник излучения, испытательная лаборатория, модули оптического уплотнения, оптический рефлектометр во временной области, оптический кабель, оптические циркуляторы, рефлектограмма, рефлектометр.

Keywords: insertion loss, return loss, fiber–optic communication lines (fiber optic lines), wavelength, radiation source, testing laboratory, optical seal modules, optical time domain reflectometer, optical cable, optical circulators, reflectogram, reflectometer.

Введение

Волоконно–оптические линии связи (далее – ВОЛС) являются одним из наиболее надёжных сред для высокоскоростной передачи данных. Это обуславливает растущую необходимость в измерении параметров различных компонентов ВОЛС и их всестороннем тестировании.

Одним из основных параметров пассивных оптических компонентов ВОЛС является уровень вносимых потерь. Значимым (а в ряде случаев – основным) источником погрешности при измерении уровня вносимых потерь являются точки соединения компонентов ВОЛС с измерительным оборудованием.

В случае тестирования таких компонентов, как модули оптического уплотнения (оптические циркуляторы), максимальные вносимые потери проходного канала могут достигать значений порядка 0,5–1,0 дБ. Дополнительные потери, связанные с добавлением разъёмов для

тестирования, можно оценить в 0,25–0,3 дБ, что при общем допустимом уровне вносимых потерь является заметной, но не критичной величиной.

Для тестирования подобных компонентов испытательная лаборатория «ТестКомплект» оснащена источниками излучения с длинами волны 850, 980, 1300, 1310 и 1550 нм, а также измерителем оптической мощности, способным измерять разность мощностей с погрешностью 0,05 дБм в диапазоне мощностей от –10 до –30 дБм. Подобная точность позволяет весьма достоверно выявлять дефектные изделия.

Оптические входы/выходы подобных компонентов могут иметь как стандартные оптические разъёмы, так и являться неоконцованными волокнами. Во втором случае для ввода-вывода излучения в подобный компонент потребуется дооснащение его каким-либо типом оптического разъёма. В свою очередь для тестирования компонентов



Антонюк А. В.



Мосин А. В.

с неоконцованными входами/выходами существует ряд возможностей создания оптического контакта.

Первый способ: вклеивание волокна в ферулу (керамический наконечник) заготовки разъёма и последующая совместная их полировка применяется, в первую очередь, в заводских условиях с использованием относительно дорогостоящего полировального оборудования. Он является трудозатратным, но даёт наименьший уровень дополнительных вносимых потерь.

Второй способ: приваривание к тестируемому волокну так называемого «пигтейла», оптического кабеля, оконцованного с одной стороны. В этом случае к потерям в разъёме добавляются также потери в сварном соединении – порядка 0,05–0,1 дБ. Однако сварка является менее трудоёмким процессом, чем полировка.

Третий способ: применение адаптера оголённого волокна, по сути являющегося заготовкой оптического разъёма, дополненного устройством фиксации волокна. Из опыта инженеров испытательной лаборатории «ТестКомплект» можно сказать, что адаптеры оголённого волокна являются достаточно ненадёжными, т. к. волокно при различных манипуляциях часто раскалывается внутри ферулы. Кроме того, оптическим выходом подобного адаптера является неполированный срез (скол) волокна, создающий дополнительные потери.

Четвёртый способ: сведение двух торцов волокон (подключенного к измерительной установке и тестируемого) при помощи специальных позиционеров. Данное решение применяется в составе особо дорогих промышленных стендов.

Однако в случае тестирования несложных оптических компонентов ВОЛС (имеющих относительно высокий уровень собственных вносимых потерь), а непосредственно оптического волокна, его подключение к измерительному оборудованию становится крайне существенной технической проблемой, т. к. вносимые потери самого волокна составляют порядка 0,35–0,40 дБ/км [1].

Подразделения, осуществляющие выходной контроль на производстве оптического волокна, имеют существенное технологическое преимущество в удобстве измерения вносимых потерь по сравнению с сертификационными лабораториями – на производстве возможен замер вносимых потерь волокна длиной во многие километры. Общие потери в волокне в таком случае существенно превосходят потери в соединениях.

В условиях сертификационной лаборатории длина тестируемого образца может составлять лишь 100–200 м. В таком случае, несмотря на наличие прецизионного измерителя оптической мощности, измерения придётся производить при помощи иного измерительного оборудования – рефлектометра OTDR (optical time domain reflectometer) – методом обратного рассеяния [2].

Принцип работы рефлектометра заключается в отправке в волоконно-оптическую линию импульса (либо серии импульсов) излучения, а затем измерения отражений от различных элементов линии. Оптические разъёмы наиболее заметны на рефлектограммах, т. к. отражение от них велико. Отражение, хотя и в меньшей степени, происходит также от любой точки волокна. Проведя анализ этого отражения, можно вычислить погонные значения вносимых потерь [3, 4].

Применяя рефлектометр OTDR, возможно при гораздо меньшем количестве волокна измерить вносимые потери, исключив при этом влияние разъёмов. Однако помимо ограничений, связанных с временным разрешением и чувствительностью фотоэлемента рефлектометра, дополнительной проблемой является временное ослепление фотоэлемента отражением от разъёма.

На рис. 1 приведена рефлектограмма оптической линии, состоящей из нормализующей катушки длиной 1 км, оптического кабеля длиной 10 м и оптического кабеля длиной 100 м. Во всех трёх кабелях использованы разъёмы типа FC с полировкой UPC. В начале рефлектограммы виден всплеск от порта рефлектометра, затем два всплеска от разъёмов 10-метрового кабеля и самый большой всплеск – открытый конец 100-метрового кабеля. Как видно, если за время прохождения тестирующим импульсом участка в 100 м, фотоэлемент рефлектометра успевает восстановиться после ослепления отражением и начать регистрировать отражение от самого оптоволокну, то 10-метровой линии оказывается недостаточно для подобного восстановления.

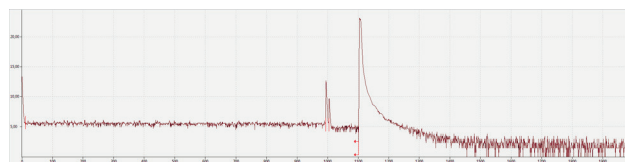


Рис. 1. Рефлектограмма линии с разъёмами полировки FC/UPC и длительностью импульса 3 нс

Длительность ослепления фотоэлемента зависит от длительности тестирующего импульса – чем короче импульс, тем быстрее фотоэлемент восстанавливается после ослепления. Однако точность измерения отражённой мощности зависит от длительности импульса обратным образом – чем длиннее импульс, тем точнее измерения. В связи с этим в ряде случаев имеет смысл применять разъёмы с полировкой типа

APC. Наиболее распространённым типом полировки является сферическая полировка торца оптического разъёма – UPC. Она же даёт весьма значительное обратное отражение. При полировке типа APC на торце разъёма создаётся плоскость, наклонённая под небольшим углом к оси волокна [5]. Благодаря этому всё отражённое от торца излучение не возвращается обратно к порту рефлектометра, а покидает волокно в нескольких миллиметрах от разъёма.

На рис. 2 приведена рефлектограмма, сделанная для длительности тестового импульса 3 нс и линии, состоящей из нормализующей катушки длиной 1 км и полировкой UPC на обоих её концах; переходного кабеля длиной 1 м с полировкой концов UPC–APC; кабеля длиной 100 м с полировкой APC–APC; кабеля длиной 50 м с полировкой APC–APC, имитирующего тестируемый кабель; кабеля длиной 50 м с полировкой APC–UPC, где разъём с полировкой UPC оставлен неподключенным. В этой линии соединения тестируемого кабеля специально не затянуты до конца, ввиду чего тестируемый кабель обрамлён двумя небольшими всплесками.

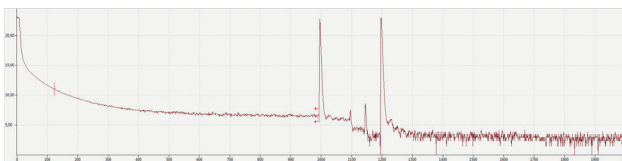


Рис. 2. Рефлектограмма линии с частично затянутыми разъёмами FC/APC UPC и длительностью импульса 3 нс

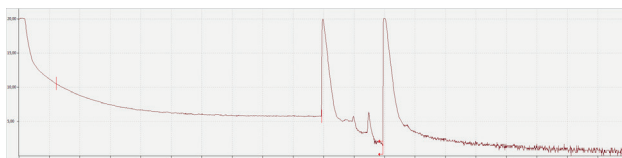


Рис. 3. Рефлектограмма линии с частично затянутыми разъёмами FC/APC и длительностью импульса 50 нс

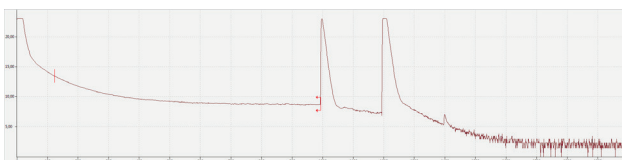


Рис. 4. Рефлектограмма линии с полностью затянутыми разъёмами FC/APC и длительностью импульса 50 нс

Как видно, отражение от незатянутых разъёмов с полировкой APC гораздо ниже, чем отражение от разъёмов с полировкой UPC.

Рефлектограмма, сделанная для той же линии, но с длительностью импульса 50 нс будет несколько иначе.

На рис. 3 видно, что ослепления фотоэлемента рефлектометра при данной длительности тестирующего импульса не позволили бы разрешить кабель короче 50 м, если бы применялись разъёмы с полировкой UPC.

Если же затянуть разъёмы тестового кабеля, то всплески от разъёмов с полировкой APC превратятся в пару едва заметных «ступенек» (рис. 4).

Заключение

Таким образом, в условиях сертификационной лаборатории при весьма небольшой длине волокна, переданного в качестве выборки на тестирование, получается весьма эффективно оценить уровень возвратных потерь.

Разумеется, при ещё меньших размерах выборки точность измерения возвратных потерь всё больше будет обусловлена техническими пределами рефлектометра OTDR. На текущий момент для достоверных измерений вносимых потерь неоконцованного оптического волокна испытательная лаборатория «ТестКомплект» необходимы образцы длиной в несколько десятков метров. Ряд внутренних исследовательских работ (связанных, в первую очередь, с анализом рефлектограмм) может быть позволит в дальнейшем уменьшить требуемую длину настолько это возможно. Однако в заключении следует упомянуть, что помимо рефлектометров OTDR существует и ряд иных типов, некоторые из них (к примеру, OFDR – optical frequency domain reflectometer) лишены проблем, связанных с ослеплением фотоэлемента, и имеют пространственное разрешение порядка 0,01 мм. Стоимость рефлектометров OFDR превосходит стоимость рефлектометров OTDR на 1–2 порядка.

Одной из наиболее важных сфер применения рефлектометров OFDR является тестирование планарных оптических разветвителей. Представляется экономически нецелесообразным применение подобного оборудования для измерения характеристик исключительно оптического волокна, однако в случае развития направления тестирования планарных разветвителей, положительным результатом также станет резкое сокращение длины волокна, требующегося в качестве образца для тестирования.

Литература

1. МСЭ-Т G.657 Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля, не чувствительного к потерям на изгибе.
2. ГОСТ Р МЭК 60793–140–2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Волокна оптические. Часть 1–40. Методы измерений и проведение испытаний. Затухание.
3. Eric Pearson, «Mastering the OTDR: Trace Acquisition and Interpretation», Pearson Technologies Incorporated, 2011.
4. Anritsu Corporation «Anritsu. Understanding OTDRs», 11/2011.
5. ANSI/TIA/EIA–604–4 «Fiber Optic Connector Intermateability Standard, Type FC and FC-APC».

**ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ВОЛНОВОДОВ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ
К ДЕЙСТВИЮ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ГАММА-ДИАПАЗОНА**

**EVALUATION OF THE RESISTANCE OF WAVEGUIDES OF ANTENNA-FEEDER DEVICES
TO THE ACTION OF IONIZING RADIATION OF THE GAMMA RANGE**

Горелов А. А., Макаров О. В., Посысаева Т. Т.,

ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, +7 (495) 471–30–23; 32otdel@mail.ru

Gorelov A. A., Makarov O. V., Posysaeva T. T.,

46 Central Research Institute Ministry of Defense of the Russian Federation, +7 (495) 471–30–23; 32otdel@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты оценки стойкости антенно-фидерных устройств к воздействию гамма-излучения на основе анализа физических процессов, протекающих в волноводах, показывающие, что полые металлические волноводы обладают сравнительно невысокой стойкостью.

Annotation. The article presents the results of assessing the resistance of antenna-feeder devices to the effects of gamma radiation based on the analysis of physical processes occurring in waveguides, showing that hollow metal waveguides have relatively low resistance.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, радиоэлектронная аппаратура, антенно-фидерное устройство, металлический волновод, гамма-излучение, стойкость.

Keywords: weapons and military equipment, radio-electronic equipment, antenna-feeder device, metal waveguide, gamma radiation, resistance.



Горелов А. А.



Макаров О. В.



Посысаева Т. Т.

Введение

Особое внимание при разработке и проектировании современных образцов вооружения военной и специальной техники (далее – ВВСТ), а так же их радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА), заслуживает стойкость составных частей к воздействию ионизирующий излучений, в частности гамма-диапазона.

Основная часть

Рассмотрим физические явления, сопровождающие воздействие гамма-излучения на полый металлический волновод антенно-фидерного устройства (далее – АФУ), среда заполнения которого представляет собой воздух определённой плотности. Объект подвергается воздействию потока гамма-квантов с энергией 1...5 МэВ.

При прохождении через стенку волновода кванты излучения теряют энергию в элементарных актах взаимодействия с атомами и электронами воздуха. При этом для рассматриваемого диапазона энергий квантов излучения основным механизмом взаимодействия является эффект Комптона, вследствие которого происходит образование быстрых электронов, эмитирующих по ходу движения гамма-квантов. При движении электронов происходит ионизация атомов среды заполнения волновода, в результате которой рождаются электрон-ионные пары. На рождение

каждой пары в воздухе затрачивается в среднем энергия 33 эВ [1], следовательно, комптоновский электрон с энергией ~ 1 МэВ рождает примерно $\vartheta = 3 \cdot 10^4$ вторичных низкоэнергетичных электронов и равное число положительных ионов. Таким образом, в воздухе создаётся некий фон заряженных частиц, который обуславливает появление проводимости σ , меняющейся со временем, при условии изменяющегося потока ионизирующего излучения.

Произведём оценку изменения электрических характеристик среды заполнения волновода при действии на него гамма-излучения, а также влияния этих изменений на его работу.

Предположим, что в единице объёма воздуха находится N_3 свободных электронов и N^+ положительных ионов. Впоследствии величину N_3 будем называть электронной концентрацией. Предположим также, что вероятность воссоединения одного электрона с одним положительным ионом в одну секунду равна α_3 (коэффициент рекомбинации). Если под действием комптоновских электронов в единице объёма в одну секунду образуется g свободных электронов и за то же время вследствие рекомбинации исчезает $N_3 N^+ \alpha_3$ электронов, то уравнение состояния ионизированного газа при $N_3 = N^+$ будет иметь вид [2]:

$$\frac{dN_3}{dt} = g - \alpha_3 N_3^2. \quad (1)$$

Из уравнения (1) для условия динамического равновесия получаем выражение для концентрации электронов:

$$N_3 = \sqrt{\frac{\vartheta J_\gamma}{\alpha_3 I_\gamma}}, \quad (2)$$

где: J_γ – поток гамма-квантов;
 l_γ – длина пробега гамма-квантов.

Проводимость воздуха в полости волновода описывается зависимостью:

$$\sigma = e \mu_e N_\Delta, \quad (3)$$

где: μ_e – подвижность электронов проводимости;
 e – заряд электрона,
или $\sigma \approx 10^{-12} P_\gamma$, Сим/м [3];
где: P_γ – мощность дозы гамма излучения, Р/с.
Подставляя (2) в (3), получим:

$$\sigma = e \mu_e \sqrt{\frac{\vartheta/\gamma}{\alpha_\Delta l_\gamma}}. \quad (4)$$

Рассмотрим ионизированный электрический газ (воздух в полости волновода). Имеется система заряженных частиц – электронов и ионов, а также нейтральных молекул. На электрон с массой m_e действует гармоническое электромагнитное поле. Движение электрона, также имеющее гармонический характер, можно анализировать на основе уравнения [4]:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{e}{m_e} E, \quad (5)$$

где: E – напряжённость электрического поля;
 r – координата положения электрона.

Решение уравнения (5) с использованием метода комплексных амплитуд даёт следующее выражение для относительной диэлектрической проницаемости ионизированного воздуха:

$$\varepsilon = 1 - e2N_\Delta/(\varepsilon_0\omega^2 m_e), \quad (6)$$

где: ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума;
 ω – круговая частота электромагнитного поля.

Соотношение (6) не учитывает столкновение электронов с нейтральными молекулами или ионами. Если среднее число соударений электронов с тяжёлыми частицами за единицу времени есть $\vartheta_{эфф}$, то в уравнение движения (5) необходимо ввести дополнительный член $\vartheta_{эфф} m_e dr/dt$, посредством которого учитывается соответствующее изменение импульса, отнесённое к единице времени. Решая уравнение движения частицы, в этом случае можно получить следующие выражения для относительной диэлектрической проницаемости и проводимости воздуха с учётом столкновений электронов с нейтральными молекулами и ионами [2]:

$$\varepsilon = 1 - \frac{N_\Delta e^2}{\varepsilon_0 m_e (\omega^2 + \vartheta_{эфф}^2)}, \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{e N_\Delta \vartheta_{эфф}}{m_e (\omega^2 + \vartheta_{эфф}^2)}. \quad (8)$$

На высоких частотах $\omega^2 \gg \vartheta_{эфф}^2$, тогда выражения (7) и (8) принимают вид:

$$\varepsilon = 1 - \frac{N_\Delta e^2}{\varepsilon_0 m_e \omega^2} \quad (9)$$

$$\sigma = \frac{e N_\Delta \vartheta_{эфф}}{m_e \omega^2} \quad (10)$$

В этом случае электрические параметры ионизированного воздуха зависят от частоты, т. е. ионизированный воздух ведёт себя как диспергирующая среда.

Из (3) и (10) получаем:

$$\varepsilon = 1 - \frac{e\sigma}{\varepsilon_0 m_e \mu_e \omega^2}. \quad (11)$$

Из соотношения (11) следует, что относительная диэлектрическая проницаемость воздуха в полости волновода во время воздействия потока гамма-квантов становится меньше единицы.

Постоянная распространения электромагнитных волн в волноводе

$$\Gamma = \sqrt{k^2 - \chi^2}, \quad (12)$$

где: k – волновое число;
 χ – поперечное волновое число.

$$\Gamma = k \sqrt{1 - \left(\frac{\chi}{k}\right)^2} = \sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{кр})^2} = \sqrt{1 - (f_{кр}/f)^2}, \quad (13)$$

где: $f = \omega/2\pi$;
 $\lambda = 2\pi/k$ – длина TEM-волны в волноводе;
критическая частота

$$f_{кр} = \frac{\chi c}{(2\pi\sqrt{\varepsilon\mu})}; \quad (14)$$

где: μ – относительная магнитная проницаемость среды заполнения;
критическая длина волны

$$\lambda_{кр} = 2\pi/\chi. \quad (15)$$

В отсутствии воздействия гамма-квантов на волновод частота электромагнитной волны внутри должна быть всегда выше критической ($f > f_{кр}$). Наведённая действием гамма-излучения проводимость воздуха в полости волновода вызывает изменение относительной диэлектрической проницаемости среды заполнения (11). При этом согласно (14) увеличивается величина $f_{кр}$ и может превысить частоту рабочего сигнала в волноводе ($f_{кр} > f$). Постоянная распространения Γ при этом становится чисто мнимой величиной, и прекращается передача энергии по волноводу вследствие обращения в нуль продольной составляющей среднего вектора Пойнтинга [4], т. е. волна испытывает «отсечку».

Рассмотрим полый металлический волновод АФУ (рис. 1) с прямоугольным поперечным сечением, на который действует поток гамма-квантов в поперечном направлении.

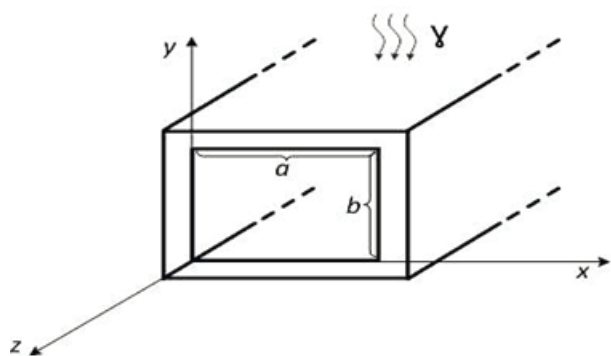


Рис. 1. Полый металлический волновод АФУ с прямоугольным поперечным сечением

По соотношению (11) определяем относительную диэлектрическую проницаемость среды заполнения ϵ . Полученное значение подставляем в (14) для критической частоты, в которой поперечное волновое число для прямоугольного волновода с размерами $a \times b$ определяется выражением:

$$\chi^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2,$$

$$m = 1, 2, \dots, \tag{16}$$

$$n = 1, 2, \dots$$

Для вычисления значения χ целесообразно выбирать основную волну из всей совокупности полей E_{mn} и H_{mn} . Например, при $a > b$ основной является волна H_{10} [4].

Если полученное значение $f_{кр}$ больше заданной частоты f , то происходит сбой в работе волновода, т. е. электромагнитное поле в волноводе испытывает «гамма-отсечку». Величина мощности дозы гамма-излучения, при которой справедливо условие $f_{кр} = f$, может быть принят в качестве уровня стойкости полового металлического волновода к воздействию гамма-излучения по уровню бессбойной работы.

Из соотношений (3), (11) и (16) можно получить следующее выражение для определения критической частоты прямоугольного волновода в зависимости от его геометрических размеров:

$$f_{кр} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\chi^2 c^2 + \frac{e\sigma}{\epsilon_0 m_e \mu_e}} \tag{17}$$

УДК 621.3

или с использованием известных численных значений констант:

$$f_{кр} = \sqrt{2,3 \cdot 10^{15} \chi^2 + 1,6 \cdot 10^9 P_\gamma}, \text{ Гц.} \tag{18}$$

Например, для волновода с размерами поперечного сечения $a = 5$ см, $b = 3$ см величина $\chi^2 = 3,94 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$. На рис. 2 представлена рассчитанная зависимость критической частоты $f_{кр}$ для данного волновода от мощности дозы воздействующего гамма-излучения P_γ .

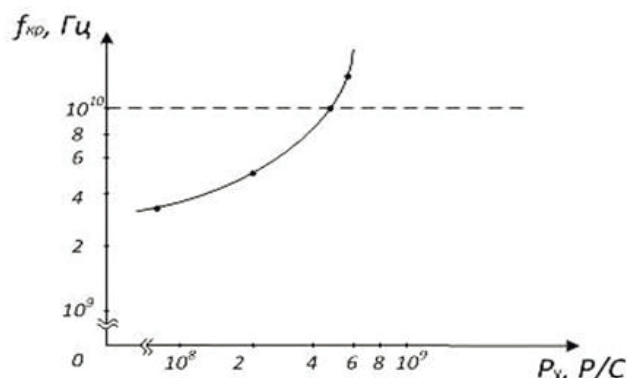


Рис. 2. Зависимость критической частоты $f_{кр}$ от мощности дозы воздействующего гамма-излучения P_γ

Заключение

Как показывают расчёты для типовых размеров волнопроводов АФУ и основных типов полей в них, значения мощностей доз гамма-излучения, при которых наступает временная потеря радиосвязи с объектом, лежат в диапазоне от 10^7 до 10^9 Р/с, что определяет относительно низкую стойкость АФУ, где в качестве фидеров используются полые металлические волноводы. Полученные данные стоит учитывать разработчикам РЭА и ВВСТ при выборе видов АФУ или способов их защиты.

Литература

1. Медведев Ю. А. и др. Физика радиационного возбуждения электромагнитных полей. – М.: Атомиздат, 1980 г.
2. Красюк Н. П., Дымович Н. Д. Электродинамика и распространение радиоволн. – Высшая школа, 1974 г.
3. РМ В 22.34.138-89, в/ч 67947, 1989 г. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 1978 г.

СТОЙКОСТЬ ЛИТиеВЫХ И ЛИТий-ИОННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА К ВОЗДЕЙСТВИЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

DURABILITY OF LITHIUM AND LITHIUM-ION CHEMICAL CURRENT SOURCES TO THE EFFECTS OF SPECIAL FACTORS

Герасимов В. Ф., к. т. н., Болдырев М. А., Морозов Н. В., ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России; +7 (495) 471–30–86; 46 cniir_1@mail.ru

Gerasimov V. F., Ph. D. of Engineering Sciences, Boldyrev M. A., Morozov N. V., FSBI «46 Central Research Institute» of the Ministry of Defense of Russia; +7 (495) 471–30–86; vfger@mail.ru

Аннотация. Представлены основные результаты испытаний разработанных в последние годы отечественной промышленностью литиевых и литий-ионных химических источников тока разных электрохимических систем на стойкость к воздействию специальных факторов и сформулированы предложения по заданию и подтверждению требований стойкости этих изделий.

Annotation. The main results of tests of lithium and lithium-ion chemical current sources of various electrochemical systems developed in recent years by the domestic industry for durability to the effects of special factors are presented and proposals are formulated for setting and confirming the requirements for the durability of these products.

Ключевые слова: электрохимическая система (ЭХС), химический источник тока (ХИТ), электронная система контроля и управления (СКУ), нормальные климатические условия (НКУ), напряжение разомкнутой цепи (НРЦ), специальный фактор (СФ), электрорадиоизделие (ЭРИ).

Keywords: Electrochemical system (ECS), chemical current source (HIT), electronic monitoring and control system (CCU), normal climatic conditions (NCU), open circuit voltage (NRC), special factor (SF), electrical radio equipment (ERI).



Герасимов В. Ф.

Болдырев М. А.

Морозов Н. В.

Введение

В последние годы всё более широкое применение в специальной технике находят литиевые первичные элементы и литий-ионные аккумуляторы разных электрохимических систем (далее – ЭХС).

По сравнению с химическими источниками тока (далее – ХИТ) традиционных ЭХС (марганцево-цинковой, серебряно-цинковой, свинцовой, никель-кадмиевой, ртутно-цинковой и др.) эти источники тока характеризуются более высокими значениями удельной энергии, удельной плотности энергии, низким саморазрядом (около 1 % в год), длительным сроком хранения (до 10 лет), а также имеют широкий рабочий температурный диапазон (от -55 до +85 °С) и высокую стабильность напряжения при разряде.

За последние годы отечественной промышленностью разработано и освоено в серийном производстве большое количество различных литиевых и литий-ионных ХИТ для специальной техники, различающихся типами ЭХС, электрической ёмкостью, допустимыми токами разряда и заряда, а также другими параметрами.

Для повышения безопасности эксплуатации первичные ХИТ снабжены аварийными клапанами для сброса повышенного внутреннего давления газа и тепловыми выключателями, а вторичные ХИТ (аккумуляторы и аккумуляторные батареи) – электронными системами контроля и управления.

Основная часть

Одним из основных условий обеспечения возможности применения ХИТ в специальной технике является их соответствие требованиям государственных военных

стандартов. Кроме требований назначения и стойкости к внешним воздействующим факторам (механическим, климатическим и др.), предъявляются требования стойкости к воздействию специальных факторов (далее – СФ) по ГОСТ РВ 20.39.414.2–98, а с середины 2021 г. – по ГОСТ РВ 0020–39.416–2020.

К серийно выпускаемым в настоящее время литиевым и литий-ионным ХИТ, исходя из основной предполагаемой области применения (аппаратура наземной, морской и авиационной техники), на этапе их разработки предъявлялись требования стойкости к воздействию фактора 7.И по ГОСТ РВ 20.39.414.2–98 со значениями характеристик 7.И₁, 7.И₆ и 7.И₇, соответствующими группе исполнения изделий 2У_с. В тоже время при проведении испытаний по подтверждению заданных требований проводились экспериментальные оценки стойкости разрабатываемых изделий к воздействию факторов 7.И и 7.К со значениями характеристик до 4Ус и 1К, соответственно, и расчётно-экспериментальные оценки стойкости к воздействию фактора 7.С с характеристиками 7.С₁ и 7.С₄.

Испытания изделий на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристиками 7.И₆, 7.И₇, 7.К₄ проводились с использованием моделирующих установок АО «ЭНПО СПЭЛС» и (или) АО «НИИП» при нормальной, повышенной и пониженной температурах окружающей среды, а на воздействие фактора 7.И с характеристикой 7.И₁ – на установках АО «ГНЦ РФ–ФЭИ» при нормальных климатических условиях (далее – НКУ).

В качестве параметров-критериев годности изделий, контролируемых во время и после воздействия фактора 7.И с характеристиками 7.И₁, 7.И₆ и 7.И₇, использовались напряжение разомкнутой цепи (далее – НРЦ) и напряжение разряда (либо ёмкость при разряде, либо номинальная энергоёмкость).

В табл. 1 представлены обобщённые данные об испытанных типах первичных ХИТ и используемых для их изготовления материалах.

В табл. 2 приведены обобщённые данные об испытанных типах вторичных ХИТ различных ЭХС и используемых для их изготовления материалах.

В табл. 3 и 4 представлены сводные результаты испытаний и расчётно-экспериментальных оценок стойкости первичных ХИТ и аккумуляторов различных

Испытанные типы первичных ХИТ и используемые для их изготовления материалы

Тип первичного ХИТ	Положительный электрод	Отрицательный электрод	Электролит	Сепаратор
1. Литий-железо-дисульфид (Li-FeS ₂)	Дисульфид железа, нанесённый на никелевую фольгу	Фольга металлического лития	Неводный электролит на основе пропилен-карбоната с растворённой в нём ионогенной солью перхлоратом лития	Полиолефин
2. Литий-тионилхлорид (Li-SoCl ₂)	Из никелевой сетки с напрессованной углеродной массой	Литий	Тетрахлор-алюминат лития и хлористый тионил	Стекловолокно
<i>Примечание: в конструкции установлен токовый предохранитель.</i>				
3. Батарея из первичных ХИТ ЭХС литий-тионилхлорид (Li-SoCl ₂)	Из никелевой сетки с напрессованной углеродной массой	Литий	Тетрахлор-алюминат лития и хлористый тионил	Стекловолокно
<i>Примечание: в конструкции установлен самовосстанавливающийся предохранитель и система диагностики и контроля, состоящая из микроконтроллера.</i>				
4. Литий-фтор-углерод (CF ₅ Li)	Перфорированный титановый токоотвод с напрессованной с двух сторон катодной массой на основе фторуглерода, содержащей графит и политетрафторэтилен	Литий	Тетрафторборат лития и гамма-бутиролактон	Трёхслойный (полипропилен, полиэтилен, стеклоткань)
5. Литий-железо-дисульфид (Li-FeS ₂)	Дисульфид железа с поливинилиденфторидом и сажой	Лента из литий-алюминиевого сплава	Органический раствор перхлората лития в смеси пропилен-карбоната и диметоксиэтаном	Полиолефин

Таблица 2

Испытанные типы вторичных ХИТ различных ЭХС и используемые для их изготовления материалы

Тип аккумулятора	Положительный электрод	Отрицательный электрод	Электролит	Сепаратор
1. Литий-кобальт оксид (Li-CoO ₂)	Фольга-AL Катодный материал: литий-кобальт оксид; поливинилиденфторид (связующее); сажа (электропроводящая добавка)	Фольга-Cu Анодный материал: графит; поливинилиденфторид (связующее)	Гексафтор-фосфат лития и органические растворители – этиленкарбонат, диметил-карбонат, диэтилкарбонат	Полиолефин
<i>Примечание: в конструкции установлены импульсные DC/DC преобразователи напряжения (ПН) и СКУ на основе микроконтроллера КМОП.</i>				
2. Литий-железофосфат (Li-FePO ₄)	Фольга-AL Катодный материал: железофосфат лития. Добавки: нановолокно, графит, чёрный углерод, поливинилиденфторид	Фольга-Cu Анодный материал: графит. Добавки: чёрный углерод, связующее на водной основе, загуститель	Гексофтор-фосфат лития и органические растворители	Полиэтилен

Тип аккумулятора	Положительный электрод	Отрицательный электрод	Электролит	Сепаратор
3. Литий-кобальт оксид (Li-CoO ₂)	Фольга-AL Катодный материал: литированный оксид кобальта (никель/ кобальт/ алюминий); поливинилиденфторид (связующее); сажа (электропроводящая добавка)	Фольга-Cu Анодный материал: графит; чёрный углерод; поливинилиденфторид (связующее)	Гексафтор-фосфат лития и органические растворители	Полипропилен
4. Литий-кобальт оксид (Li-CoO ₂)	Фольга-AL Катодный материал: литий-кобальт оксид; поливинилиденфторид и углерод	Фольга-Cu Анодный материал: графит, поливинилиденфторид и углерод	Раствор гексафтор-фосфата LiPF ₆ в трёх-компонентной смеси этилен-карбонат, этилен-метил-карбонат, диметил-карбонат (1:1:3) с добавкой 1 % винилен-карбоната	

ЭХС, указанных в табл. 1 и 2, к воздействию специальных факторов, с учётом данных анализа [1–5].

Кроме ХИТ, указанных в табл. 1 и 2, также проведены испытания на соответствие заданным требованиям

стойкости к воздействию фактора 7.И с характеристиками 7.И₁, 7.И₆, 7.И₇ (ЗУс, время потери работоспособности не более 2 мс) тестовых плат блока контроля и защиты (далее – БКЗ) аккумуляторов, предназначенных для

Таблица 3

Результаты испытаний и расчётно-экспериментальных оценок стойкости первичных ХИТ к воздействию специальных факторов

Тип первичного ХИТ	Вид СФ	Характеристики СФ	Уровни стойкости, не ниже	Примечание
1. Литий-железодисульфид (Li-FeS ₂)	7.И	7.И ₆ , 7.И ₇ и 7.И ₁	2У _с	1
2. Литий-тионилхлорид (Li-SoCl ₂)	7.И	7.И ₆ , 7.И ₇ и 7.И ₁ Во время и непосредственно после воздействия фактора 7.И с характеристиками 7.И ₆ и 7.И ₁ работоспособность сохраняется	2У _с	1
<i>Примечание к п. 2: в конструкции установлен токовый предохранитель.</i>				
3. Батарея из первичных ХИТ ЭХС литий-тионилхлорид (Li-SoCl ₂)	7.И	7.И ₆ , 7.И ₇ и 7.И ₁ Во время и непосредственно после воздействия фактора 7.И с характеристиками 7.И ₆ и 7.И ₁ работоспособность сохраняется	2У _с	1

Тип первичного ХИТ	Вид СФ	Характеристики СФ	Уровни стойкости, не ниже	Примечание
<i>Примечание к п. 3: в конструкции установлен самовосстанавливающийся предохранитель и система диагностики и контроля (СДК), состоящая из микроконтроллера.</i>				
4. Литий-фтор-углерод (CF ₅ Li)	7.И	7.И ₆ , 7.И ₇ и 7.И ₁ Во время и непосредственно после воздействия фактора 7.И с характеристиками 7.И ₆ и 7.И ₁ работоспособность сохраняется	2У _с	1
5. Первичный ХИТ ЭХС литий-железодисульфид (Li-FeS ₂)	7.И	Импульсная электрическая прочность	не менее 5000 кВ	3
<i>Примечания:</i> 1. Испытания на соответствие заданным уровням требований. 2. Подтверждённый экспериментально уровень стойкости. 3. Уровень стойкости, определённый по результатам испытаний.				

Таблица 4

Результаты испытаний и расчётно-экспериментальных оценок стойкости аккумуляторов различных ЭХС к воздействию специальных факторов

Тип аккумулятора	Вид СФ	Характеристики СФ	Уровни стойкости, не ниже	Примечание
1. Литий-кобальт оксид (Li-CoO ₂)	7.И	7.И ₆ , 7.И ₇ и 7.И ₁	2У _с	1
<i>Примечание к п. 1: в конструкции установлены импульсные DC/DC преобразователи напряжения (ПН) и СКУ на основе микроконтроллера КМОП.</i>				
2. Литий-железофосфат (Li-FePO ₄)	7.И	7.И ₇	4 × 4У _с	2
3. Литий-кобальт оксид (Li-CoO ₂)	7.И 7.К 7.С	7.И ₁ , 7.И ₇ 7.К ₁ , 7.К ₄ (совместное)	4У _с	2
		7.С ₁ 7.С ₄	1К	2
		(ВПР не обнаружено вплоть до максимального уровня воздействия 7.И ₆ порядка 4У _с)	50 × 5У _с 2 × 5У _с	3
4. Литий-кобальт оксид (Li-CoO ₂)	7.И 7.К 7.С	7.И ₁ , 7.И ₇ 7.И ₆ , 7.И ₈ 7.К ₁ , 7.К ₄ (совместное)	4У _с	2
		7.С ₁ 7.С ₄	2У _с	1
			1К	2
			50 × 5У _с 2 × 5У _с	3
<i>Примечания:</i> 1. Испытания на соответствие заданным уровням требований. 2. Подтверждённый экспериментально уровень стойкости. 3. Уровень стойкости, определённый по результатам испытаний.				

защиты литий-ионных аккумуляторов от перезаряда, переразряда, короткого замыкания и перегрева [6, 7].

Как видно из табл. 3 и 4, все испытанные изделия независимо от электрохимической системы

сохраняют работоспособность после воздействия фактора 7.И со значениями характеристик 7.И₁, 7.И₇, соответствующими группе 2У_с. Для вторичных ХИТ (поз. 2–4 табл. 4) электрохимических систем Li-FePO₄

и Li-CoO_2 экспериментально подтверждена стойкость после воздействия факторов 7.И, 7.К со значениями характеристик 7.И₁, 7.И₇ и 7.К₁, 7.К₄ (при совместном воздействии) не ниже $4U_c$ и 1К, соответственно. Данный результат может быть распространён и на другие ХИТ, приведённые в табл. 3 и 4. Основанием для этого является то, что стойкость первичных и вторичных ХИТ без учёта электронных систем защиты и контроля, как и других пассивных изделий в основном определяется стойкостью используемых для их изготовления материалов [9, 10].

Как следует из табл. 1 и 2, в рассматриваемых изделиях используются близкие по физико-химическим свойствам неорганические и органические материалы и соединения, стойкость которых по характеристикам 7.И₁ и 7.И₇ не ниже $6U_c$ по ГОСТ РВ 20.39.414.2–98, что в целом соответствует [8–11].

Испытания показали, что ХИТ (поз. 2–4 табл. 3 и поз. 3 табл. 4) сохраняют работоспособность во время и непосредственно после воздействия фактора 7.И со значениями характеристик 7.И₁ и 7.И₆ до уровней не менее $2U_c$ (испытания при более высоких уровнях воздействия не проводились). Аналогичный результат (отсутствие сбоев, временной потери работоспособности и катастрофических отказов) во время и после воздействия фактора 7.И со значением характеристики 7.И₆ до $4U_c$ установлен по результатам испытаний аккумуляторов (поз. 3 табл. 4).

Одной из возможных причин отсутствия реакции первичных элементов питания и аккумуляторов во время воздействия фактора 7.И с характеристиками 7.И₁, 7.И₆, является то, что внутренний заряд ХИТ существенно превышает заряд, который может быть внесён в процессе ионизации при указанных воздействиях.

Кроме того, в результате проведённых испытаний получены важные для практики испытаний новых разработок ХИТ выводы в части влияния на их стойкость температуры среды при воздействии специальных факторов. Экспериментально подтверждено сохранение работоспособности ХИТ (параметры не выходят за установленные нормы) при уровнях воздействия фактора 7.И с характеристиками 7.И₆, 7.И₇ вплоть до $4U_c$ и фактора 7.К – до уровней 1К в НКУ и крайних рабочих температурах среды.

Это позволяет проводить испытания опытных образцов ХИТ на основе рассматриваемых ЭХС на стойкость к воздействию специальных факторов в НКУ с распространением результатов на весь диапазон рабочих температур среды, что существенно снижает трудоёмкость испытаний и материальные затраты на их проведение.

Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, как правило, оснащаются встроенными схемами преобразователей напряжения, а также электронными системами диагностики, контроля и управления на основе полупроводниковых приборов (далее – ПП) и интегральных схем (далее – ИС), которые, как известно, обладают повышенной чувствительностью к воздействию специальных факторов по сравнению с другими электрорадиоизделиями. Стойкость таких устройств к воздействию специальных факторов в общем случае определяется схемотехническим построением и стойкостью комплектующих ЭРИ. При этом

воздействие фактора 7.И с характеристиками 7.И₁ и 7.И₇ может вызывать нарушение работоспособности аккумуляторов и батарей вследствие необратимых изменений параметров устройств, а импульсное действие фактора 7.И со значением характеристики 7.И₆ порядка $10^{-2} \times 2U_c$ способно вызывать в ПП временное отклонение параметров за установленные нормы, а также сбои и временную потерю работоспособности ИС, приводящие к временному нарушению работоспособности устройств и, как следствие, аккумуляторов и батарей.

В частности, испытания тестовых плат SKU для аккумуляторов [6, 7] показали, что их стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристиками 7.И₁, 7.И₆ и 7.И₇ составляет по характеристике 7.И₁ порядка $1U_c$, а по характеристикам 7.И₆ и 7.И₇ – $3U_c$, что, как видно, ниже стойкости собственно элементов, аккумуляторов и батарей, а ВПР по характеристике 7.И₆ составляет не более 1 мс.

Таким образом, электронные схемы, встраиваемые в ХИТ для обеспечения безопасности эксплуатации и улучшения характеристик, в большинстве случаев будут определять стойкость ХИТ в целом при воздействии специальных факторов, что необходимо учитывать в ТЗ при задании критериев стойкости ХИТ.

Ещё одной важной характеристикой, определяющей возможности применения ХИТ специального назначения в условиях воздействия фактора 7.И по ГОСТ РВ 20.39.414.2–98 (8.И по ГОСТ РВ 0020–39.416–2020), является их импульсная электрическая прочность (далее – ИЭП) при воздействии одиночных импульсов напряжения (далее – ОИН), наводимых электромагнитным импульсом (далее – ЭМИ) в проводах, подключённых к контактам ХИТ.

Исходя из анализа конструкции, принципов действия и электрохимических процессов, протекающих в ХИТ, мы предположили, что воздействие ОИН, вызываемых ЭМИ, не способно вызывать нарушение работоспособности и отказы ХИТ. Это может быть объяснено большим внутренним зарядом ХИТ, несоизмеримым с зарядом, который может быть внесён воздействием ОИН.

Наши предположения были подтверждены в процессе испытаний по определению показателей ИЭП на примере первичных и вторичных ХИТ (поз. 2 табл. 1 и поз. 3 табл. 2). Результаты испытаний [12, 13], показали, что при воздействии на эти изделия ОИН с характеристиками по ГОСТ РВ 20.57.415–98 они сохраняют работоспособность при амплитуде ОИН вплоть до 5000 В (показатель стойкости превышает 5000 В).

В тоже время испытания тестовых плат на воздействие ОИН показали, что их стойкость, как и для других электронных схем, в которых применяются ПП и ИС, существенно ниже и может зависеть от полярности, длительности ОИН и схемотехнических решений SKU [14].

Заключение

На основании анализа рассмотренных результатов экспериментальной оценки стойкости литий-ионных ХИТ разных электрохимических систем могут быть сформулированы рекомендации по заданию требований стойкости таких изделий к воздействию специальных

факторов и их подтверждению. Учитывая высокую стоимость собственно изделий, а также трудоёмкость и стоимость испытаний, последнее особенно важно.

Если говорить о требованиях стойкости первичных и вторичных ХИТ, то со второй половины 2021 г. эти требования должны задаваться по ГОСТ РВ 0020–39.416–2020. При этом виды и характеристики воздействующих специальных факторов должны учитывать реальные области применения разрабатываемых изделий, наличие в их составе электронных схем стабилизации напряжения, диагностики, управления и защиты.

Так, например, для изделий, содержащих встроенные электронные устройства, кроме значений характеристик воздействий фактора 8.И должны быть установлены требования по допустимому времени потери работоспособности и (при необходимости) по характеристике 8.И₈.

Если изделия не содержат встроенные электронные устройства, требования по ВПР и характеристике 8.И₈ не предъявляются, т. к. воздействие фактора 8.И с характеристикой 8.И₆ не приводит к нарушению работоспособности изделий, что обеспечивается особенностями функционирования ХИТ.

В случае предъявления к изделиям, содержащим встроенные электронные устройства, требований стойкости к воздействию фактора 8.К, кроме требований к значениям характеристик 8.К₁, 8.К₂ и 8.К₇, должны быть установлены требования по характеристикам 8.К₁₃ и 8.К₉ (при необходимости).

Подтверждение стойкости собственно первичных и вторичных ХИТ, разрабатываемых на основе рассмотренных ЭХС, к воздействию фактора 7.И (8.И) с характеристиками 7.И₁, 7.И₆, 7.И₇ (8.И₁, 8.И₆, 8.И₇) до уровней 4Ус включительно, фактора 7.К (8.К) с характеристиками 7.К₁, 7.К₄, 7.К₇ (8.К₁, 8.К₂ и 8.К₇) до уровней 1К включительно и фактора 7.К (8.К) с характеристиками 7.К₁₁, 7.К₁₂ (8.К₉, 8.К₁₃) допускается проводить без испытаний. Считается, что стойкость указанных изделий обеспечивается принципами функционирования, конструкцией и применяемыми материалами.

В случае необходимости экспериментального подтверждения требований стойкости, испытания таких изделий, как следует из рассмотренных выше экспериментальных данных, достаточно проводить при нормальной температуре среды с распространением результатов на весь рабочий диапазон температуры среды.

Требования стойкости ХИТ, содержащих встроенные электронные устройства, к воздействию специальных факторов целесообразно подтверждать по результатам автономных испытаний этих устройств или специальных макетов (тестовых плат), которые должны проводиться (при необходимости) с учётом низкой интенсивности воздействия фактора 7.К (8.К), а также при крайних рабочих температурах среды.

Не требуется проводить испытания по определению показателей стойкости ХИТ, не содержащих встроенные электронные устройства, при воздействии ОИН, т. к. их стойкость до уровней 5000 В

включительно подтверждена экспериментально и обеспечивается принципами функционирования, конструкцией и применяемыми материалами.

Стойкость ХИТ со встроенными электронными устройствами при воздействии ОИН должна подтверждаться экспериментально по результатам автономных испытаний этих устройств или специальных макетов (тестовых плат).

Представляется возможным подтверждать требования стойкости ХИТ к СФ без испытаний расчётно-аналитическими методами по данным стойкости аналогов (при их наличии) или данным стойкости применяемых материалов или их аналогов и данным стойкости комплектующих изделий.

Все установленные требования стойкости изделий к воздействию СФ должны быть отражены в соответствующих разделах технических условий (требований, справочных данных и указаний по эксплуатации), что позволит разработчикам аппаратуры осуществлять обоснованный выбор изделий в части обеспечения требований стойкости ВВСТ.

Литература

1. Протокол испытаний Рег. № 57–07/574–148/14, АО «НИИП», 2014 г.
2. Протокол испытаний Рег. № 57–07/574–18/16, АО «НИИП», 2016 г.
3. Протокол испытаний Рег. № 8–07/82–40/19, АО «НИИП», 2019 г.
4. Протокол испытаний ЖКНЮ.ИЦ1931.01.0001-ПРИД, АО «ЭНПО СПЭЛС», 2019 г.
5. Протокол испытаний ЖКНЮ.ИЦ1982.01.0002-ПРД, АО «ЭНПО СПЭЛС», 2019 г.
6. Протокол испытаний тестовых плат, ЖКНЮ.ИЦ1982.01.0001 – ПРИДН, АО «ЭНПО СПЭЛС», 2020 г.
7. Протокол испытаний тестовых плат, ЖКНЮ.ИЦ1982.01.0001-ПРН1 (Дополнение № 1 к ЖКНЮ.ИЦ1982.01.0001-ПРИДН), АО «ЭНПО СПЭЛС», 2020 г.
8. Диэлектрики и радиация: В 6 кн. / Под ред. Н. С. Костюкова. Кн. 5: Диэлектрические свойства полимеров в полях ионизирующих излучений / А. П. Тютнев, В. С. Саенко, Е. Д. Пожидаев, Н. С. Костюков. – М.: Наука, 2005. – 453 с.
9. Радиационная стойкость материалов радиотехнических конструкций (справочник). Под ред. Н. А. Сидорова, В. К. Князева. М., «Сов. Радио», 1976 г.
10. Радиационная стойкость материалов. Справочник. Под общей ред. В. Б. Дубровского. – М., Атомиздат, 1973, (Авт.: П. В. Лавданский, Б. К. Пергаменщик, В. Н. Соловьев).
11. Справочник, т. 3, ВНИИЭМ, 1986 г.
12. Протокол испытаний ЖКНЮ.ИЦ1931.01.0001-ПРЭ, АО «ЭНПО СПЭЛС», 2019 г.
13. Протокол испытаний ЖКНЮ.ИЦ1800.99.0091-ПРЭ, АО «ЭНПО СПЭЛС», 2018 г.
14. Протокол испытаний тестовой платы на стойкость к воздействию одиночных импульсов напряжения, ЖКНЮ.ИЦ1982.01.0001-ПРЭ, АО «ЭНПО СПЭЛС», 2019 г.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ АНАЛИЗАТОРОВ ВЛАЖНОСТИ

ABOUT SOME PROBLEMS OF ENSURING THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS OF MOISTURE ANALYZERS

Быканов В. В., к. т. н., с. н. с., **Есакова М. М.**, **Тулицина А. В.**, ФГБУ «ВНИИР»,
+7 (903) 774–25–07; sertifbv@yandex.ru; **Булгаков О. Ю.**, к. в. н., заслуженный работник связи РФ,
АНО «Электронсертифика»; +7 (985) 725–73–68; bulgakov56@yandex.ru

Bykanov V. V., Ph.D. of engineering sciences, Senior Researcher Officer, **Esakova M. M.**, **Tupitsina A. V.**,
FSBI «VNIIR»; +7 (903) 774–25–07; sertifbv@yandex.ru; **Bulgakov O. Y.**, Ph.D. of military sciences,
honored worker of communications of the Russian Federation, ANO «Electroncertifica»;
+7 (985) 725–73–68; bulgakov56@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема метрологического обеспечения анализаторов влажности, посредством которых измеряется величина влаги внутри корпусов интегральных микросхем. Определена актуальная проблема в сфере поверки средств измерений утверждённого типа. Предложен путь решения подобных задач.

Annotation. The article discusses the problem of metrological support of analyzers moisture, by means of which moisture quantity is measured inside the cases of integrated circuits. The actual problem in the field of verification of measuring instruments of approved type is determined. A way to solve similar problems is proposed.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, электронная компонентная база, анализаторы влажности, количество частиц влаги, миллионная доля.

Keywords: metrological assurance, electronic component base, moisture analyzers, number of moisture particles, parts per million.



(Слева направо)

Булгаков О. Ю., Есакова М. М., Тулицина А. В., Быканов В. В.

Введение

Применяемые современные электронные компоненты, одним из которых является электронная компонентная база (далее – ЭКБ), и новые сборочные методы и технологии аппаратуры составляют основу производства радиоэлектронной техники, что даёт возможность применения изготавливаемых изделий в экстремальных условиях эксплуатации (космическое пространство, мониторинг обстановки вблизи источников излучения ядерных объектов, физические эксперименты, стихийные бедствия). В настоящее время реализуются процессы интеграции элементов при создании многофункциональной ЭКБ, которая выполняет роль блоков и узлов аппаратуры или полностью реализует функции аппаратуры в составе одной сверхбольшой интегральной микросхемы (далее – СБИС).

Абсолютное большинство СБИС монтируется в герметичные корпуса, защищающие их от механических повреждений, воздействий окружающей среды, и, самое главное, от воздействия влаги на кристалл микросхемы.

Влага в подкорпусном пространстве интегральных схем является важным параметром, при несоблюдении норм которого возникает множество деградационных процессов внутри микросхемы. Влага, содержащаяся в деталях СБИС, активно выделяется при изменении температурных условий из металла корпуса, герметика и других материалов [1].

Учитывая сказанное, процесс изготовления интегральных схем должен тщательно контролироваться, а количество частиц воды под корпусом при 100 °С не должно превышать 5000–6000 миллионных долей (далее – млн⁻¹), что эквивалентно 0,5 и 0,6 объёмного процента содержания влаги, а при температуре 25 °С – не более 500 млн⁻¹, что соответствует 0,05 объёмного процента содержания влаги. Эти показатели содержания влаги описаны в военном стандарте США [2] и в отечественной нормативно-методической документации [3, 4].

Основная часть

Наиболее точным способом определения количества частиц воды в подкорпусном пространстве микросхем является метод разрушающего контроля. При таком методе внешняя часть микросхемы высушивается при высокой температуре, после чего её корпус прокалывается и с помощью масс-спектрометра определяется количество влаги под корпусом микросхемы. Этот метод лежит в основе большинства установок такого назначения, примером отечественной разработки которых является анализатор влажности МКМ-1 (далее – МКМ-1). Помимо МКМ-1 существуют другие установки определения влаги под корпусом микросхем, например, анализаторы газа EDA 407 и ДМТ-МСР1. МКМ-1 является средством измерения (далее – СИ) утверждённого типа, внесённым в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства

измерений, рег. № 53684-13. Для МКМ-1 действует методика поверки МП 242-1528-2020 «ГСИ. Анализаторы влажности МКМ-1. Методика поверки», утверждённая федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д. И. Менделеева» (далее – ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»). В качестве средств поверки МКМ-1 применяются анализатор влажности FAS-W (далее – FAS-W) или рабочий эталон единиц объёмной доли влаги 2-го разряда в диапазоне значений от 4,9 до 23000 млн⁻¹, температуры точки росы 2-го разряда в диапазоне значений от -70 до +20 °С в соответствии с государственной поверочной схемой [5].

Основополагающим принципом работы МКМ-1 является то, что вскрытие образца и выпуск из него анализируемого газа осуществляется в одной камере с масс-спектрометром. Это позволяет избежать потерь газовых примесей при 2-х камерной схеме, когда вскрытие производится в одной вакуумной камере, а масс-спектрометр находится в другой. В такой схеме часть газовых примесей адсорбируется на стенки камеры вскрытия, вентиль и газопровод, ведущий в камеру масс-спектрометра. Однокамерная схема, реализованная в МКМ-1, позволяет наблюдать в режиме реального времени за процессом десорбции влаги и примесей с поверхности образца перед вскрытием и тем самым свести до минимума их фоновый уровень. Процесс проведения измерений является двухстадийным: испытываемая микросхема помещается в шлюзовую камеру, а после откачки до высокого вакуума перемещается в камеру вскрытия, в которой находится ионный источник масс-спектрометра. По достижении необходимого уровня фона прокалывающее устройство создаёт микротечь в корпусе микросхемы. Парогазовая смесь через регулируемое отверстие попадает в область ионизации масс-спектрометра заранее рассчитанным потоком, который определяется в соответствии с величиной образовавшегося отверстия и скоростью откачки вакуумного насоса.

В режиме реального времени на мониторе отображаются графики относительных концентраций газовых компонентов и паров воды в подкорпусном пространстве микросхемы. Признаком достоверного измерения является выход газовых кривых на стационарный режим после переходного процесса (производная концентрации постоянна), т. е. вода и газовые примеси более не сорбируются на стенках вакуумной камеры.

Реализация в МКМ-1 метода вскрытия микросхемы не нарушает динамического равновесия в подкорпусном пространстве микросхемы и камеры вскрытия и, следовательно, при проведении измерений не возникает зависимости показаний СИ от внутреннего объёма образца. Это обязывает использовать МКМ-1 как СИ, но не как испытательное оборудование (далее – ИО).

Анализатор газа EDA 407 (далее – EDA 407) также является СИ утверждённого типа и зарегистрирован в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений в 2018 г. под рег. № 71948-18.

Для EDA 407 существует утверждённая действующая методика поверки МП 212-241-2017 «ГСИ. Анализаторы газа в электронных устройствах EDA 407. Методика

поверки», утверждённая федеральным государственным унитарным предприятием «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» (далее – ФГУП «УНИИМ»), на текущий момент филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». В соответствии с методикой поверки в качестве средств поверки используется государственный эталон единиц относительной влажности газов 2-го разряда по ГОСТ 8.547-2009.

Однако на сегодняшний день EDA 407 используется как ИО, т. е. осуществляется его периодическая аттестация вместо поверки. Так как все вышеперечисленные анализаторы измеряют величину влаги в подкорпусном пространстве микросхем, то отнесение их к ИО некорректно. Поэтому данные СИ должны поверяться в соответствии с методиками поверки. Вдобавок необходимо весь парк анализаторов влажности на предприятиях электронной промышленности относить в категорию СИ в соответствии с [6].

Несмотря на то, что методики поверки МКМ-1 и EDA 407 разработаны силами ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» и ФГУП «УНИИМ», в данное время хранителем Государственного первичного эталона единиц относительной влажности газов, молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/иная, температуры конденсации углеводородов ГЭТ 151-2020 и рабочих эталонов относительной влажности 1 и 2 разрядов для проведения поверки рабочих СИ МКМ-1 и EDA 407 является Восточно-Сибирский филиал федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (далее – ФГУП «ВНИИФТРИ»).

В связи с этим только его специалисты осуществляют поверку МКМ-1. Остальные аккредитованные организации или отказываются проводить поверку анализаторов, мотивируя отказ отсутствием средств поверки, или проводят с нарушениями:

- используют предыдущую методику поверки МКМ-1 МП 242-1528-2013;

- выполняют периодическую аттестацию EDA 407 по методикам аттестации, которые являются упрощёнными нормативно-правовыми документами;

- применяют СИ, у которых отсутствует прослеживаемость к государственным первичным эталонам;

- некорректно учитывают влияющие на точность измерения факторы (температура, давление, состав рабочего газа).

Вследствие чего, по нашему мнению, результаты испытаний по утверждению типа анализаторов влажности должны проходить экспертизу в ФГУП «ВНИИФТРИ».

Так как измерения в анализаторах влажности относятся к высокоточным (используется времяпролётный масс-спектрометр), повышается значимость их достоверности. Но отсутствие исполнения необходимых требований в соответствии с методиками поверки данных СИ, приводит к различным, часто критичным результатам испытаний конкретной ЭКБ и неоправданным затратам на испытания, связанными с увеличением времени поставки микросхем конечному потребителю.

К примеру, определение относительной погрешности анализаторов при проведении их поверки проводится методом сличения с FAS-W, находящимся на выходе измерительной камеры. Измерения проводят FAS-W, расположенными на входе и выходе осушённой камеры. Разница показаний не должна превышать 197 млн^{-1} объёмной доли влаги. Заполняют измерительную камеру поверяемого анализатора газом из баллона с значением объёмной доли влаги $1500 \pm 500 \text{ млн}^{-1}$. Проводят измерения FAS-W на выходе измерительной камеры и масс-спектрометром поверяемого анализатора после стабилизации показаний, прослеживаемых на дисплее поверяемого анализатора. Результаты измерений заносят в протокол. Проводят осушку камеры. Значения полученной относительной погрешности поверяемого анализатора для каждого измерения определяются по формуле:

$$\Delta C_{\text{отн}} = \frac{C_{\text{изм}} - C_{\text{эт}}}{C_{\text{эт}}} \cdot 100 \%,$$

где: $C_{\text{изм}}$ – показания объёмной доли влаги по поверяемому анализатору, млн^{-1} ;

$C_{\text{эт}}$ – значение объёмной доли влаги по показаниям FAS-W, млн^{-1} .

Результаты определения относительной погрешности считают положительными, если максимальное значение не превышает пределов допускаемой относительной погрешности $\pm 20 \%$ – в диапазоне от 200 до 1000 млн^{-1} ; $\pm 10 \%$ – в диапазоне свыше 1000 до 6000 млн^{-1} ; $\pm 20 \%$ – в диапазоне свыше 6000 до 11000 млн^{-1} [7].

Результаты эксперимента, проведённого федеральным государственным унитарным предприятием «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов» (ныне – федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники») и обществом с ограниченной

ответственностью «ИТА», позволили сделать вывод о том, что применение сличительного метода непосредственно на этапе поверки существенно повышает точность и воспроизводимость проведения процедуры, снижает организационные и финансовые затраты.

Заключение

Таким образом, проверка результатов испытаний по утверждению типа анализаторов влажности организацией, обладающей опытом работы и компетенциями, только подтвердит их правильность, а использование утверждённой методики поверки позволит применять такие СИ в сфере государственного регулирования оборонной и космической отраслей как СИ утверждённого типа, что прекратит споры о правомочности и корректности полученных результатов измерений.

Литература

1. Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции «Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации», г. Мытищи, 18–19 ноября 2020 г., 25 – 27 с.
2. MIL-STD-883E – Test method standard microcircuits (стандарты испытаний микросхем) 31 декабря 1996 г.
3. ГОСТ РВ 5962-004.0–2012 Изделия электронной техники. Микросхемы интегральные. Методы испытаний. Основные положения.
4. ОСТ В 11073.013–2008 Отраслевой стандарт. Микросхемы интегральные, методы испытаний ОКП 623000. Отраслевой стандарт.
5. ГОСТ 8.547–2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов.
6. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ.
7. МП 242-1528–2020 ГСИ. Анализаторы влажности МКМ-1. Методика поверки.

УДК 629.4.018

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА НА ОСНОВЕ РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ КАМЕРЫ

WORKPLACE ORGANIZATION BASED ON A REVERBERATION CHAMBER

Петровичев А. А., начальник ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР»; +7 (916) 814–61–16; petrovichev@test-expert.ru

Petrovichev A. A., Head of EMC test-lab JSC «TESTPRIBOR»; +7 (916) 814–61–16; petrovichev@test-expert.ru

Аннотация. В статье рассмотрен метод подтверждения стойкости к воздействию электромагнитных полей высокой интенсивности с применением реверберационной камеры. Рассматриваются особенности работы реверберационной камеры и организация рабочего места на её базе. Приведены решения по автоматизации рабочего места и снижению трудозатрат при проведении испытаний.

Annotation. The article considers a method for confirming resistance to high-intensity electromagnetic fields using a reverberation chamber. The features of the operation of the reverberation chamber and the organization of the workplace on its basis are considered. Solutions for automating the workplace and reducing labor costs during testing are given.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитные поля, электромагнитные поля повышенной интенсивности, реверберационная камера, испытательная лаборатория, автоматизация, программное обеспечение, испытания авиационной аппаратуры, радиоэлектронная аппаратура.

Keywords: electromagnetic compatibility, electromagnetic fields, high-intensity electromagnetic fields, reverberation chamber, testing laboratory, automation, software, aircraft equipment testing, radio-electronic equipment.



Петровичев А. А.

Введение

В рамках расширения технических возможностей испытательной лабораторией электромагнитной совместимости (далее – ИЛ ЭМС) АО «ТЕСТПРИБОР» ведутся работы по созданию рабочего места на основе реверберационной камеры. Главная задача – обеспечить проведение испытаний радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) по подтверждению требований стойкости к воздействию электромагнитных полей высокой интенсивности (HIRF – High-intensity Radiated Field). Данные виды проверок и метод испытаний предусмотрены стандартом ГОСТ РВ 6601-001–2008 [1] и разделом 20.0 квалификационных требований КТ-160G/14G [2].

Основная часть

Принцип работы реверберационной камеры заключается в следующем. Камера представляет собой экранированное помещение, выполненное из алюминиевых или стальных листов. Внутри стенки камеры не покрыты радиопоглощающим материалом – это выполнено для обеспечения переотражения электромагнитных волн. Другим важным конструктивным элементом камеры является тюнер, необходимый для «перемешивания» образовавшихся при переотражении «стоячих» волн и создания в рабочем объеме камеры однородного электромагнитного поля. Также внутри камеры размещаются излучающая антенна и датчик электромагнитного поля. В роли последнего может выступать и принимающая антенна, если позволяют габаритные размеры самой камеры и объем рабочей области [3].

Главным преимуществом данного метода испытаний является возможность обеспечить высокий уровень напряженности электромагнитного поля в рабочем объеме камеры, подводя к излучающей антенне относительно небольшую мощность с генератора сигналов. Ещё одним плюсом является

то, что испытываемая РЭА подвергается воздействию равномерным электромагнитным полем со всех сторон. При этом важно помнить, что на всё применяемое оборудование накладываются определённые требования как на саму камеру (выбор габаритных размеров), так и на контрольно-измерительную аппаратуру (выбор датчиков, способных измерить соответствующие уровни напряженности электромагнитного поля) [4].

Организация рабочего места. Помимо перечисленного во вступительной части статьи оборудования, в состав рабочего места на основе реверберационной камеры входят генератор сигналов и усилители мощности. Также имеется поворотный механизм тюнера, включающий в себя шаговый электродвигатель и систему управления. Функциональная схема рабочего места представлена на рис. 1.

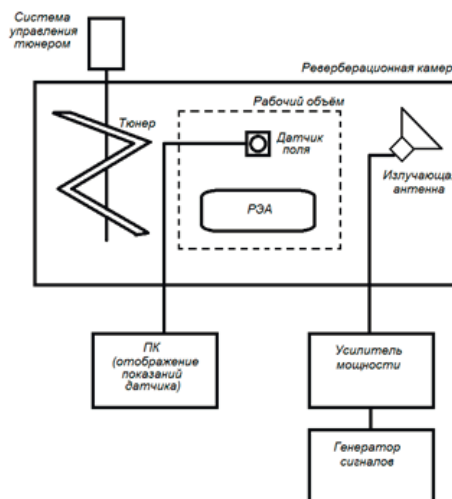


Рис. 1. Функциональная схема рабочего места на основе реверберационной камеры

При данной конфигурации сложно не обратить внимания на существенный недостаток – ручное управление. Строго говоря, для проведения испытаний на данном рабочем месте требуется привлечение 2-х испытателей: одного – для управления испытательным оборудованием, другого – для контроля положения тюнера. Также ручное управление увеличивает временные затраты на проведение испытаний.

Ещё сильнее вскрываются проблемы ручного управления при проведении аттестации рабочего места. Если обратиться к ГОСТ РВ 6601-001–2008 [5], то выясняется, что контроль однородности электромагнитного поля необходимо проводить в 9 точках рабочего объема камеры на фиксированных

Таблица 1

Частотный диапазон, МГц	Число позиций тюнера
200–300	50
300–400	20
400–600	16
свыше 600	12

частотах и при определённом количестве позиций тюнера. В качестве примера в табл. 1 приведены требования из ГОСТ РВ 6601-001–2008.

Очевидным решением данной проблемы является автоматизация рабочего места с помощью специального программного обеспечения (далее – ПО). Покупные реверберационные камеры уже поставляются с данным ПО, оптимизированным под большую линейку измерительного и испытательного оборудования. При применении камер собственного изготовления необходимо привлечение специалистов для написания и внедрения данного ПО.

Автоматизация рабочего места. ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» создаёт рабочее место на основе реверберационной камеры собственного изготовления. После обеспечения рабочего места всем необходимым оборудованием было выпущено техническое задание на разработку специального ПО, оптимизированного под имеющееся измерительное, испытательное и вспомогательное оборудование. Итоговая функциональная схема рабочего места представлена на рис. 2.

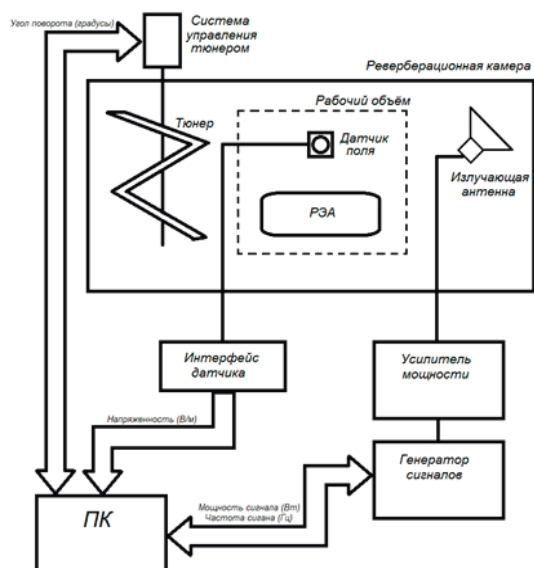


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированного рабочего места на основе реверберационной камеры

Из схемы видно, что в качестве рабочих данных ПО использует 4 величины: уровень напряжённости электромагнитного поля; уровень выходной мощности генератора; частоту выходного сигнала; угол поворота тюнера. При проведении калибровки и испытаний

оператор задаёт необходимый уровень напряжённости электромагнитного поля, диапазон частот, в котором будут проведены измерения, и ограничения по уровню выходной мощности генератора. Также оператор может задать шаг изменения частоты сигнала и шаг угла поворота тюнера. Для проведения дополнительных измерений и исследований имеется функция ручной подстройки угла поворота тюнера, уровня выходной мощности и частоты.

Применение автоматизации позволяет сократить количество задействованного при проведении испытаний персонала и временные затраты. Также применение ПО облегчает процесс аттестации рабочего места, требующей, как было сказано выше, проведения большого числа измерений.

Несколько слов об оборудовании. При решении технических вопросов нельзя забывать и о формальной стороне вопроса. При проведении аттестации рабочего места и проведении сертификационных испытаний необходимо использовать средства измерения (далее – СИ) утверждённого типа, что накладывает серьёзные ограничения на применяемые датчики поля. В момент написания статьи в реестр СИ включено только 3 датчика поля от 2-х производителей, также некоторое количество датчиков находятся на стадии включения в реестр.

Выходом из данной ситуации является использование вместо датчиков измерительных антенн: в реестре СИ включено большое их число. Однако в случае с реверберационной камерой, которой располагает ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР», такой вариант не представляется возможным из-за ограничений, связанных с объёмом рабочей области.

Заключение

Таким образом, применение автоматизированного рабочего места, основанного на предложенной в статье архитектуре, позволяет сократить время проведения испытаний, а также снизить необходимые трудозатраты. Применение специализированного ПО позволяет повысить точность установки уровней испытательных воздействий при проведении калибровки и непосредственно испытаний.

Привсехпреимуществах применения реверберационной камеры, организация рабочего места на её основе «своими силами» – не самая простая задача. Помимо закупки подходящего оборудования и решения вопроса автоматизации процесса измерений требуется соблюсти все формальные моменты, связанные с аттестацией рабочего места и проведением испытаний. Можно остановиться и на ручном управлении рабочим местом, но в таком случае временные затраты на выполнение работ будут неоправданно высокими.

Параметр	Значение
Общие габариты, мм	2770 x 1550 x 1650
Размеры рабочей зоны, мм	700 x 700 x 700
Эффективный диапазон рабочих частот, ГГц	0,4–18 ГГц
Коэффициент экранирования, дБ	120 дБ (400–1000 МГц) 100 дБ (1–10 ГГц) 90 дБ (10–18 ГГц)

В настоящий момент рабочее место на основе реверберационной камеры АО «ТЕСТПРИБОР» полностью укомплектовано необходимым оборудованием. Специализированное ПО для работы на нём находится в стадии отладки. После проведения аттестации рабочее место будет введено в эксплуатацию, что позволит испытательной лаборатории проводить испытания в полной мере по ГОСТ РВ 6601-001–2008 и по большинству требований раздела 20.0 КТ-160G/14G. Параметры применяемой реверберационной камеры представлены в табл. 2.

Литература

1. ГОСТ РВ 6601-001–2008. Оборудование бортовое авиационное. Общие требования к восприимчивости при воздействии электромагнитных помех и методики измерений. М.: Стандартинформ, 2008 г.

2. КТ-160G/14G, условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования (внешние воздействующие факторы). М.: НИИАО, 2015 г.

3. Кечиев Л. Н., Балюк Н. В. Зарубежные военные стандарты в области ЭМС / Под ред. Л. Н. Кечиева. М.: Грифон, 2014. (Библиотека ЭМС).

4. Демаков А. В., Комнатнов М. Е., Газизов Т. Р. Обзор исследований в области разработки и применения реверберационных камер для исследований на электромагнитную совместимость. УДК 621.317.2.

5. ГОСТ РВ 6601-001–2008. Оборудование бортовое авиационное. Общие требования к восприимчивости при воздействии электромагнитных помех и методики измерений. Приложение А (рекомендуемое). М.: Стандартинформ, 2008 г.

УДК 338.245

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ИМПОРТОЗАВИСИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

MAIN DIRECTIONS OF ASSESSING THE IMPORT DEPENDENCE OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT ON THE USE OF ELECTRONIC COMPONENT BASE

Фенюк Ю. М., Чужова А. С., ФГБУ «ВНИИР»; +7 (495) 586–17–21; fenyuk@vniir-m.ru; sautina.anastasiya@yandex.ru
Fenyuk Y. M., Chuzhova A. S., FSBI «BNIIR», +7 (495) 586–17–21; fenyuk@vniir-m.ru; sautina.anastasiya@yandex.ru

Аннотация. В статье авторами предлагаются новые направления оценки зависимости российской радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от электронной компонентной базы (ЭКБ) иностранного производства путём проведения детализированного анализа применимости ЭКБ отечественного и иностранного производства.

Abstract. In the article, the authors propose new directions for assessing the dependence of Russian radio-electronic equipment on the electronic component base of foreign production by conducting a detailed analysis of the applicability of domestic and foreign-made electronic component base.

Ключевые слова: импортозависимость, электронная компонентная база, радиоэлектронная аппаратура, анализ.
Keywords: import dependence, electronic component base, radio electronic equipment, analysis.

Введение

Начиная с 2014 г. по настоящее время в отношении Российской Федерации действуют ограничительные санкции со стороны США и стран-членов Евросоюза.

В связи с чем создание собственной современной электронной компонентной базы (далее – ЭКБ)

для её применения российскими разработчиками радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) в изделиях различных областей применения является приоритетным направлением в электронной промышленности.

Предлагаемые направления оценки импортозависимости РЭА от применения ЭКБ



Фенюк Ю. М.



Чужова А. С.

позволяют провести детализированный анализ с выявлением проблемных узких мест применяемости ЭКБ отечественного производства (далее – ЭКБ ОП), оценить зависимость отечественной радиоэлектронной промышленности в целом и в частности РЭА от продукции предприятий отдельных стран и изготовителей ЭКБ иностранного производства (далее – ЭКБ ИП), проанализировать уровень сложности применяемой ЭКБ ИП и возможности отечественной промышленности по её замещению. С помощью анализа данных параметров применяемости ЭКБ появляется возможность создания действенной схемы планирования мероприятий импортозамещения, а также чёткой системы идентификации их состояния [3].

Основная часть

Основными методами диагностики различных областей применяемости ЭКБ в РЭА могут выступать экспертный, балльный, рейтинговый (сравнительный), факторный анализы, экономико-математическое моделирование.

Одним из основных вариантов анализа, позволяющего получить комплексную оценку применяемости ЭКБ в РЭА и провести их сравнение, является рейтинговый анализ [2]. Рейтинг – это метод сравнительной оценки применяемости ЭКБ по выбранному показателю. В основе рейтинга лежит обобщённая характеристика по определённому признаку (признакам), позволяющая выстраивать (группировать) показатели применяемости ЭКБ в определённой последовательности по степени убывания (возрастания) данного признака.

Признаки (критерии) классификации могут отражать отдельные стороны применяемости ЭКБ как в отдельной РЭА, так и в группе анализируемой РЭА. В качестве оценочного критерия могут выступать различные критерии.

Характер формирования и назначение рейтингов различны, их адекватность реальному положению дел в значительной мере зависит от достоверности отчётных данных и системы показателей, используемой для оценки применяемости ЭКБ.

Авторами был разработан алгоритм оценки применяемости ЭКБ в РЭА, в рамках которого для обоснования интегральных индикаторов оценки предлагается использовать метод исчисления абсолютных и относительных показателей.

В состав абсолютных показателей, используемых для анализа, включаются три группы показателей: объёмные (измеряемые в натуральных единицах), стоимостные и временные. Причём абсолютные показатели можно строить либо как простые показатели, либо как синтетические (интегральные) показатели по интересующей выборке как РЭА, так и ЭКБ, применяемой в ней.

Под абсолютными показателями в данных исследованиях авторы понимают номенклатурные и количественные показатели. Номенклатурный показатель применяемости – это количество неунифицированных номенклатурных позиций спецификаций анализируемой группы РЭА или отдельной РЭА. Количественный показатель – это общее количество применённой ЭКБ с учётом среднегодового количества создаваемой РЭА, в которых она применена. Стоимостной показатель применяемости – это стоимостная оценка применённой в РЭА ЭКБ, проведённая по анализируемой группе РЭА или отдельной РЭА, в ценах, актуальных на момент проведения анализа.

Относительные показатели представляют собой совокупность различных коэффициентов. Эти коэффициенты могут рассчитываться либо как отношение фактического значения показателя к его планируемому значению, либо как отношение значения одного количественного или стоимостного показателя к значению другого.

В ходе исследований были определены следующие основные направления для детализации оценки применяемости ЭКБ в РЭА по номенклатурным показателям, а также в количественном и стоимостном выражении.

А) по регионам (группам стран–изготовителей ЭКБ).

Для оценки применяемости ЭКБ по региональному признаку вся применяемая элементная база распределяется по следующим условным группам стран–изготовителей ЭКБ:

- «Россия»: Российская Федерация и страны СНГ;
- «НАТО и ЕС»: страны, входящие в состав НАТО и Евросоюза, а также другие страны, поддерживающие санкции в отношении Российской Федерации;
- «Азия»: страны Азии и Ближнего Востока, а также другие страны, не поддерживающие санкции в отношении Российской Федерации.

Б) по странам–изготовителям ЭКБ ИП с учётом уровня агрессивности санкционной политики, проявляемой странами НАТО и ЕС в отношении Российской Федерации.

Для оценки по данному признаку применяемая ЭКБ распределяется по принадлежности к следующим группам иностранных государств по уровню агрессивности проводимой ими санкционной политики: высокий; умеренный; низкий.

Состав стран, входящих в данные группы, актуализируется по результатам анализа складывающейся внешнеполитической ситуации не реже одного раза в год.

В) по предприятиям–изготовителям ЭКБ.

Для систематизации информации по данному направлению создаётся сводный реестр всех изготовителей ЭКБ ИП и ЭКБ ОП, участвующих в создании отечественной РЭА. Данный реестр содержит уникальный идентификационный номер изготовителя ЭКБ, полное и сокращённое наименование, организационно-правовую форму (для отечественных предприятий), сведения о стране происхождения, информацию о принадлежности к интегрированным структурам.

Г) по специфике применяемой ЭКБ.

Для оценки сложности и специфики ЭКБ, используемой в РЭА, каждый применяемый элемент ЭКБ анализируется на его соответствие определённой области ЭКБ.

Для использования предлагается следующий классификатор однородных групп продукции ЭКБ, состоящий из 22 разделов:

- 1 – «Изделия СВЧ»;
- 2 – «Микросхемы интегральные»;
- 3 – «Приборы полупроводниковые»;
- 4 – «Приборы оптоэлектронные»;
- 5 – «Изделия квантовой электроники»;
- 6 – «Лампы электровакуумные, приборы газоразрядные и рентгеновские»;
- 7 – «Трубки электронно-лучевые приёмные и преобразовательные»;
- 8 – «Приборы фоточувствительные»;
- 9 – «Индикаторы знаков синтезирующие»;
- 10 – «Приборы пьезоэлектрические и фильтры электромеханические»;
- 11 – «Резисторы и конденсаторы»;
- 12 – «Трансформаторы, дроссели и линии задержки»;
- 13 – «Изделия коммутационные (реле, контакторы, переключатели и др.)»;
- 14 – «Соединители электрические, изделия электроустановочные и присоединительные»;
- 15 – «Машины электрические малой мощности»;
- 16 – «Источники тока химические и приборы электрохимические»;
- 17 – «Кабели провода и шнуры электрические»;
- 18 – «Функциональные устройства (унифицированные источники вторичного электропитания, усилители электрические, преобразователи угла и сигналов и др.)»;
- 19 – «Компоненты волоконно-оптических систем передачи информации»;

20 – «Источники света электрические и приборы световые»;

21 – «Изделия из ферритов и магнитодиэлектриков»;

22 – «Микросборки и многокристальные модули».

При данном анализе также вводится понятие «системообразующая ЭКБ».

К ней отнесена высокотехнологичная ЭКБ, наиболее сложная в освоении производства. В первую очередь – это изделия СВЧ и микроэлектроники.

Д) по наличию и степени готовности проводимых в отношении элемента ЭКБ ИП мероприятий импортозамещения.

Для объективной оценки зависимости отечественной РЭА от иностранной ЭКБ важно понимать не только количественные, стоимостные и качественные параметры её применения, но и готовность к её замещению на отечественную ЭКБ [1].

Для этого по каждой используемой в РЭА позиции ЭКБ ИП устанавливается наличие запланированных мероприятий импортозамещения и состояние их выполнения.

Мероприятия импортозамещения по способу выполнения делятся на основные группы: разработка унифицированного российского аналога, замена на освоенный в промышленном производстве российский аналог, замена на аналог зарубежного производства (изменение логистики поставок), создание страхового запаса.

При наличии предусмотренных мероприятий импортозамещения оценивается состояние их выполнения. Степень готовности мероприятий импортозамещения определяется по значениям, приведённым в табл. 1.

Таблица 1

Степень готовности мероприятий импортозамещения

Вид мероприятий	Степень готовности мероприятия	Значение
Разработка унифицированного российского аналога	ОКР по разработке ЭКБ планируется к открытию	0,2
	ОКР ведётся, до её завершения менее 2-х лет	0,4
	ОКР ведётся, до её завершения менее 1 года	0,6
	ОКР завершена, подготовлено изменение в КД изделия	0,8
	Внесены изменения в КД изделия (оформлено извещение о внесении изменений в КД)	не заполняется*
Замена на освоенный в промышленном производстве российский аналог	Подобран существующий отечественный аналог	0,3
	Проверка параметров аналога, проведение типовых испытаний, подготовка изменений в КД изделия	0,6
	Внесены изменения в КД изделия (оформлено извещение о внесении изменений в КД)	не заполняется*
Замена на аналог зарубежного производства или изменение логистики поставки	Подобран существующий аналог производства стран Юго-Восточной Азии	0,3
	Проверка параметров подобранного аналога, подготовка документации	0,6
	Оформлены документы, подтверждающие выполнение мероприятия (оформлены результаты входного испытания)	не заполняется*

Вид мероприятий	Степень готовности мероприятия	Значение
Создание страхового запаса	Мероприятие в стадии выполнения	0–0,8
	Мероприятие выполнено (оформлен акт создания страховых запасов)	1,0

* *Примечание: после внесения изменений в КД РЭА (осуществления замены элемента ЭКБ ИП на российский аналог) в номенклатуру образца вносится российский аналог.*

Е) по содержанию в РЭА невоспроизводимой ЭКБ ИП. Под невоспроизводимыми типами ЭКБ ИП понимаются те, которые из-за отсутствия на отечественных предприятиях технологий не могут быть в настоящее время воспроизведены. Данная возможность определяется на основе информации о характеристиках потребляемой ЭКБ ИП и уточнённых производственно-технологических возможностях отечественных разработчиков ЭКБ. При проведении анализа в РЭА выявляются все элементы ЭКБ, являющиеся невоспроизводимой ЭКБ ИП.

Выводы

Таким образом, предлагаемые авторами направления оценки импортозависимости РЭА от применения ЭКБ позволяют провести подробный номенклатурный, количественный и стоимостной анализ с поэлементной детализацией по основным направлениям применимости ЭКБ в РЭА, в т. ч. по регионам, странам и фирмам-изготовителям ЭКБ, по специфике применяемой ЭКБ, по характеру проводимых мероприятий импортозамещения, а также по уровню применимости невоспроизводимой ЭКБ. Данные параметры являются достаточно доступными и основополагающими для создания методологии

оценки степени зависимости РЭА от применяемой ЭКБ. При этом проводимый по параметрам детализированный анализ позволяет дать общую объективную оценку применимости ЭКБ в радиоэлектронной отрасли, а также способствует выявлению проблемных областей применения отечественной ЭКБ в РЭА, тем самым открывая возможности по повышению технологической независимости страны.

Литература

1. Алексеев В. В., Саутина А. С., Фенюк Ю. М. Специальная терминология вопросов импортозависимости радиоэлектронной продукции гражданского и оборонного назначения // Научно-технический сборник «Вопросы оборонной техники». Серия 3. М., 2020. Выпуск 4 (411). – С. 21–30.
2. Алямов А. Э., Баласов И. Ю., Бажанов В. А. Импортозамещение электронной компонентной базы в оборонном производстве // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2015. № 11 (498). – С. 17–27.
3. Фальцман В. К. Приоритеты структурной политики: импортозависимость, импортозамещение, возможности экспорта инновационной продукции промышленности // ЭКО. 2014. № 5. – С. 162–181.

УДК 658.711.6

О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К ВЫБОРУ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ, МОДУЛЕЙ, ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И МАТЕРИАЛОВ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE SELECTION OF COMPONENTS, MODULES, ELECTRONIC COMPONENT BASE AND MATERIALS AT THE STAGE OF DEVELOPMENT OF ELECTRONIC EQUIPMENT

Булгаков В. О., ООО «Виантек»; +7 (495) 120–24–36; soft@viantec.ru
Bulgakov V. O., LTD «Viantec»; +7 (495) 120–24–36; soft@viantec.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обоснования выбора и методические подходы к выбору продукции. Описываются вопросы выбора показателей, критериев к закупаемой продукции. На основе ранее проведённых анализов поставки комплектующих изделий, модулей, ЭКБ и материалов для РЭА определяются основные подходы к их выбору и выбору поставщика продукции. Предложены подходы и методы, представляющие собой сочетание дифференциального и комплексного методов выбора (реализуемости) продукции, предлагается приемлемая методика выбора номенклатуры продукции, удовлетворяющей требованиям по цене, уровню качества, техническим и экономическим параметрам, при которых соблюдаются требуемые заказчиком характеристики выбираемой продукции.

Annotation. The article discusses the issues of justification of the choice and methodological approaches to the selection of products. The questions of the choice of indicators, criteria for the purchased products are described. Based on the previously conducted analyses of the supply of components, modules, ECB and materials for REA, the main approaches to their selection and selection of a product supplier are determined. Approaches and methods are proposed, which are a combination of differential and complex methods of product selection (feasibility), an acceptable method of selecting a product range that meets the requirements for price, quality level, technical and economic parameters, in which the characteristics of the selected products required by the customer are observed.

Ключевые слова: электронная компонентная база (ЭКБ), радиоэлектронная аппаратура (РЭА), продукция, выбор продукции, модель выбора, показатели и критерии выбора продукции, поставщик.

Keywords: electronic component base (further – ECB), radio-electronic equipment (further – REA), products, product selection, selection model, indicators and criteria for product selection, supplier.



Булгаков В. О.

Введение

Надёжность и исправная работа радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) во многом зависят от качества поставленных для её сборки комплектующих изделий, модулей, электронной компонентной базы (далее – ЭКБ) и материалов (далее под всем этим понимаем – продукция). Процедуры контроля при закупке и поставке требуемой номенклатуры продукции позволяют производителям РЭА выявлять её недостатки и своевременно принимать меры, чтобы в дальнейшем избежать проблем с готовыми изделиями РЭА.

Критерием выбора продукции для РЭА является соответствие технологических и эксплуатационных характеристик, заданных условиями работы и эксплуатации, а также её экономические параметры [1].

Основными параметрами при выборе продукции являются:

а) технические параметры: номинальное значение параметров продукции согласно принципиальной электрической схемы РЭА; допустимые отклонения параметров продукции от их номинального значения; допустимое рабочее напряжение; допустимая мощность рассеивания; диапазон рабочих частот; коэффициент электрической нагрузки; другие технические параметры;

б) эксплуатационные параметры: диапазон рабочих температур; относительная влажность воздуха; атмосферное давление; вибрационные нагрузки; другие климатические и механические воздействия.

Дополнительными параметрами при выборе продукции являются: срок окончания выпуска продукции производителем; наличие аналогов продукции функциональных и прямых (на случай снятия с производства или увеличения сроков поставки); унификация; масса и габариты; наименьшая стоимость по сравнению с аналогами; другие дополнительные параметры [2, 3].

Решение по выбору технических требований к продукции для разрабатываемой РЭА, основываясь на вышеизложенных критериях и параметрах, должны

приниматься разработчиком РЭА, компетентными сотрудниками (экспертами) с учётом конкретных условий использования этой продукции в РЭА, с применением предлагаемых ниже методических подходов.

Основная часть

Результаты проведённых анализов порядка (или способа) выбора продукции для РЭА, накопленный в организациях и на предприятиях опыт её поставок (как отечественного, так и иностранного производства) [4], позволяет выделить 4 основных аспекта выбора разработчиком РЭА закупаемой продукции:

1) выбор соответствующей техническому заданию продукции на этапе разработки РЭА;

2) выбор надёжного поставщика продукции [5];

3) надлежащая идентификация продукции и организация её 100 % входного контроля;

4) проведение обязательных сертификационных испытаний для продукции иностранного производства.

Как правило, изготовитель РЭА процедуру приобретения продукции реализует по средствам привлечения имеющих определённый опыт этой работы и квалификацию поставщиков продукции. В ходе проведения заказчиком работ по выбору поставщика продукции оцениваются возможности каждого претендента на предмет способности его поставлять (или предлагать равноценные варианты замены) соответствующую техническим, эксплуатационным и дополнительным параметрам продукцию [5, 6], опираясь в основном только на накопленный свой опыт работы, при этом не акцентируя особого внимания на минимизацию возможных рисков.

По окончании процедур определения требуемой продукции и выбора её поставщика заказчик чётко должен понимать ответ на следующие вопросы в отношении закупаемой продукции и выбранного для этой цели поставщика [4]:

а) у кого следует закупать (требования к поставщику продукции, их правоспособность, квалификация, опыт работы и др.);

б) что нужно закупить (основные параметры выбираемой продукции, её технические, эксплуатационные и дополнительные параметры, возможности, требования к подтверждению соответствия продукции запросам заказчика);

в) какие показатели и критерии оценки поставщика продукции и поставляемой им продукции для заказчика обязательны, какие – желательны, какие – нежелательны, а какие – неприемлемы, понимая и различая чётко желательные показатели и критерии от обязательных, нежелательных – от неприемлемых.

Проведя анализ [4, 5] рынка поставщиков продукции, можно выделить условно две большие группы:

– первая: характеризуется предложениями продукции со средним уровнем технологии, уровень которых определяется минимально потребным уровнем;

– вторая: обладает предложениями продукции с высоким уровнем технологий, уникальной высококачественной продукцией с принципиально новыми свойствами и возможностями.

Между этими группами конкуренция, как правило, невозможна, и поэтому возникает необходимость понимания способов оценки выбора поставщиков продукции. Для принятия решения на закупки продукции у конкретного поставщика (или у нескольких поставщиков) целесообразно рассматривать их рейтинговую оценку, расчёт которой предлагается производить по описанному в [6] методу. Также целесообразно составлять справочный индекс цен, где указывается расхождение стоимости у выбранных поставщиков продукции на рынке. Такие справочники желательно создавать и рассматривать для других выбранных показателей и критериев [3, 7], при этом необходимо акцентировать внимание на один из важных для заказчика показателей – показатель реализуемости требуемой продукции (R) [8, 9] поставщиком, который характеризуется следующими критериями:

$$R \in \{C, K, D, Z\}$$

где: C – цена продукции;

K – качество продукции;

D – число контактов с потенциальными клиентами;

Z – количество заявок, поступивших на реализацию продукции.

Основываясь на вышеизложенном, научную задачу порядка выбора (методики выбора) заказчиком продукции для созданий РЭА, можно сформулировать следующим образом [10, 11]: «На основе анализа требуемой для создания РЭА номенклатуры продукции и особенностей её оптимального подбора (предложения аналогов), определить приемлемую методику выбора продукции (M), удовлетворяющую показателям и критериям по цене, уровню качества, техническим и экономическим параметрам, при которых максимально обеспечиваются требуемые заказчиком технические характеристики выбираемой продукции». В этом и заключается новизна предлагаемого подхода.

В общем случае задача должна решаться путём определения показателей продукции (P), номенклатуры параметров продукции (N) к этим показателям, подлежащих анализу, и которую в самом общем виде можно описать моделью вида:

$$M \subset \{P, N\},$$

где: M – методика выбора продукция с заданными показателями, техническими и экономическими параметрами;

P – показатели продукции;

N – номенклатура параметров продукции.

Под показателями продукции будем понимать количественную характеристику (одного или нескольких) свойств продукции, входящих в её качество. Каждая продукция обладает своей номенклатурой показателей, которая зависит от назначения продукции, условий её применения, эксплуатации и многих других факторов.

Под номенклатурой параметров продукции будем понимать перечень характеристик свойств продукции,

выражающих её качественную определённость. Обоснование и назначение номенклатуры показателей является исходным моментом объективной комплексной оценки качества продукции [12].

Номенклатура параметров (N), используемых при оценке продукции, включает две обобщающие группы:

- технические параметры (характеризующие качество);
- экономические параметры.

Группа технических параметров (характеризующих качество) может содержать параметры назначения, нормативные параметры, эргономические параметры и параметры соответствия продукции требованиям ГОСТ.

Параметры назначения характеризуют функции, которые выполняет продукция, и область её применения. По данным параметрам судят о степени эффективности продукции и конструктивных требованиях. Параметры назначения применяются только на этапе выбора области дальнейшего применения продукции. Они служат базой для анализа и в дальнейших расчётах не участвуют.

Нормативные параметры характеризуют свойства продукции, которые регламентируются обязательными нормами, стандартами и законодательством на рынке (патентной чистоты, экологические параметры, параметры безопасности).

Эргономические параметры характеризуют продукцию с точки зрения комплексного восприятия её человеческим организмом при применении (гигиенические, антропометрические, физиологические, проявляющиеся в бытовых процессах и др.). Как правило эти параметры не характерны для рассматриваемой области применения, но их надо иметь в виду.

Параметры соответствия продукции требованиям ГОСТ характеризуют свойства продукции, которые регламентируются в ГОСТ.

К группе экономических параметров могут относиться параметры потребности (спрос, предложения) продукции на рынке, ценовые параметры (возможны и другие параметры) [9].

Оценка выбираемой продукции производится по целевым, техническим, экономическим показателям продукции (P) сравнительного ряда путём сопоставления параметров анализируемой продукции.

Сравнительный ряд продукции может включать:

- показатели целевого назначения;
- технические показатели;
- экономические показатели.

При оценке уровня качества продукции используются дифференциальный или комплексный методы оценки [8, 13].

Дифференциальный метод, при котором оценка продукции производится по сопоставлению единичных параметров анализируемой продукции и сравнительного ряда (или базовый образец с заданными параметрами).

За базовую оценку продукции могут приниматься условия и требования заказчика продукции.

Результат оценки:

- достигнут или не достигнут уровень базовой оценки в целом;
- по каким параметрам уровень базовой оценки не достигнут;
- какие из параметров наиболее сильно отличаются от базовой оценки.

Если за базовую оценку принимаются условия и требования заказчика, расчёт единичного показателя удовлетворённости продукцией (применимости именно этой продукции) производится по формуле:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{io}} \cdot 100\% \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (1)$$

где: q_i – единичный параметрический показатель приемлемости по i -му параметру;

P_i – величина i -го параметра для анализируемой продукции;

P_{io} – величина i -го параметра, при котором требования к продукции удовлетворяется полностью (100 %);

n – количество параметров.

Анализ результатов оценки:

а) при оценке по нормативным параметрам единичный показатель может принимать только два значения: 1 или 0. Если анализируемая продукция соответствует обязательным нормам и стандартам, показатель равен 1, если параметр продукции в нормы и стандарты не укладывается, то показатель равен 0;

б) при оценке по техническим и экономическим параметрам единичный показатель может быть больше или равен 1, если базовые значения параметров установлены нормативно-технической документацией и специальными условиями;

в) если анализируемая продукция имеет параметр, значение которого превышает потребности заказчика, обусловленные техническими параметрами этой продукции, то указанное повышение не должно оцениваться как преимущество и единичный показатель не может иметь значения больше 100 % и при расчётах должно использоваться значение параметра не более 100 %;

г) если технические параметры продукции не имеют физической меры (например, масса-габариты, внешний вид и др.), для придания этим параметрам количественных характеристик необходимо использовать экспертные методы оценки в баллах.

Дифференциальный метод позволяет лишь констатировать факт приемлемости анализируемой продукции или наличия у неё недостатков по сравнению с другой продукцией.

Комплексный метод, при котором оценка продукции основывается на применении комплексных (групповых, обобщённых и интегральных) показателей.

Расчёт группового показателя по нормативным параметрам производится по формуле:

$$I_{гп} = \prod_{i=1}^n q_{ni}, \quad (2)$$

где: $I_{гп}$ – групповой показатель приемлемости по нормативным параметрам;

q_{ni} – единичный показатель приемлемости по i -му нормативному параметру, рассчитывается по формуле (1);

n – число нормативных параметров, подлежащих оценке.

Анализ результатов:

а) если хотя бы один из единичных показателей равен 0 (продукция по какому-либо параметру не соответствует требованиям заказчика), то групповой показатель также

равен 0, что говорит о несоответствии данной продукции предъявляемым требованиям заказчика.

Расчёт группового показателя по техническим параметрам (кроме нормативных) производится по формуле:

$$I_{гп} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot a_i, \quad (3)$$

где: $I_{гп}$ – групповой показатель приемлемости по техническим параметрам;

q_i – единичный показатель приемлемости по i -му техническому параметру, рассчитывается по формулам (1);

a_i – весомость i -го параметра в общем наборе из n технических параметров, характеризующих потребность;

n – число параметров, участвующих в оценке.

Анализ результатов:

а) полученный групповой показатель $I_{гп}$ характеризует степень соответствия данной продукции существующей потребности заказчика по всему набору технических параметров – чем он выше, тем в целом полнее удовлетворяются требования заказчика;

б) основой для определения весомости каждого технического параметра в общем наборе параметров являются экспертные оценки, основанные на результатах рыночных исследований, спросов, семинаров, выставок образцов продукции и др.;

в) в случае трудностей, возникающих при проведении рыночных исследований, а также в целях упрощения расчётов и проведения ориентировочных оценок продукции из технических параметров может быть выбрана наиболее весомая группа параметров или применён комплексный параметр, который в дальнейшем участвует в сравнении образцов продукции.

Расчёт группового показателя по экономическим параметрам производится по формуле:

$$I_{эп} = \frac{З}{З_0}, \quad (4)$$

где: $I_{эп}$ – групповой показатель по экономическим параметрам;

$З$ – затраты заказчика (цена) по оцениваемой предлагаемой продукции;

$З_0$ – затраты (цена) образца продукции.

Расчёт интегрального показателя реализуемости производится по формуле:

$$K = I_{гп} \cdot \frac{I_{гп}}{I_{эп}}, \quad (5)$$

где: K – интегральный показатель закупаемой продукции по отношению к другим образцам сравнительного ряда.

Если $K < 1$, то рассматриваемая продукция уступает требуемому заказчиком образцу, а если $K > 1$, то превосходит при равной приемлемости $K = 1$.

Заключение

Таким образом, применяя предложенные подходы и методы, в т. ч. смешанного метода оценки, представляющего собой сочетание дифференциального и комплексного методов выбора (реализуемости) продукции, получаем приемлемую методику выбора номенклатуры продукции, удовлетворяющей требованиям по цене, уровню качества, техническим и экономическим параметрам, при которых соблюдаются требуемые заказчиком характеристики выбираемой продукции.

Литература

1. Феоктистова Е. М., Красюк И. Н. Маркетинг: теория и практика. М: Высшая школа, 1993 г.
2. Липсиц И. В. Бизнес-план – основа успеха. М: Машиностроение, 1993 г., 80 с.
3. Орехов Н. А., Лаврухина Н. В. Оценка конкурентоспособности промышленной продукции. Калуга: МГТУ, 1997 г., 38 с.
4. Булгаков О. Ю., Подъяпольский С. Б. Одна из методик оценки качества функционирования СМК поставщиков ЭКБ. Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения, Мытищи, № 3, 2021 г., с. 18–21.
5. Подъяпольский С. Б., Осипова Е. М. Сертификация систем менеджмента качества как элемент комплексной системы обеспечения качества ЭКБ. Радиоэлектронная

отрасль: проблемы и их решения, Мытищи, № 3, 2021 г., с. 21–24.

6. Булгаков О. Ю. Методика выбора квалифицированных поставщиков электронной компонентной базы. Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения, Мытищи, № 4, 2021 г., с. 31–37.

7. Моисеева Н. К., Анискин Ю. П. Современное предприятие: конкурентоспособность, маркетинг, обновление. М: Внешторгиздат, 1993, 304 с.

8. Басанский, М. В. Информационные системы управления закупками / М. В. Басанский // Экономикс. 2013 г., № 2., с. 13–18.

9. Тейлор Д. Основы научного менеджмента. М: Высшая школа, 1991 г.

10. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. М.: Дело, 1999, 800 с.

11. Ларин А. А., д. т. н., профессор. Модели и методы их оценки, ч. 1. Процессы и системы. М.: ВАД, 1995, 248 с.

12. Мескон М. Х., Альберт М. Основы менеджмента. М: Высшая школа, 1988 г.

13. Кретова, Н. Н., Третьякова Н. С. Методика исследования системы управления закупками на предприятии / Н. Н. Кретова, Н. С. Третьякова // ЭКОНОМИНФО. 2011 г., № 16, с. 63–67.

УДК 006.91

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ЗАДАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ

NORMATIVE-LEGAL REGULATION OF THE PROCEDURE OF THE TASK OF THE METROLOGICAL REQUIREMENTS TO TECHNICAL OBJECT

Храменков В. Н., д. т. н., профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России;
Щеглов В. А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Khramenkov V. N., d. t. s., professor, FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia;
Shcheglov V. A., FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia

Аннотация. В статье рассмотрены нормативно-правовое регулирование процесса задания метрологических требований, эволюция номенклатуры метрологических требований, включаемых в техническое задание на создание технического объекта. Показаны место и роль метрологических требований в повышении эффективности использования технического объекта в процессе эксплуатации, а также их трансформация в соответствии с изменениями нормативной правовой базы в области обеспечения единства измерений.

Abstract. In article are considered normative-legal regulation of the process of the task of the metrological requirements, evolution of the nomenclature of the metrological requirements, comprised of the technical requirement on making the technical object. They are shown place and role of the metrological requirements in increasing of efficiency of the use the technical object in process of the usages, as well as their transformation in accordance with change the normative legal base in the field of provision unity measurements.

Ключевые слова: метрологические требования, технический объект, метрологическое обеспечение, единство измерений, измерения, средства измерений.

Keywords: metrological requirements, technical object, metrological provision, unity of the measurements, measurements, facility of the measurements.

Введение

Включение в состав технического задания на разработку технического объекта требований к метрологическому обеспечению в составе

требований к видам его обеспечения началось ещё в прошлом веке и было обусловлено прежде всего, в связи с усложнением аппаратуры, использованием в разрабатываемом объекте всё более тонких



Храменков В. Н.



Щеглов В. А.

и глубинных процессов получения и преобразования энергии и информации. Это приводит к необходимости проведения многочисленных и точных измерений параметров образца и технологических процессов при его создании как на этапах разработки и производства технического объекта, так и в процессе его эксплуатации. Как отмечается в [1], продолжительность, объём и точность измерений в значительной мере определяют научно-технический уровень, сроки и стоимость разработки, качество и стабильность технологических процессов разработки и производства объектов, продолжительность подготовки их к применению по назначению и эффективность функционирования в процессе применения. Получаемая путём измерений информация о соответствии объекта установленным требованиям используется для выбора наиболее эффективного режима использования объекта, контроля его работоспособности, исправности или правильного функционирования, прогнозирования технического состояния, поиска отказавших или неисправных элементов, настройки, регулировки, юстировки, предупреждения персонала об аварийных ситуациях. Вместе с тем, проведение измерений при разработке, производстве и эксплуатации объекта сопровождается значительными временными, трудовыми и материальными затратами, а также непроизводительным расходом его ресурса. Следовательно, влияние метрологического обеспечения на готовность и эффективность объекта способствует, с одной стороны, повышению достоверности измерительного контроля его технического состояния, а с другой – снижает его готовность к применению вследствие увеличения объёма измерений при подготовке объекта к применению на этапе его эксплуатации. Как показано в [1], существует оптимальный (рациональный) вариант метрологического обеспечения объекта, при котором достигается его наивысшая эффективность и готовность к применению при заданных объёмах и точности проведения измерений параметров объекта при его метрологическом обеспечении. При этом выбор объёма измерений и их точности должен проводиться на этапе проектирования объекта, когда его облик известен лишь в общих чертах, а методом решения этих задач является поиск и использование фундаментальных закономерностей в процессах метрологического обеспечения эксплуатации технических объектов и систем, а также заимствование прошлого опыта организации эксплуатации средств измерений и работ по обеспечения их качества.

Разработку объекта и планирование его метрологического обеспечения следует осуществлять одновременно, однако неопределённость и недостаточность исходных данных создают трудности.

Основная часть

Исходя из вышеизложенного, разработку технического объекта и планирование его метрологического обеспечения необходимо осуществлять одновременно. Основной проблемой при этом является априорная неопределённость при планировании метрологического обеспечения разрабатываемого объекта, вызванная недостатком исходных данных о его конструктивном облике, составе и характере взаимодействующих составных частей, требований к его надёжности, числу и номенклатуре измеряемых параметров объекта при его эксплуатации.

Опыт эксплуатации и результаты метрологической экспертизы эксплуатируемых объектов свидетельствуют, что многие недостатки в их метрологическом обеспечении обусловлены тем, что в технических заданиях на их проектирование не включались требования к его метрологическому обеспечению [1]. Естественно, что отсутствие требований, устанавливаемых заказчиком объекта, приводило к тому, что решения по организации и проведению его метрологического обеспечения в процессе эксплуатации принимались разработчиком объекта. Однако, как показала практика, даже наилучшие частные решения, принимаемые разработчиком в части метрологического обеспечения, не приводили к оптимальным конечным результатам, т. е. к максимально возможному повышению готовности и эффективности объекта, поскольку разработчики не имели в полной мере информации о требуемых значениях метрологических показателей объекта, стратегиях его эксплуатации и условий применения.

Для устранения отмеченных недостатков в конце 1970-х гг. были разработаны нормативные документы, устанавливающие номенклатуру показателей по метрологическому обеспечению, задаваемых в технических заданиях на разработку объекта, и методы обоснования их требуемых значений. Так, в соответствии с [2] подраздел «Требования к метрологическому обеспечению» технического задания на разработку объекта включал:

- количественные значения технических показателей метрологического обеспечения объекта (точность измерений и достоверность измерительного контроля, продолжительность и периодичность измерений параметров, массогабаритные показатели средств измерений и измерительного контроля и др.);
- количественные значения технико-экономических показателей (трудоемкость измерений, стоимость измерений и средств измерений и др.);
- требования к методам (методикам) измерений и измерительного контроля параметров и характеристик объекта (обеспечение требуемой точности и (или) достоверности, надёжности, быстродействия, простоты аппаратурной реализации, аттестации методик измерений, степени автоматизации и унификации и др.);
- требования к измерительной системе (системе измерительного контроля) для комплектации объекта

(назначение и решаемые задачи системы, вид используемых средств измерений и измерительного контроля, допустимые значения показателей метрологического обеспечения, степень автоматизации измерительного контроля, способы взаимодействия и информационного обмена и др.);

- требования к средствам измерений и измерительного контроля для комплектации объекта, а при отсутствии необходимых средств измерений указываются метрологические и эксплуатационные характеристики средств измерений, подлежащих разработке для комплектации объекта;

- требования к метрологической, электрической, информационной, конструктивной и эксплуатационной совместимости системы (средств) измерений и измерительного контроля с объектом;

- требования к методам и средствам поверки и ремонта средств измерений (возможность выполнения поверки и ремонта метрологическими службами заказчика, согласованность периодичности их проверки с периодичностью технического обслуживания объекта);

- требования к метрологическому обеспечению испытаний опытного образца объекта;

- требования к организации метрологической экспертизы на этапах опытно-конструкторской работы по созданию объекта;

- требования к программе метрологического обеспечения разработки объекта (задачи метрологического обеспечения на этапах жизненного цикла, сроки их выполнения, виды отчётности, состав исполнителей), метрологическому сопровождению опытно-конструкторской работы по созданию объекта.

Вместе с тем опыт обоснования и задания требований к метрологическому обеспечению эксплуатации объекта показал, что ряд показателей, которые в [2] отнесены к показателям метрологического обеспечения, являются показателями системы технического обслуживания объекта, и задаются в других разделах технического задания. Например, продолжительность измерений параметров объекта учитывается в более интегральном показателе, т. е. в продолжительности технического обслуживания.

В итоге в техническом задании на разработку объекта заказчики задавали требования к его метрологическому обеспечению только в части обоснования и организации измерений параметров объекта и обеспечению единства измерений [1].

Ситуация существенно изменилась с принятием федерального закона «Об обеспечении единства измерений» в 1993 г. [3] и федерального закона «О техническом регулировании» в 2002 г. [4]. Требования по метрологическому обеспечению, задаваемые согласно [2], в котором требования к обоснованию и организации измерений параметров объекта и обеспечению качества измерений рассматриваются как требования к его метрологическому обеспечению, а не к измерениям его параметров как форме оценки соответствия согласно [4]. Тем самым метрологическое обеспечение, будучи обеспечивающей деятельностью, включало в себя и сам объект метрологического обеспечения, т. е. измерения и средства измерений. При этом сами измерения, как вид деятельности и форма оценки соответствия

обязательным требованиям, исчезают, превращаясь в требования к метрологическому обеспечению объекта.

Установленная в [3] сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, к которым в целях защиты прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений устанавливаются обязательные метрологические требования и которые проводятся, в частности, при выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством о техническом регулировании [4]. Обязательные метрологические требования включают требования к характеристикам, влияющим на результат и показатели точности измерений параметров объектов, эталонов единиц величин стандартных образцов, средств измерений, а также к условиям, при которых эти характеристики должны быть обеспечены и которые устанавливаются нормативными правовыми актами, обязательными для соблюдения на территории Российской Федерации.

Обязательные метрологические требования, определяющие сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений, устанавливаются согласно [3] нормативными правовыми актами Российской Федерации. К сфере государственного регулирования относится также выполнение работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством РФ о техническом регулировании [4]. Например, в техническом задании на создание объекта включают обязательные требования к влияющим на результат и показатели точности измерений характеристикам (параметрам) измерений, эталонов единиц величин стандартных образцов, средств измерений, а также к условиям, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены.

В результате в нарушение законодательств РФ о техническом регулировании [3] и об обеспечении единства измерений [4] объектом метрологического обеспечения в [2] считается сам разрабатываемый объект, а не измерения его параметров. Таким образом, подмена основной деятельности (измерений и испытаний) обеспечивающей деятельностью по метрологическому обеспечению объектов нарушает системный подход к их чёткому разграничению, размывает полномочия и ответственность должностных лиц и организационных структур за их осуществлением с отрицательными последствиями для качества разработки технического объекта и его эксплуатации.

Анализ нормативных правовых основ и деятельности по организации и проведению измерений параметров объектов и связанных с ними процессов, обеспечению единства измерений и метрологическому обеспечению показал, что перечисленные виды деятельности для сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений определяются:

- федеральным законом о техническом регулировании [4] в части организации и выполнения измерений как формы оценки соответствия объектов и процессов установленным обязательным требованиям;

– федеральным законом об обеспечении единства измерений [3] в части обеспечения единства измерений, точности и достоверности их результатов;

– федеральным законом о стандартизации [5] в части стандартизации процедур измерений и обеспечения их качества;

– многочисленными нормативными правовыми актами Российской Федерации (указами Президента РФ, постановлениями Правительства РФ, приказами Минпромторга России и др.) в части установления основ системы оценки соответствия технических объектов, включая измерения их параметров, и основ обеспечения единства измерений в сфере государственного регулирования;

– рядом документов по стандартизации оборонной продукции в части установления понятия метрологического обеспечения и организации соответствующей деятельности.

Нормативными правовыми основами обеспечения единства измерений технических объектов являются федеральный закон об обеспечении единства измерений и многочисленные нормативные правовые акты, принятые в его развитие.

Организационную основу обеспечения единства измерений технических объектов составляют федеральные органы исполнительной власти, уполномоченные решать задачи обеспечения единства измерений, и находящиеся в их ведении метрологические организации, метрологические службы и поверочные органы, а также юридические лица, аккредитованные в области обеспечения единства измерений.

Технической основой обеспечения единства измерений объектов является метрологическая техника, состоящая из эталонов единиц величин всех уровней точности, метрологических комплексов, поверочных установок и других средств поверки, включая средства измерений, стандартные образцы и вспомогательное оборудование, применяемые для выполнения поверочных работ.

Закон Российской Федерации [3] и подзаконные акты определили измерения параметров продукции и соответствующие средства измерений как объекты обеспечения единства измерений, а закон Российской Федерации [4] и подзаконные акты определили измерения, контроль качества и испытания формами оценки соответствия продукции и процессов установленным к ним обязательным требованиям, при этом в законодательствах об обеспечении единства измерений и о техническом регулировании понятие «метрологическое обеспечение» и соответствующая деятельность не применяются.

В связи с этим при установлении и реализации метрологических требований необходимо руководствоваться следующими принципами системного подхода к определению основной и обеспечивающей видов деятельности:

– измерения параметров объектов и процессов их испытаний и эксплуатации, средства измерений и испытательное оборудование находятся вне обеспечивающей их метрологическое качество деятельности по обеспечению единства измерений;

– техническую основу измерений параметров объектов образуют все виды средств измерений военного

назначения, а испытаний – испытательное оборудование и технические системы и комплексы полигонов. Техническую основу обеспечения единства измерений образуют все виды военной метрологической техники;

– должно обеспечиваться разграничение полномочий и ответственности при выполнении измерений параметров объектов и процессов и применяемых для этого средств измерений, и метрологических служб, обеспечивающих метрологическое качество измерений и средств измерений.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, требования к метрологическому обеспечению технического объекта, включаемые в техническое задание по его созданию, должны состоять из двух разделов:

– обязательные метрологические требования к организации измерений параметров технического объекта, который является объектом обеспечения единства измерений;

– обязательные метрологические требования к организации обеспечения единства измерений, точности и достоверности результатов измерений, определяющих метрологическое качество измерений и средств измерений.

Кроме того, в подраздел «Требования к метрологическому обеспечению» технического задания на разработку объекта должны дополнительно включаться также требования к:

– установлению измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений для конкретного разрабатываемого технического объекта;

– организации сокращённой поверки универсальных средств измерений общего применения, входящих в состав объекта;

– порядку отнесения технических средств к средствам измерений и индикаторам;

– установлению интервала между поверками для средств измерений, не подлежащих бездемонстрационной поверке, и для других средств измерений;

– установлению диапазонности измерений параметров объекта;

– порядку отнесения технических средств к техническим системам с измерительными функциями;

– установлению обязательных метрологических требований к программному обеспечению измерений.

Литература

1. Сычев Е. И., Томилев Ю. Ф., Храменков В. Н. Планирование метрологического обеспечения технических систем. – Архангельск, изд-во АГТУ, 1998, 288 с.

2. ГОСТ 15.016–2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

3. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями и дополнениями от 27 октября 2020 г. Федерального закона № 348-ФЗ).

4. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

5. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».



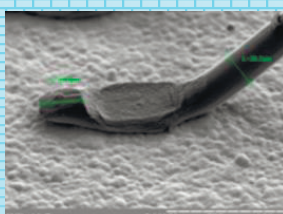
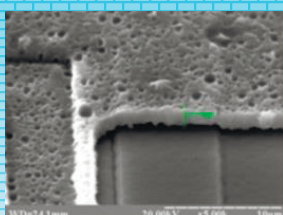
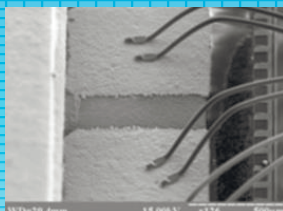
«АКНИИПО»

Испытания

Исследования

Экспертиза

Сертификация



- Проведение входного контроля электрорадиоизделий;
- Проведение дополнительных отбраковочных и диагностических испытаний электрорадиоизделий;
- Проведение выборочного разрушающего анализа электрорадиоизделий;
- Разработка программного обеспечения для проведения испытаний электрорадиоизделий;
- Оказание услуг по оптимальному выбору импортных электрорадиоизделий;
- Выпуск технической и сопроводительной документации на импортные электрорадиоизделия;
- Организация проведения испытаний импортных электрорадиоизделий.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Наш адрес: РФ, 127287, г.Москва, 1-я Хуторская улица, д.8А. (метро «Дмитровская»)
Тел./Факс: +7(499)152-60-81
E-mail: office@akniipo.ru

АРМИЯ | 2022

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ

КВЦ «ПАТРИОТ» | 15 – 21 АВГУСТА

КРУГЛЫЙ СТОЛ 16 августа 2022 г.

с 15:00 до 19:00 (зал С2)

ФГБУ «ВНИИР» активный участник форума в рамках конгресса «Диверсификация ОПК «Роль ФГБУ «ВНИИР» в формировании унифицированной экосистемы отрасли ЭКБ» – тема круглого стола

Стенд 5В5-3 ФГБУ «ВНИИР»

