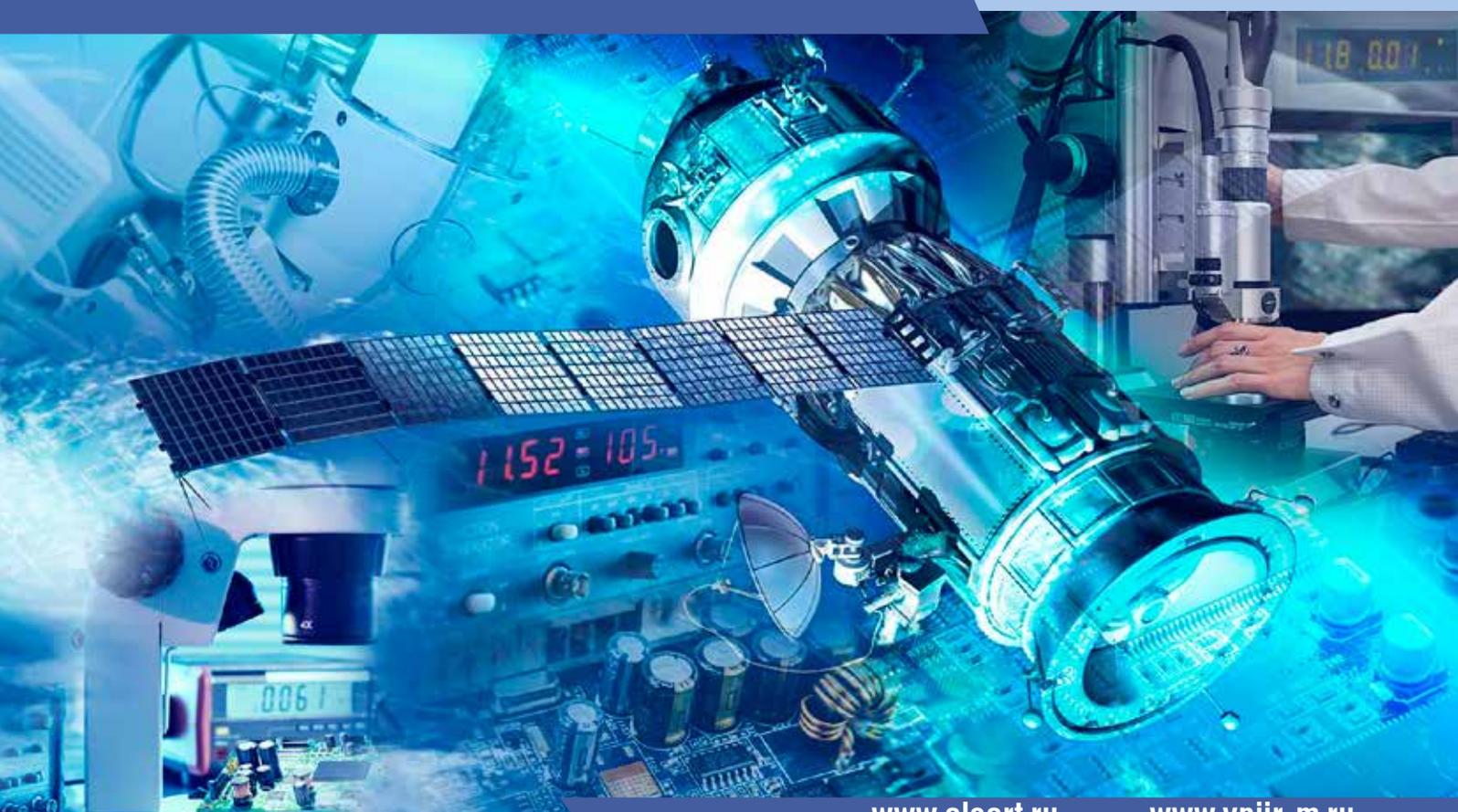


1
2021

РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ



www.elsert.ru

www.vniir-m.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

КОМПЕТЕНТНЫЕ МНЕНИЯ
КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ
СЕРТИФИКАЦИЯ, АТТЕСТАЦИЯ, КВАЛИФИКАЦИЯ
ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА

ФГУП «МНИИРИП» 55 ЛЕТ



КВАЛИФИЦИРОВАННАЯ ЭКСПЕРТИЗА
ПО БОЛЕЕ ЧЕМ 340 000 ТИПОВ ЭКБ
ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

БОЛЕЕ

1000

НИР И ОКР ЗА 10 ЛЕТ

ЗА 2013–2020 ГОДЫ БЫЛО СОПРОВОЖДЕНО
БОЛЕЕ 600 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ
ПО ГОСУДАРСТВЕННЫМ ПРОГРАММАМ

56

ЕДИНИЦ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

110

ЕДИНИЦ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ



БОЛЕЕ

400

ЭКЗЕМПЛЯРОВ ПЕРЕЧНЯ ЭКБ
ИЗГОТAVЛИВАЮТСЯ
И РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ
ЕЖЕГОДНО



РОП и Р 1/ 2021 (Основан в 2021 году)

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–80418 от 09 февраля 2021 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
К. И. Сучков, директор ФГУП «МНИИРИП»
С. И. Боков, доктор экономических наук
А. В. Брыкин, доктор экономических наук
В. М. Исаев, доктор технических наук
Г. Я. Красников, доктор технических наук
А. С. Сигов, академик РАН
А. А. Рахманов, доктор технических наук
С. В. Щербаков, кандидат технических наук

Главный редактор:

О. Ю. Булгаков, кандидат военных наук

Редакционная коллегия:

А. С. Афанасьев, кандидат технических наук
В. В. Быканов, кандидат технических наук
М. А. Захарова, член Союза журналистов РФ
А. П. Зверев, кандидат технических наук
А. И. Корчагин, кандидат технических наук
Р. Г. Левин, кандидат физико-математических наук
С. С. Милосердов, кандидат технических наук
С. Б. Подъяпольский, кандидат технических наук
Д. А. Руденко, кандидат военных наук
Ю. В. Рубцов, руководитель секции МСГК по ЭКБ
Л. А. Фёдорова, академик Академии проблем качества

Дизайн и вёрстка:

Е. С. Зубарева, ведущий специалист

Корректур:

Н. В. Зубарева, старший специалист

Адрес редакции: ул. Колпакова, д. 2 А,
г. Мытищи, Московская обл., Россия, 141002
Тел./факс: +7 (495) 586-17-21/+7 (495) 588-69-61

Отпечатано

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

Сдано в набор 02.04.2021

Подписано в печать 20.04.2021

Тираж 250 экз.

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

Совместное учреждение и издание Федерального государственного унитарного предприятия «Мытищинский научно–исследовательский институт радиоизмерительных приборов» (ФГУП «МНИИРИП») и Автономной некоммерческой организации «Центр сертификации, обучения и консалтинга «Электронсертифика» (АНО «Электронсертифика»). Журнал выпускается при поддержке Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ, Российского технологического университета – МИРЭА, межведомственного Совета главных конструкторов по электронной компонентной базе (МСГК по ЭКБ).

СОДЕРЖАНИЕ

Шпак В. В., заместитель Министра промышленности и торговли Российской Федерации.....2
Сучков К. И., директор ФГУП «МНИИРИП».....3
Булгаков О. Ю., директор АНО «Электронсертифика».....3

КОМПЕТЕНТНЫЕ МНЕНИЯ

Сучков К. И., *Невский А. А.*, *Рубцов Ю. В.* Развитие системных мероприятий управления качеством и надёжностью электронной компонентной базы по направлениям сбора, обработки и анализа информации с этапов производства, применения и эксплуатации.....4
Афанасьев А. С., *Боков С. И.*, *Рубцов Ю. В.* О необходимости механизма контроллинга в обеспечении управления информацией по отказам ЭКБ в РЭА широкого применения...7
Булгаков О. Ю., *Подъяпольский С. Б.* II научно–техническая конференция в области комплекса работ по обеспечению качества и надёжности ЭКБ. Подготовка профильных специалистов. Итоги, направления и пути развития.....10

КАЧЕСТВО И НАДЁЖНОСТЬ

Сучков К. И., *Булгаков О. Ю.*, *Быканов В. В.*, *Есакова М. М.* Обеспечение единства измерений электрических параметров полупроводниковых материалов для микро- и наноэлектроники13
Булгаков О. Ю., *Быканов В. В.*, *Есакова М. М.*, *Назаркина А. В.* Значение метрологического обеспечения в радиоэлектронной отрасли и его совершенствование.....16

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Чупринов А. А., *Колядин А. И.* Направления развития электронных информационных ресурсов радиоэлектронной отрасли.....18

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ

Смирнов В. И., *Сергеев В. А.*, *Гавриков А. А.* Методы и средства измерения теплового сопротивления полупроводниковых приборов и интегральных схем.....22
Сашов А. А., *Кулибаба А. Я.*, *Булаев И. Ю.* Опыт подготовки и проведения испытаний современных интегральных микросхем.....28

СЕРТИФИКАЦИЯ, АТТЕСТАЦИЯ, КВАЛИФИКАЦИЯ

Подъяпольский С. Б., *Косенюк В. М.* Новое в требованиях ЭС РД 010-2020.....30

ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА

Зверев А. П., *Булгаков В. О.* Основные направления использования радиорелейной связи в МЧС России.....32
Доцник С. Г., *Ефремова А. А.*, *Менько Е. В.* Оценка грибостойкости различных материалов изоляции, применяемых при изготовлении проводов.....35



Уважаемые коллеги!

Рад приветствовать Вас на страницах Журнала «РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ», выпускаемого при поддержке Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, а также с участием межведомственного Совета главных конструкторов по ЭКБ и Российского технологического университета – МИРЭА и включённого в Российский индекс научного цитирования.

Журнал является совместным изданием Федерального государственного унитарного предприятия «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов», головной научно-исследовательской организацией Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России в области ЭКБ, и Автономной некоммерческой организации «Электронсертифика», являющейся активным участником функционирования Системы добровольной сертификации «Электронсерт».

Мы уверены, что научно-технический журнал станет одной из научных площадок для публикации статей и информации в области новых разработок и создания современного производства ЭКБ и РЭА, обсуждений путей решения проблемных вопросов в области качества и надёжности, совершенствования и внедрения нормативно-методической базы обеспечения создания новой ЭКБ, эффективности деятельности СДС «Электронсерт».

Журнал ориентирован на руководителей различного уровня, научных и инженерно-технических работников, студентов ВУЗ в сфере разработки, производства, испытаний ЭКБ для РЭА и в смежных областях.

Мы приглашаем Вас к обсуждению реализации мероприятий управления и программно-целевого планирования развития радиоэлектронной отрасли.

Надеюсь, что на страницах журнала «РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ» Вы сможете погрузиться в наиболее насущные, важные вопросы развития нашей отрасли и предложить решение проблем во благо повышения качества разрабатываемой, выпускаемой и поставляемой ЭКБ для РЭА.

С уважением,
заместитель Министра
промышленности и торговли Российской Федерации

В. В. Шпак



Уважаемые коллеги!

Приветствую Вас на страницах нового научно-технического журнала, ориентированного на тематику радиоэлектронной отрасли промышленности!

Отвечая современной концепции развития научно-технического потенциала отрасли, ФГУП «МНИИРИП» с достоинством реализует миссию научного обеспечения, межведомственной методической координации работ по созданию и проведению исследований (испытаний) изделий ЭКБ.

В последние годы ФГУП «МНИИРИП» в рамках развертывания функций головной научно-исследовательской испытательной организации Минпромторга России в области ЭКБ организован ряд круглых столов и конференций по актуальным вопросам деятельности предприятий и организаций радиоэлектронной отрасли. Анализ результатов этой работы с учётом задач, поставленных перед отраслью в «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года», установил необходимость дополнения системы взаимодействия с предприятиями элементом в формате издания научно-технического журнала. В его названии заложена целевая функция: выявление научно-технических и прикладных проблем по отдельным направлениям, обсуждение и выработка предложений их решения.

Будем рады Вашему активному участию в опубликовании и обсуждении научно-технических трудов, решений проблемных вопросов в области разработки и производства ЭКБ и РЭА на страницах журнала на благо развития отрасли нашими совместными усилиями!

С уважением,
директор ФГУП «МНИИРИП» К. И. Сучков




Уважаемые читатели нашего журнала!

С большим удовольствием представляем Вам средство массовой информации – журнал «РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ», учреждённый совместно АНО «Электронсертифика» с ФГУП «МНИИРИП».

Обмен опытом и мнениями на страницах журнала о практике и способах повышения результативности, эффективности СМК на предприятиях радиоэлектронной отрасли, как инструмента обеспечения качества ЭКБ для ВВСТ, позволит оптимизировать пути внедрения требований ГОСТ Р ИСО 9001–2015, ГОСТ РВ 0015–002 и других вновь разработанных нормативных документов.

Осуществляя работу по сертификации СМК предприятий разработчиков, производителей, поставщиков ЭКБ, мы отмечаем положительную динамику в повышении качества деятельности организаций и надеемся, что Вы охотно будете делиться своим опытом, знаниями и наработками.

Являясь организацией, имеющей лицензию на осуществление образовательной деятельности и проведение дополнительного профессионального образования, АНО «Электронсертифика» понимает необходимость формирования программ обучения для предприятий отрасли по наиболее проблемным вопросам обеспечения квалификации персонала и предлагает Вам совместно определять наиболее актуальные вопросы и темы.

Приглашаю Вас к активному участию в работе нашего журнала, желаю всем удачи и творческих успехов.

С уважением,
директор
АНО «Электронсертифика» О. Ю. Булгаков



УДК 621.38

РАЗВИТИЕ СИСТЕМНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И НАДЁЖНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ СБОРА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ С ЭТАПОВ ПРОИЗВОДСТВА, ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
DEVELOPMENT OF SYSTEM MEASURES FOR MANAGING THE QUALITY AND RELIABILITY OF THE ELECTRONIC COMPONENT BASE IN THE AREAS OF COLLECTING, PROCESSING AND ANALYZING INFORMATION FROM THE PRODUCTION STAGES, APPLICATIONS AND OPERATIONS

Сучков К. И., Невский А. А., ФГУП «МНИИРИП»; Рубцов Ю. В., АО «ЦКБ «Дейтон»
Suchkov Konstantin I., Nevskiy Artem A., FSUE «MNIIRIP»; nevskiy@mniirip.ru; +7 (495) 586-17-21;
Rubtsov Uriy V., JSC «CDB «Deyton»; rubtsov@deyton.ru; +7 (499) 735-13-19

Целью настоящей статьи является анализ состояния развития системных мероприятий управления качеством и надёжностью электронной компонентной базы по направлениям сбора, обработки и анализа информации о её качестве и надёжности с этапов производства, применения и эксплуатации.

The purpose of this article is to analyze the state of development of system measures for managing the quality and reliability of the electronic component base in the areas of collecting, processing and analyzing information about its quality and reliability from the stages of production, application and operation.

Ключевые слова: электронная компонентная база, качество, надёжность, сбор, обработка, анализ, информация о качестве и надёжности электронной компонентной базы, отказы изделий электронной компонентной базы.

Keywords: electronic component database, quality, reliability, collection, processing, analysis, information about the quality and reliability of electronic component base, electronic component base failures.



Невский А. А.

В рамках развития системных мероприятий по управлению качеством и надёжностью электронной компонентной базы Секции координации работ по управлению качеством, сертификации и техническому контролю в области электронной компонентной базы межведомственного Совета главных конструкторов по электронной компонентной базе (далее – МСГК) поставлена задача формирования «Концепции обеспечения надёжности электронной компонентной базы». Проект Концепции разработан в 2020 году с участием ведущих специалистов отрасли промышленности по электронной компонентной базе (далее – ЭКБ), в том числе с привлечением специалистов высших учебных заведений, специализирующихся на подготовке кадров в области ЭКБ.

Проект документа был разослан в адреса более 2 000 организаций оборонно-промышленного комплекса, в том числе дизайн-центров (разработчиков) и изготовителей ЭКБ, разработчиков и изготовителей радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА), интегрированных структур и т. д.

По результатам анализа предложений и замечаний (более 500 отзывов) подтверждена актуальность и



Рис. 1. Схема сбора информации о качестве и надёжности ЭКБ с этапов производства, применения и эксплуатации на базе ФГУП «МНИИРИП»

необходимость разработки Концепции, проведена корректировка структуры, конкретизированы её задачи на краткосрочный и долгосрочные периоды.

ФГУП «МНИИРИП» предложено рассматривать системные мероприятия по мониторингу и оценке качества серийно изготавливаемой ЭКБ, как структурный элемент «Концепции обеспечения надёжности электронной компонентной базы», в том числе позволяющий оценить правильность принятых конструктивно-технологических решений при разработке изделий ЭКБ, соответствие используемой технологической базы, методов и средств контроля (испытаний), установленным в конструкторской, технологической нормативно-технической документации требованиям.

Проведение централизованного сбора, обработки и управления информацией о качестве и надёжности ЭКБ, реализовано и апробировано ФГУП «МНИИРИП» с применением автоматизированной информационно-аналитической системы, созданной в рамках НИР «Качество-2015», выполненной по заказу Минпромторга России. АО «ЦКБ «Дейтон» реализует системные мероприятия по сбору,

обработке и управлению информацией о корпусах и конструкционных материалах, применяемых в ЭКБ.

Схема сбора информации о качестве и надёжности ЭКБ с этапов производства, применения и эксплуатации на базе ФГУП «МНИИРИП» приведена на рис. 1.

Структура системы содержит функциональные элементы, обеспечивающие решение следующих задач:

«МНИИРИП» интегрированы системы сбора данных о промышленных технологиях ЭКБ, производственных возможностях ЭКБ, корпусах для ЭКБ (АО «ЦКБ «Дейтон») и др.

Процессы сбора, обработки и управления информацией о качестве и надёжности установлены в проекте нормативно-методического документа

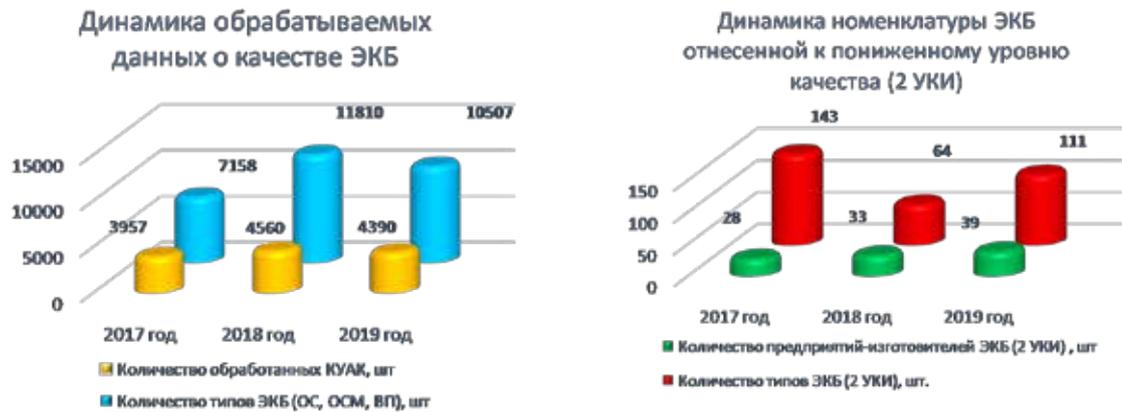


Рис. 2. Результаты проведения ежегодных системных работ по оценке уровня и динамики качества ЭКБ (2017–2019 гг.)

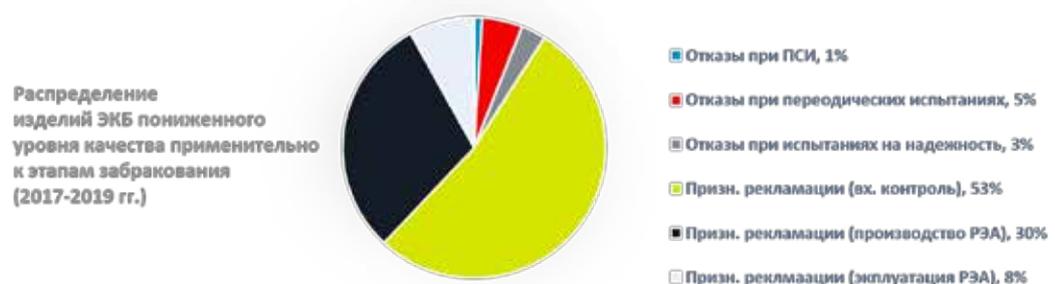


Рис. 3. Распределение изделий ЭКБ пониженного уровня качества применительно к этапам забраковки (2017–2019 гг.)

– получение информации о качестве и надёжности ЭКБ со всех этапов жизненного цикла;

– ввод, обработку, учёт и хранение данных о качестве и надёжности ЭКБ на основе карт унифицированных анализа качества и надёжности изделий ЭКБ (далее – КУАК);

– ежегодное пополнение и накопление информационно-аналитической базы о качестве ЭКБ;

– формирование и представление структурированных данных о качестве и надёжности ЭКБ по отдельным запросам федеральных органов исполнительной власти, предприятий оборонно-промышленного комплекса и т. д.;

– оценку уровня и динамики качества ЭКБ с применением автоматизированных процессов;

– формирование перечней и отчётности о качестве и надёжности ЭКБ.

ФГУП «МНИИРИП» осуществляет интегрирование актуальной информации о качестве и надёжности ЭКБ в единое информационное пространство радиоэлектронной промышленности по номенклатуре «Перечня ЭКБ» для идентификации данных о качестве и надёжности по каждому типу (типоминалу) и изготовителю ЭКБ с обеспечением возможности предоставления информации по годам. Вместе с тем в едином информационном пространстве радиоэлектронной промышленности на базе ФГУП

«Комплексная система контроля качества. Электронная компонентная база. Оценка качества», разработанного ФГУП «МНИИРИП» в рамках НИР «Качество-2015». Документ разослан в адреса предприятий отрасли с целью получения отзывов и предложений, сформирована сводка отзывов. Проведён анализ сводки, отзывы и предложения предприятий отрасли учтены в проекте документа. Ведутся работы по согласованию с федеральными органами исполнительной власти нормативного документа и его утверждению [2].

За период 2017–2020 гг. собрана и обработана с применением автоматизированных процессов информационно-аналитической системы более 12 000 КУАК для более 20 000 типов (типоминалов) изделий ЭКБ. Проведены мероприятия по доведению до предприятий отрасли результатов сбора и обработки информации, оценки уровня и динамики качества ЭКБ ФГУП «МНИИРИП», в том числе в формате совещаний, семинаров и круглых столов.

ФГУП «МНИИРИП» в перспективе будут размещены результаты ежегодных исследовательских работ по сбору, обработке и анализу информации, оценки уровня и динамики качества изделий ЭКБ на информационной площадке объединённого информационного пространства радиоэлектронной промышленности

с обеспечением доступа к ним предприятий отрасли [1].

Сбор информации о качестве и надёжности (в том числе об отказах ЭКБ) в настоящее время проводится общедоступными средствами коммуникаций.

С целью повышения оперативности и достоверности информации, а также для обеспечения политики цифровизации данных Российской Федерации необходима автоматизация сбора информации с помощью удалённых рабочих мест, расположенных на предприятиях отрасли. ФГУП «МНИИРИП» ведутся работы по обеспечению автоматизации сбора информации о качестве и надёжности ЭКБ для создания рабочих мест с применением информационно-технических средств и организации обучения ответственных сотрудников предприятий отрасли.

Результаты проведения ежегодных системных работ по оценке уровня, динамики качества ЭКБ и распределения изделий ЭКБ пониженного уровня качества применительно к этапам их забраковки за период 2017–2019 гг. представлены на рис. 2 и 3 [3].



Рубцов Ю. В.

Анализ причин отнесения изделий ЭКБ к пониженному уровню качества показал, что большая часть причин связана с признанными рекламациями, полученными предприятиями-изготовителями ЭКБ с этапов применения (входной контроль, производство и эксплуатация РЭА).

С целью проведения исследований существующих систем анализа причин отказов ЭКБ ФГУП «МНИИРИП» был направлен запрос в адреса более 400 предприятий отрасли о существующих системах организации и проведения работ по анализу причин отказов. Анализ полученных в ответ материалов с учётом опыта проведения научно-технических семинаров, конференций и круглых столов показал, что более 75 % предприятий производителей ЭКБ и РЭА подтвердили необходимость разработки комплекса актуальных нормативно-методических документов, устанавливающих требования к порядку проведения системных работ по анализу причин отказов ЭКБ.

Вместе с тем на предприятиях отрасли выявлен существенный дефицит компетентных кадров, ответственных за направления деятельности, связанные с надёжностью и качеством ЭКБ.

Ведется совместная работа ФГУП «МНИИРИП» и ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России по организации межведомственного взаимодействия в вопросах доведения до потребителей информации об ЭКБ пониженного уровня качества и недопущения снижения качества и надёжности радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники.

ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России в рамках ОКР «Агрегация-0» силами «Центра военной электроники и электротехники» ведутся работы по сбору и обработке данных о качестве и надёжности ЭКБ в интересах контроля применения в радиоэлектронной аппаратуре образцов вооружения, военной и специальной техники. Специалисты данного Центра ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, ФГУП «МНИИРИП» и АО «ЦКБ «Дейтон» готовят предложения по мероприятиям принятия и поддержки решений в рамках совместного приказа министра обороны Российской Федерации и Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Актуальным вопросом является необходимость проведения работ по совершенствованию и развитию нормативно-методической базы, устанавливающей требования к классификации данных о качестве, надёжности и отказах ЭКБ наравне с активно развивающейся зарубежной стандартизацией по классификации (Например, Information Classification, Marking and Handling).

Важнейшей задачей для развития «Концепции обеспечения надёжности электронной компонентной базы» является создание и реализация программы разработки (актуализации) стандартов по обеспечению надёжности ЭКБ. Имеющиеся документы устарели с точки зрения современных технологий производства, материалов и т. д. Существенной проблематикой является отсутствие типовых методик оценки соответствия требованиям надёжности изделий ЭКБ на этапах разработки и серийного производства.

Таким образом, рассмотренные задачи и проблемы определяют актуальность развития на межведомственном уровне системных мероприятий контроля качества и надёжности ЭКБ по направлениям сбора, обработки и анализа информации о качестве и надёжности ЭКБ, автоматизации и цифровизации данных процессов, анализа причин отказов ЭКБ, развития нормативно-технической документации на мировом уровне.

Литература:

1. Результаты НИР шифр «Незабудка-ЭКБ» – Мытищи: ФГУП «МНИИРИП», 2016. – 265 с.
2. Результаты НИР шифр «Качество-2015» – Мытищи: ФГУП «МНИИРИП», 2017. – 575 с.
3. Результаты НИР шифр «Перечень-ЭКБ-И4» – Мытищи: ФГУП «МНИИРИП», 2020. – 123 с.

УДК 621.3

**О НЕОБХОДИМОСТИ МЕХАНИЗМА КОНТРОЛЛИНГА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИЕЙ
ПО ОТКАЗАМ ЭКБ В РЭА ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
THE NECESSITY OF CONTROLLING MECHANISM IN PROVIDING INFORMATION MANAGEMENT ECB FAILURES IN REA
OF WIDE APPLICATION**

Афанасьев А. С., к. т. н., ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России; Боков С. И., д. э. н., доцент, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России; +7 (495) 471-17-07; Рубцов Ю. В., АО «Дейтон»

Afanasyev A. S., Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Institution «46 Central Research Institute» of the Ministry of Defense of Russia; Bokov S. I., D. Sc. of Economic Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Institution «46 Central Research Institute» of the Ministry of Defense of Russia; +7 (495) 471-17-07; Rubtsov Yu. V., JSC «Dayton»

Отмечается необходимость автоматизации межведомственного инструментария сбора, анализа и обработки информации о состоянии хозяйствующих субъектов и их радиоэлектронной продукции. Определены основные направления обеспечения контроля качества головными организациями с целью своевременного влияния на указанную отраслевую область. Вопросы системного повышения квалификации в сфере качества и надёжности радиоэлектронных технологий являются неотъемлемой частью вышеуказанной деятельности.

The need to automate the interdepartmental tools for collecting, analyzing and processing information about the state of economic entities and their radio-electronic products is noted. The main directions of quality control assurance by the parent organizations have been determined in order to timely influence the specified industry area. The issues of systematic advanced training in the field of quality and reliability of radio-electronic technologies are an integral part of the above activities.

Ключевые слова: электронная компонентная база (ЭКБ), качество, надёжность, контроллинг.

Keywords: electronic component base (ECB), quality, reliability, controlling.

Радиоэлектронная промышленность является наиболее наукоёмкой и высокотехнологичной отраслью, успешное развитие которой способствует переходу российской экономики к модели, основанной на знаниях, инновациях и контроле научно-технических процессов в развитии. Одним из ключевых условий данного перехода является эффективное управление предприятиями радиоэлектронного комплекса (РЭК), которое невозможно без использования современных принципов и методов организации управления качеством и техническим контролем.

К сожалению, в настоящее время контроль указанной системы РЭК остаётся статичным и поэтому малоэффективным. А уровень подготовленности специалистов, оценивающих данный процесс и готовящих решения руководству не соответствующим перспективному технологическому укладу, а также требованиям цифровизации управленческих решений. Особо это положение отмечается в централизованном сборе, обработке, анализе и управлении информацией как на отраслевом, так и на межотраслевом уровнях.

Проблемы централизованного сбора, обработки и управления информацией по отказам ЭКБ исследуются в нескольких головных организациях, контролирующих отраслевые направления развития ЭКБ, РЭА, комплектующие и радиоэлектронные материалы. В первую очередь, это ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России в рамках НИР «Морозко», НИР «Принцесса-7» и ОКР «Агрегация-0», ФГУП «МНИИРИП» Минпромторга РФ в рамках работы «Качество-2015» и базы данных единого (объединённого) информационного пространства.

В АО «ЦКБ «Дейтон» проведена апробация Концепции по корпусам и комплектующим ЭКБ в 2020 году. Материалы в качестве предложений были рассмотрены и одобрены межведомственным советом главных конструкторов по ЭКБ, однако отмечается необходимость в развитии



Афанасьев А. С.

автоматизированных технологий современного контроллинга в радиоэлектронной сфере.

Научно-технический задел в данной сфере с учётом ограничений, принятых Правительством РФ, рассматривается в соответствующих центрах ответственности. Так, например: вопросы межведомственного взаимодействия по доведению до потребителей ЭКБ сведений об изделиях, отнесённых к пониженному уровню качества изготовления, и по дополнительным мерам



Боков С. И.

в части недопущения снижения качества и надёжности радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники при их применении рассматривались в январе 2020 года на рабочем совещании с представителями ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России и ФГУП «МНИИРИП».

По результатам проведённого совещания были подготовлены и направлены в адрес ФГУП «МНИИРИП» предложения по организации дальнейшего межведомственного взаимодействия; в августе 2020 года в АО «ЦКБ «Дейтон» было проведено совещание представителей разработчиков, изготовителей и потребителей корпусов для ЭКБ с участием членов рабочей группы по разработке мероприятий в области создания корпусов для изделий микро- и наноэлектроники, полупроводниковой, силовой и СВЧ-техники Минпромторга.

А ранее (в июне 2020 года) научно-практический семинар, организованный АНО «Электронсертифика», с руководителями технических подразделений и подразделений управления качеством предприятий на базе ФГУП «МНИИРИП». Представителям организаций были доведены результаты сбора и анализа информации. Обращено внимание на основные причины отказов ЭКБ. Выполнены запросы у предприятий, допустивших брак в продукции или ошибки применения корпусов, о проводимых мероприятиях по устранению причин отказов. Спланировано обсуждение результатов, проведённых мероприятий, и отработка необходимых действий по обеспечению качества изделий по итогам 2020 года (ответственные: ФГУП «МНИИРИП», ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, АНО «Электронсертифика»).

Процессы сбора, обработки и управления информацией получили своё отражение и апробированы в нормативно-методическом документе «Комплексная система контроля качества. Электронная компонентная база. Оценка качества». С его использованием собрана и обработана информация по 12 000 карт унифицированного анализа качества ЭКБ. Проведены мероприятия по доведению до организаций промышленности результатов сбора и обработки информации в ФГУП «МНИИРИП» в формате совещаний, семинаров и круглых столов. Предприятия, допустившие брак в продукции или ошибки применения ЭКБ, опрашиваются на предмет информирования о проводимых мероприятиях и устранения причин отказов.

Результаты сбора и обработки информации по отказам ЭКБ готовятся и в перспективе будут размещены на информационной площадке объединённого информационного пространства с обеспечением доступа к ним организаций радиоэлектронной промышленности (РЭП). Но, к сожалению, сбор информации по отказам ЭКБ в настоящее время проводится общедоступными средствами коммуникаций в «ручном режиме» ресурсами ФГУП «МНИИРИП».

Для дальнейшего развития системы с целью повышения оперативности и достоверности информации необходима разработка информационных технологий автоматизированного сбора информации с помощью удалённых рабочих мест, расположенных в организациях, с обучением удалённых абонентов [1].

Отработка данных мероприятий проводится ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России в рамках НИР «Принцесса-7», исследования направлены на научно-методическое обеспечение выполнения мероприятий по анализу и повышению качества ЭКБ. Техническим заданием на НИР предусмотрены проведение постоянного мониторинга уровня качества изготовления ЭКБ, своевременная разработка и реализация организационно-технических мероприятий по повышению качества ЭКБ, а также разработка проекта нормативного документа, устанавливающего усовершенствованные методологию и порядок автоматизированного сбора, обобщения и оценки данных о качестве ЭКБ на основе использования специального программного обеспечения, разрабатываемого в рамках ОКР «Агрегация-О».

Конечно, практически все участники отмечают ряд научных задач нормативно-правового, технического и образовательного уровней. С целью повышения оперативности и достоверности информации необходимо провести работу по классификации информации о качестве и надёжности ЭКБ широкого применения [1]. Стандарты по классификации информации имеются и используются, но они нуждаются в серьёзной научно-технической аргументации и доработке, к примеру:

– ОСТ 11 091.915–79 Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Единый классификатор дефектов (разработчик – АО «ЦКБ «Дейтон»);

– РД 11 052.013-76 Изделия электронной техники. Единый классификатор дефектов (разработчик – АО «НИИТОП»).

В то же время активно развивается зарубежная стандартизация по классификации. В качестве основы здесь может служить ICMH (Information Classification, Marking and Handling) – совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих методов и инструментов, применяемых для решения задач сбора, обработки и анализа информации и получения достоверных данных [2].

Необходима программа разработки стандартов по обеспечению качества и надёжности ЭКБ. Имеющиеся документы устарели и не обновляются. Безусловно, требуются отдельные исследования, направленные на установление определяющих механизмов отказов в режиме хранения и параметров математических моделей, описывающих данные механизмы (значения энергии активации и других коэффициентов моделей).

ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России в соответствии с техническим заданием на НИР «Морозко» по результатам выполнения работы в 2018–2020 гг. разработаны проекты новых редакций справочников «Надёжность электрорадиоизделий» и «Надёжность электрорадиоизделий иностранного производства» (далее – Справочники). Справочники разработаны в обеспечение требований комплекса государственных военных стандартов «Мороз-7» (ГОСТ РВ 0020-39.302, ГОСТ РВ 0020-57.304) и будут использоваться разработчиками аппаратуры при проведении обоснованных расчётов надёжности аппаратуры в качестве источника информации о надёжности комплектующих аппаратуру электрорадиоизделий.

Новая редакция справочника «Надёжность электрорадиоизделий» разработана с учетом:

- возросших требований к надёжности, предъявляемых к ЭКБ;
- изменения номенклатуры ЭКБ, включенной в Перечень ЭКБ;
- появления новых классов и групп ЭКБ;
- необходимости корректировки математических моделей прогнозирования интенсивности отказов наиболее широко применяемых в радиоэлектронной аппаратуре классов и групп ЭКБ;

В справочник «Надёжность электрорадиоизделий» внесены следующие изменения:

- содержание разделов справочника увязано с требованиями нового поколения стандартов КГВС «Мороз-7»;
- номенклатура ЭКБ увязана с актуальной редакцией Перечня ЭКБ;
- скорректирован порядок расчета надежности ЭКБ в режимах ожидания применения и хранения, добавлена модель расчета надежности ЭКБ в аппаратуре многократного циклического применения;
- скорректированы модели прогнозирования надежности основных классов и групп ЭКБ.

Основные направления корректировки справочника «Надёжность электрорадиоизделий иностранного производства» связаны с уточнением значений базовой

интенсивности отказов для отдельных групп ЭКБ и значений коэффициентов качества.

В настоящее время ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России организованы и реализуются мероприятия по практическому подтверждению исходных данных математических моделей для расчёта интенсивностей отказов основных классов и конструктивно-технологических групп ЭКБ отечественного и иностранного производства (апробация), приведённых в Справочниках. Срок проведения апробации – до 01.07.2021 г. Введение в действие Справочников запланировано с 01.01.2022 г.

Выездные инспекционные проверки систем менеджмента качества показывают, что уровень профессиональной подготовки специалистов систем управления качеством техническим контролем остаётся не соответствующим современным требованиям государственных отраслевых стандартов. Что также является неотъемлемой частью системы контроллинга и влияет на поддержание уровня качества управления в сфере высокотехнологичных отраслей [2].

Вышеуказанные научно-технические задачи выливаются в систему следующих необходимых решений на межведомственном уровне, а именно:

- в соответствии с требованиями совместного приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и министра обороны Российской Федерации организовать межведомственный системный анализ отчётов о качестве ЭКБ и совместную разработку мероприятия по повышению качества ЭКБ;
- разместить данные о качестве и надёжности ЭКБ на информационной площадке объединённого информационного пространства РЭП с обеспечением доступа к ним организаций РЭП, соблюдением требований безопасности информации;
- межведомственной рабочей группе разработать проект положения, обеспечивающий развитие системы сбора и обработки информации автоматизированным способом с удалённым доступом и предложениями по поддержке и принятию решений;
- АНО «Электронсертифика» в соответствии с имеющейся образовательной лицензией подготовить учебный план и организовать курсы повышения квалификации (дополнительное образование) со специалистами управления качеством и технического контроля.

Литература

1. Ерохин Б. Т., Боков С. И., Белов Г. В. Управление качеством энергетических систем: учебное пособие. – М.: МГУПИ, 2013.
2. Боков С. И. Роль контроллинга в организации управления качеством и техническим контролем: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2013. – С. 180.
3. Боков С.И. Контроллинговая деятельность в управлении развитием корпоративной организации: Монография. – М.: МАКС Пресс. – 2011. – с. 136.
4. Таблицы математической статистики //Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М.: Наука. – 1983. – с. 416.

УДК 006

«II НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА И НАДЁЖНОСТИ ЭКБ. ПОДГОТОВКА ПРОФИЛЬНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ. ИТОГИ, НАПРАВЛЕНИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ»
«II SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE IN THE FIELD OF COMPLEX WORK ON ENSURING THE QUALITY AND RELIABILITY OF ECB. TRAINING OF SPECIALIZED SPECIALISTS. RESULTS, DIRECTIONS AND WAYS OF DEVELOPMENT»

Булгаков О. Ю., к. в. н., заслуженный работник связи РФ, директор АНО «Электронсертифика»;
Подьяпольский С. Б., к.т. н., ФГУП «МНИИРИП»

Bulgakov O. Y., Ph. D. of Military Sciences, Honored communication worker of the Russian Federation, director of ANO «Electroncertifica»; Podyapolskii S. B., Ph. D. of Engineering Sciences, FSUE «MNIIRIP»; bulgakov@mniirip.ru; psb@mniirip.ru; тел.: +7 (495) 586-17-21

В статье сформулированы основная тематика проведённой II Научно-технической конференции, проблемные вопросы и мероприятия, позволяющие на системном уровне организовать работы по повышению качества и надёжности ЭКБ.

The article formulates the main topics of the II scientific and technical conference, problematic issues and activities that allow at the system level to organize work to improve the quality of electronic components.

Ключевые слова: оценка качества, система менеджмента качества, электронная компонентная база, надёжность электронной компонентной базы.

Keywords: quality assessment, quality management system, electronic component base, reliability of electronic component base.



Булгаков О. Ю.

В современных условиях технического прогресса ключевое место в реализации функциональных характеристик образцов техники различных объектов уверенно занимает электронная компонентная база (ЭКБ). Разработчики и дизайн-центры, выполняющие разработки новых изделий ЭКБ, в том числе в режиме «фаунди», определяют облик современной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Важнейшим условием применения изделий является их качество при серийном производстве. Проблема формирования и поддержания на системном уровне вопросов оценки, обеспечения качества

и надёжности при применении ЭКБ стоит особо остро при повышении конструктивной и функциональной сложности изделий в условиях малых объёмов производства. На анализ современных проблем, выработку направлений развития и нацелена проведённая 30.06.2020 г. II Научно-техническая конференция на тему: «Обеспечение качества и соответствия изделий ЭКБ. СМК предприятий и подготовка специалистов».

Конференция организована по инициативе руководства центрального органа СДС «Электронсерт» (ФГУП «МНИИРИП») и руководства АНО «Электронсертифика» при одобрении и участии Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России и межведомственного Совета главных конструкторов по электронной компонентной базе (МСГК).

В работе конференции приняли участие 220 представителей интегрированных структур, предприятий разработчиков-изготовителей и потребителей ЭКБ, организаций поставщиков и испытательных лабораторий (центров), научно-исследовательских институтов, в том числе «46 ЦНИИ» Минобороны России. На конференции были заслушаны и обсуждены 12 докладов ведущих специалистов отрасли.

Целевая задача в обсуждаемой области для предприятий и организаций участвующих в создании, исследовании и применении ЭКБ, заключается в:

- выявлении ключевых проблемных вопросов современной ЭКБ;
- анализе рисков в области качества разрабатываемой ЭКБ;
- формировании и отработке комплексного подхода в области исследований и проведения работ по обеспечению качества ЭКБ на всех этапах её жизненного цикла с целью обеспечения импортонезависимости отечественной электронной промышленности.



Подъяпольский С. Б.

Доклады заместителя директора ФГУП «МНИИРИП» по научно-технической работе к. т. н. Корчагина А. И. «Основные задачи ФГУП «МНИИРИП» в рамках реализации «Стратегии развития радиоэлектронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года» и начальника отдела анализа отказов Управления испытаний ЭКБ и средств измерений ФГУП «МНИИРИП» Невского А. А. «Мониторинг качества ЭКБ. Цель, состояние и перспективы в проведении работ по повышению качества» задали тон всей конференции.

В докладах отмечены задачи ФГУП «МНИИРИП» в рамках функционирования системы мониторинга, оценки и повышения качества ЭКБ, обеспечивающие реализацию таких ключевых направлений «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года», как «Рынки и продукция» и «Экономическая эффективность». Представлен сравнительный анализ действующей ранее системы мониторинга, оценки и повышения качества ЭКБ и действующей в настоящее время под контролем Минпромторга России с приведением организационной структуры взаимодействия участников системы, функциональных элементов, ресурсов, основных результатов мониторинга и оценки качества ЭКБ за период 2017–2019 гг. и направлений развития системы [1].

С докладом по концепции обеспечения надёжности ЭКБ, анализу конструктивно-технологических особенностей современных изделий микроэлектроники, совершенствованию подходов к параметрам оценки качества ЭКБ выступила д. т. н., член-корреспондент РАН, профессор МФТИ, секретарь МСГК по ЭКБ Горнева Е. С.

Во время конференции прозвучали доклады главного научного сотрудника ГНМЦ МО д. т. н. Храменкова В. Н., главного научного сотрудника АНО «Центр Квалитет», доцента, д. т. н. Филатова И. Н.

и сотрудников ФГУП «МНИИРИП» – начальника Управления информационных технологий к. т. н. Чупринова А. А., ведущего научного сотрудника, к. т. н. Подъяпольского С. Б., начальника отдела микроэлектроники и полупроводниковой техники Управления развития РТ, ЭКБ и СП Петушкова А. С., заместителя начальника Управления испытаний ЭКБ и средств измерений Погосова Г. С.

Участники конференции отметили, что в представленных докладах рассмотрены актуальные вопросы, направления исследований в области различных аспектов оценки и подтверждения качества современной ЭКБ и предложены пути решения задач по следующим направлениям:

- развитие компетенций и участие ФГУП «МНИИРИП» в реализации «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года»;

- формирование и развитие Концепции обеспечения надёжности ЭКБ с учётом конструктивно-технологических особенностей современных изделий;

- развитие системы мониторинга, оценки и повышения качества ЭКБ, в том числе проведения технической экспертизы с целью анализа причин отказов ЭКБ, интеграции получаемых данных и результатов в формат объединённого информационного пространства, организации системы взаимного обмена данными и результатами с потребителями;

- развитие требований к системе менеджмента качества продукции военного назначения;

- задачи и мероприятия по совершенствованию деятельности СДС «Электронсерт», как элемента единой системы управления качеством ЭКБ, вопросов создания интегрированного центра организации распределённой системы испытаний и задач по совершенствованию деятельности квалифицированных поставщиков;

- проблемные вопросы и направления исследований в области измерений для перспективной ЭКБ.

В материалах конференции и выступлениях участников сформулированы необходимый состав и направления мероприятий, позволяющих на системном уровне организовать работы по повышению качества ЭКБ, созданию информационно-аналитической базы для потребителей ЭКБ, принятию Департаментом радиоэлектронной промышленности Минпромторга России межведомственным Советом главных конструкторов по электронной компонентной базе регулирующих воздействий [2].

Завершил работу конференции заслуженный работник связи РФ, к. в. н. Булгаков О. Ю., подчеркнув важность вопросов, рассмотренных на конференции. В его выступлении были раскрыты основные направления и результаты работы АНО «Электронсертифика»: «Основные направления деятельности АНО «Электронсертифика» – это сертификация системы менеджмента качества предприятий и организаций разработчиков, изготовителей и поставщиков ЭКБ, обучение специалистов предприятий и организаций отрасли по наиболее важным и актуальным направлениям деятельности, а также оказание методической помощи предприятиям и организациям по вопросам СМК» [3].

По результатам обсуждения представленных докладов участниками конференции предложено поддержать:

– развитие концепции обеспечения надёжности ЭКБ, в том числе формирование системы кооперации ФГУП «МНИИРИП» (как ГНИИО в области ЭКБ) и специализированных организаций по видам ЭКБ для обеспечения реализации концепции;

– проведение системных работ (ежеквартально) по мониторингу и оценке качества ЭКБ, расширению состава критериальных параметров, анализу результатов работ по повышению качества ненадёжной ЭКБ с интеграцией данных в объединённое

информационное пространство ФГУП «МНИИРИП» с целью оперативного доведения информации о изделиях, имеющих низкий уровень качества, а также результатов мероприятий по исключению причин снижения качества до Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России и потребителей ЭКБ;

– разработку методологии формирования состава участников и процедуры работы интегрированного центра распределённой системы испытаний ЭКБ в интересах обеспечения комплектования радиоэлектронной аппаратуры военного, специального и гражданского назначения;

– направления деятельности СДС «Электронсерт» в интересах участия в единой системе обеспечения качества и надёжности ЭКБ.

Литература

1. ЭС ПФ 001–2014 Система добровольной сертификации «Электронсерт». Правила функционирования.
2. ЭС РД 015–2020 Система добровольной сертификации «Электронсерт». Порядок проведения работ по сертификации.
3. ЭС РД 003–2020 Система добровольной сертификации «Электронсерт». Требования к органу по сертификации систем менеджмента качества.

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

ЦЕНТР СЕРТИФИКАЦИИ, ОБУЧЕНИЯ И КОНСАЛТИНГА «ЭЛЕКТРОНСЕРТИФИКА»

**СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ РАЗРАБОТЧИКОВ, ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ
И ПОСТАВЩИКОВ ЭКБ И РЗА**

ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

- СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИЙ
- ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКБ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ (ЦЕНТРАХ)
- ВНУТРЕННИЕ АУДИТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ
- УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ, НАДЕЖНОСТИ И АНАЛИЗА ПРИЧИН ОТКАЗОВ ЭКБ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ, КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭКБ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В СОСТАВЕ ВВСТ
- МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ ЭКБ И РЗА
- ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРТОВ ПО СЕРТИФИКАЦИИ СМК-ПРЕДПРИЯТИЙ, АККРЕДИТАЦИИ ИЛ(Ц), КВАЛИФИКАЦИИ ПОСТАВЩИКОВ ЭКБ
- ПРИМЕНЕНИЕ ЭКБ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УСЛУГИ

АНО «ЭЛЕКТРОНСЕРТИФИКА» ОКАЗЫВАЕТ МЕТОДИЧЕСКИЕ УСЛУГИ
ПО НАПРАВЛЕНИЯМ

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



**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ**
**ENSURING THE UNITY OF MEASUREMENTS OF ELECTRICAL PARAMETERS OF SEMICONDUCTOR MATERIALS
FOR MICRO-AND NANOELECTRONICS**

Сучков К. И., Быканов В. В., к. т. н., доцент, Есакова М. М., ФГУП «МНИИРИП»; Булгаков О. Ю., к. в. н., заслуженный работник связи РФ, директор АНО «Электронсертифика»; +7 (495) 586-17-21; bykanov@mniirip.ru
Suchkov K. I., Bykanov V. V., Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Esakova M. M., FSUE «MNIIRIP»;
Bulgakov O. Y., Bulgakov O. Y., Ph. D. of Military Sciences, Honored communication worker
of the Russian Federation, director of ANO «Electroncertifica»; +7 (495) 586-17-21; bykanov@mniirip.ru

В статье проведён анализ метрологического обеспечения разработки и испытаний полупроводниковых материалов, выявивший основную проблему и решение одновременно – создание метрологического комплекса и необходимой нормативно-методической базы с предложением дальнейшего пути развития этой задачи.

The article analyzes the issue of measurement assurance for the development and testing of semiconductor materials. There is highlighted the necessity create to metrological complex and a regulatory and methodological database. It is the main problem and solution at the same time.

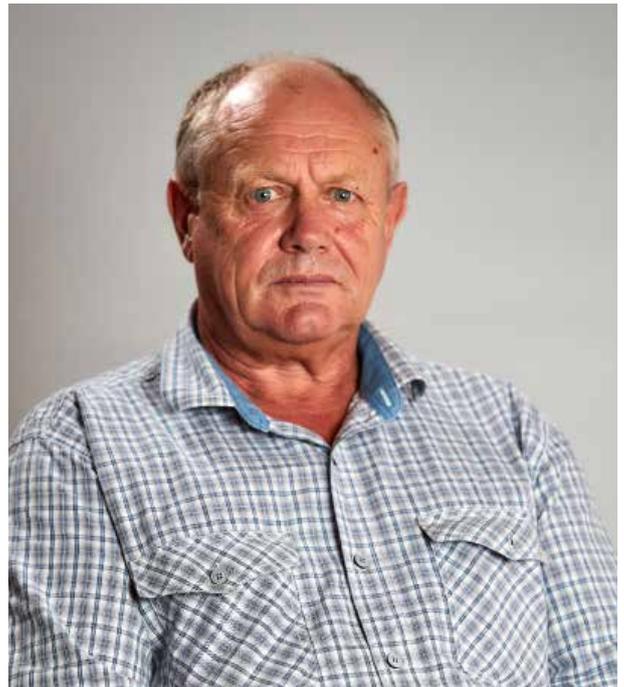
Ключевые слова: метрологическое обеспечение, полупроводниковые материалы.

Keywords: measurement assurance, semiconductor materials.

Измерения параметров полупроводниковых материалов – необходимый этап входного, технологического и выходного контроля продукции электронной отрасли. Для всех полупроводниковых материалов основным параметром является удельное электрическое сопротивление (УЭС).

Наиболее точными методами измерения УЭС являются зондовые методы. Четырёхзондовый метод широко используется для определения УЭС как слитков, так и пластин полупроводниковых материалов в интервале УЭС от 10^{-3} до 10^6 Ом/см, так как сочетает в себе высокую точность (до единиц процентов), быстроту и возможность измерять также и поверхностное электросопротивление (ПЭС) эпитаксиальных и других слоёв полупроводниковых материалов. Для анализа распределения примеси по глубине многослойных структур используется однозондовый метод (сопротивление растекания). О важности этих параметров говорит тот факт, что в системе стандартов Международной организации производителей и потребителей полупроводниковой продукции SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International), базирующейся на стандартах ASTM (American Society for Testing and Materials), измерения УЭС четырёхзондовым методом, наиболее точным из применяемых для анализа качества слитков и пластин, регламентируют 5 стандартов, 2 стандарта регулируют проведение измерений сопротивления растекания и 1 – бесконтактный метод вихревых токов.

В СССР два министерства отвечали за выпуск полупроводниковых материалов: Министерство цветной металлургии СССР (Минцветмет) – за выпуск слитков и Министерство электронной промышленности СССР (Минэлектронпром) – за изготовление пластин и приборов на их основе. Ведущий в вопросах технологии и материаловедения полупроводников Минцветмета институт «Гиредмет» провёл большую работу и организовал



Быканов В. В.

разработку стандартов для четырёхзондовых измерений слитков ныне действующих [1–2], регистрацию и выпуск государственного стандартного образца (ГСО) УЭС (Сертификат № 0037 об утверждении типа ГСО от 15 декабря 2003 г., срок действия окончен в 2008 г.) и производство на базе АО «Гиредмет» комплектов ГСО УЭС МК. Для основной товарной продукции Минэлектронпрома – пластин, как подложек, так и многослойных структур, стандарты разработаны не были. Методики измерения ПЭС и УЭС вошли частично в отраслевые стандарты на отдельные виды приборов. При измерении УЭС и ПЭС пластин четырёхзондовым методом необходимо использовать другие формулы расчёта и учитывать

Таблица 1 – Обеспеченность нормативной документацией по четырёхзондовому методу

Область распространения	СЛИТОК	ПЛАСТИНА	СЛОЙ
		MF 43, MF 81	MF 84, MF 81
SEMI	MF 1527 Стандартное руководство по применению кремниевых стандартных эталонных материалов и эталонных пластин для калибровки и поверки аппаратуры для измерения удалённого электрического сопротивления кремния		
РФ	ГОСТ 24392–80, ГОСТ 19658–81	–	–
	Рекомендация МИ 2563-99 методика поверки	–	–
	ГОС УЭС МК до 25 ноября 2008 года	–	–

Таблица 2 – Обеспеченность нормативной документацией по измерению ВЖННЗ

Область распространения	СЛИТОК (объёмный образец)	ПЛАСТИНА
SEMI	SEMI MF 28 «Test Methods for the Minority-Carrier Lifetime in Bulk Germanium and Silicon by Measurement of Photoconductivity Decay»	SEMI MF 1535 «Test Method for Carrier Recombination Lifetime in Silicon Wafers by Noncontact Measurement of Photoconductivity Decay by Microwave Reflectance»
РФ	ГОСТ 19658–81 Кремний монокристаллический в слитках. Технические условия: метод Шпицера (инъекция ННЗ через контакт) для слитков с УЭС меньше 100 Ом·см – не используется. Требуется создание аналога SEMI MF 28 на использование метода спада ФП.	ОТСУТСТВУЮТ
ГСО	ОТСУТСТВУЮТ	ОТСУТСТВУЮТ

поправку на геометрические размеры образца, что и отражено в различных международных стандартах, но никак не регламентируется в национальных стандартах России.

В табл. 1 представлены данные по наличию стандартов для различных полупроводниковых структур. Ещё одним важным методом оценки качества полупроводниковых материалов, в том числе структур на этапе производства полупроводниковых приборов, является метод расчёта распределения легирующей примеси на основе измерений сопротивления растекания. В SEMI такие измерения регламентируют 2 стандарта, в Российской Федерации нет ни одного.

Для непрямозонных материалов, к которым относятся основные материалы микроэлектроники – кремний и германий, вторым после УЭС параметром, характеризующим материал, является время жизни неравновесных носителей заряда (ВЖННЗ).

Этот параметр достаточно просто реализуем аппаратно, и ВЖННЗ позволяет контролировать количество глубоких остаточных примесей, как например, железо и медь, недостижимые для других, в том числе прямых методов анализа – до 108 см⁻³.

Поэтому данный параметр также контролируется на большинстве этапов производства материалов

и электронных приборов. Для слитков и пластин наиболее используемым является метод измерения параметров спада фотопроводимости (ФП) бесконтактными методами: по поглощению СВЧ-волны (СВЧ ФП, μ -PCD) или методом вихревых токов (ВЧ ФП). Оба бесконтактных метода позволяют одновременно измерять как УЭС, так и ВЖННЗ, но для установления УЭС применяют косвенный метод, требующий обязательных калибровочных пластин, значения УЭС которых обычно определяют четырёхзондовым методом.

Требования к измерению ВЖННЗ приведены в 3-х стандартах ASTM.

В РФ только в единственном советском ГОСТ 19658–81 описывается устаревшая методика неиспользуемого метода инъекции через контакт («метод Шпицера») [1]. Табл. 2 также показывает разработки нормативно-методической базы по измерению ВЖННЗ.

В настоящей статье рассмотрены проблемы в области метрологии электрических параметров полупроводниковых материалов. В то же время для изготовителей интегральных микросхем требуются инструментальные средства в 5-и основных категориях – измерение критических размеров и состава измеряемых структур, наличие легирующих

примесей, напряжённых состояний и электрических характеристик. Каждая из этих категорий предусматривает наличие нескольких различных типов инструментальных средств метрологии и нормативно-методической документации. Таким образом, для обеспечения единства измерений в нашей стране требуется не просто переработка, а создание принципиально новой нормативно-методической документации, гармонизированной с международной и регламентирующей процессы измерения основных вышеперечисленных параметров, а также создание отечественных инструментальных средств метрологии.

Литература

1. ГОСТ 24392-80. Кремний и германий монокристаллический. Измерение удельного электрического сопротивления четырёхзондовым методом. – М., 1980. – 7 с.
2. ГОСТ 19658-81. Кремний монокристаллический в слитках. Технические условия. – М., 1981. – 89 с.
3. МИ 2563-99. ГСИ. Установки для измерений удельного электрического сопротивления четырёхзондовым методом полупроводниковых материалов типов «РОМЕТР», «МЕТРИКА М-44», «МЕТРИКА М-124». Методика поверки. – М., 1999. – 10 с.



ГРУППА КОМПАНИЙ
СНАБЖЕНИЕ

Твердотельные SSD накопители данных отечественного производства

SLC, MLC, 3D TLC 2,5", mSATA, M.2

O₁



Температура эксплуатации -40...+55 °С

Вибростойкость 1...80 Гц (4g)

Возможность гарантированного физического уничтожения ячеек памяти, без восстановления данных

Интерфейс подключения M.2

Формфактор	Емкость, Гб	Максимальные скорость чтения/записи, МБ/с*	Тип микросхемы памяти
2242	32, 64, 128	440/135	MLC
2280	32, 64, 128	440/135	MLC
2280	32, 64, 128, 256, 512, 1024	500/380, 440/135, 530/450	SLC, MLC, 3D TLC
22110	32, 64, 128, 256, 512, 1024	500/380, 440/135, 530/450	SLC, MLC, 3D TLC

Интерфейс подключения mSATA

Формфактор	Емкость, Гб	Максимальные скорость чтения/записи, МБ/с*	Тип микросхемы памяти
MO-300A	32, 64, 128, 256, 512, 1024	500/380, 440/135, 530/450	SLC, MLC, 3D TLC

Интерфейс подключения SATA**, PATA

Формфактор	Емкость, Гб	Максимальные скорость чтения/записи, МБ/с*	Тип микросхемы памяти
2.5» SATA	32, 64, 128, 256, 512, 1028, 2056	500/380, 440/135, 550/500	SLC, MLC, 3D TLC
2.5» PATA	32, 64, 128, 256	60 / 60	

* для максимального объема памяти

** наличие дополнительных опций (физического разрушения ячеек памяти (уничтожения))

197183, Санкт-Петербург, ул. Савушкина, д. 7, корп. 3
Тел.: +7 812 600-32-20 (доб. 100) Моб.: +7 964 342-42-37
info@gksnab.ru

УДК 006.91

ЗНАЧЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ И ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ THE IMPORTANCE OF METROLOGICAL SUPPORT IN THE RADIO ELECTRONIC BRANCH AND ITS IMPROVEMENT

Быканов В. В., к. т. н., доцент, Булгаков О. Ю., к. в. н., Есакова М. М., Назаркина А. В., ФГУП «МНИИРИП»
Bykanov V. V., Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Bulgakov O. Y., Ph. D. of Military Sciences,
Esakova M. M., Nazarkina A. V., FSUE «MNIIRIP»; +7 (495) 586-17-21; bykanov@mniirip.ru

В докладе проведён анализ метрологического обеспечения разработки, испытаний новых разработок ЭКБ и РЭА, выявивший основную проблему и решение одновременно – проведение обязательной метрологической экспертизы технической документации на этапах её разработки с предложением дальнейшего пути развития этой задачи.

The report analyzes the metrological support of the development, testing of new developments of electronic components and electronics, identified the main problem and solution at the same time – conducting a mandatory metrological examination of technical documentation at the stages of its development, with a proposal for further development of this task.

Ключевые слова: электронная компонентная база, радиоэлектронная аппаратура, обязательная метрологическая экспертиза технической документации.

Keywords: electronic component base, radio-electronic equipment, mandatory metrological examination of technical documentation.



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

В Федеральном законе «Об обеспечении единства измерений» в ст. 14 указаны основополагающие требования проведения метрологической экспертизы. Определено, что для разработки изделий в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений строго проводится обязательная метрологическая экспертиза проектной, конструкторской и технологической документации (далее – ОМЭ ТД). Федеральное государственное унитарное предприятие «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов» (ФГУП «МНИИРИП») провёл анализ выполнения обязательной метрологической экспертизы в 150 организациях, подведомственных Департаменту радиоэлектронной промышленности. Полученные результаты позволили рассмотреть текущую картину метрологического обеспечения в целом.

Разработчики ЭКБ и РЭА должны проводить анализ и оценку правильности установления и соблюдения метрологических требований, проведённые в обязательном порядке организациями, аккредитованными в национальной системе аккредитации, применительно к технической документации создаваемых изделий. Данное требование является правоприменительным. Постановление Правительства РФ от 02.10.2009

№ 780 подтверждает обязательность и порядок проведения ОМЭ ТД. Другие акты по осуществлению ОМЭ ТД не предписывают необходимость чёткого исполнения данных работ. Основными являются ГОСТ РВ 0008-003-2019 и РМГ 63-2003. Однако ни в одном из этих нормативных документов не определено, что экспертиза является обязательной. Поэтому коммерческие организации игнорируют указанное требование.

Подтверждением вышеизложенного является то, что в 25 из 30 проведённых ФГУП «МНИИРИП» ОМЭ ТД разрабатываемых изделий ЭКБ и образцов РЭА, были выявлены нарушения приказов Минпромторга РФ от 31.07.2020 № 2510, от 28.08.2020 № 2905 и от 15.12.2015 № 4091 [1].

Действенным средством соблюдения закона № Ф3-102 является документ: «Руководство о порядке проведения обязательной метрологической экспертизы технической документации на электронную компонентную базу, радиоэлектронную аппаратуру оборонного назначения РЭК 05.008-2020», разработанный ФГУП «МНИИРИП» по поручению Минпромторга России. Данное руководство, согласованное с ведущими предприятиями, военными экспертами, утверждено руководителем Департамента радиоэлектронной промышленности

Минпромторга России и является руководящим документом для подведомственных предприятий к выполнению требований ФЗ-102 и Постановления Правительства РФ № 780 в отношении ОМЭ ТД.

Ещё одна проблема метрологического обеспечения радиоэлектронных предприятий в области единства измерений – это устаревание нормативно-правовой базы [2] и её отставание от меняющихся потребностей государства в развитии инновационной экономики. К примеру, ГОСТ 20271.1–91 рассматривает около 30 методов измерений электрических параметров изделий СВЧ. Одновременно с тем СВЧ-техника с учётом совершенствования технологий развивается стремительно, появляются новые свойства, диапазоны, а действующий стандарт создан 30 лет назад. Необходимо провести большую работу по обновлению устаревших национальных документов.

Следует также отметить, что в кадастре характеристик разрабатываемых ЭКБ более 800 параметров, большинство из них измеряются методом косвенных измерений, но методики косвенных измерений не аттестуются в нарушение приказа Минпромторга России № 4091. Нередко руководители организаций думают, что метрологическое обеспечение – это работа по проведению поверки (калибровки) средств измерений, имеющихся в организации, а также аттестация испытательного оборудования. Но ведь этого недостаточно для качественного метрологического обеспечения. Подтверждением актуальности поднятой проблемы отсутствия внутреннего метрологического контроля на предприятиях является сделанный вывод при выполнении работы в марте 2020 года специалистами ФГУП «МНИИРИП» по оценке состояния метрологического обеспечения одной из головных организаций радиоэлектронной отрасли. К примеру, проводимая метрологическая экспертиза, осуществляемая сотрудниками предприятия, не соответствовала нормативным документам, стандарт организации по метрологическому обеспечению не соответствовал деятельности предприятия в области метрологии, корректировался в 2001 году и не был гармонизирован с актуальными нормативными документами. В аспекте решения задач совершенствования метрологического обеспечения необходимо продвигать развитие контрольно-измерительной аппаратуры путём разработки модернизированных эталонов, автоматизированных комплексов, систем и средств измерений параметров новейших РЭА и ЭКБ, создания центров анализа отказов и стандартных образцов для новейших элементов РЭА и ЭКБ в Минпромторге России, а также генерирования общего перечня ЭКБ радиоэлектронной отрасли.

Реализация современных исследований непроторенных направлений в сфере государственного регулирования возможна только при использовании отечественной аппаратуры, относящиеся средства измерения к которой должны иметь утверждённый тип и быть работоспособными, поверенными, снабжёнными подтверждающими документами. Использование откалиброванных зарубежных средств измерений неутверждённого типа с необходимыми высокими метрологическими характеристиками, закупаемых

радиоэлектронной отраслью, по закону запрещены к применению при испытаниях и производстве ЭКБ. Однако производство отечественных разработок с соответствующими метрологическими характеристиками не осуществляется, потому что ЭКБ с требуемыми параметрами нет в наличии.

Возможно разработка комплексной целевой программы «Развитие отечественного парка измерений эталонной базы в интересах оборонно-промышленного комплекса и других отраслей экономики на период до 2030 года» секцией «Технологии средств измерений» научно-техническим советом военно-промышленной комиссии Российской Федерации придаст ускорение в решении вышеперечисленных проблем.

Профессиональное сообщество активно обсуждает данный вопрос о необходимости учреждения совета главных конструкторов приборостроительной отрасли для осуществления единой технической политики. Пока же на сегодняшний день над решением ключевых вопросов имеющиеся структуры трудятся разобщённо: институты в системе Росстандарта – в собственном ведомстве, приборостроительные организации – у себя на местах, а ФГУП «МНИИРИП» – на своём предприятии.

В целях развития отрасли радиоэлектроники целесообразно разработать единый перечень ЭКБ, включающий в себя цифро-аналоговые преобразователи, аналого-цифровые преобразователи, интегральные микросхемы, сверхбольшие интегральные микросхемы, а также создать собственную эталонную организацию. Такие меры позволят организовать единый центр для решения подобных вопросов.

На сегодняшний день значение метрологического обеспечения в радиоэлектронной отрасли только возрастает. К современным образцам изделий, комплексам, их точности предъявляются более высокие требования. Это заставляет развиваться метрологию, поэтому необходимо уделить решению этой задачи должное внимание как в научном, так и в практическом плане [3].

Литература

1. Быканов В. В., Клеопин А. В., Булгаков О. Ю., Подъяпольский Б. С. Состояние и направления совершенствования метрологического обеспечения ЭКБ в процессе разработки, испытаний и производства. «Вестник метролога». – № 1. – 2019. – с. 15–18.
2. Быканов В. В., Подъяпольский Б. С., Булгаков В. О. Научно-технические проблемы метрологического обеспечения разработки ЭКБ нового поколения. «Электроника». – № 3. – 2019. – с. 112–116.
3. Быканов В. В., Булгаков В. В., Есакова М. М. Обязательная метрологическая экспертиза технической документации как решение вопроса обеспечения качества разрабатываемых ЭКБ и РЭА. «Вестник метролога». – № 2. – 2020. – с. 11–15.
4. Быканов В. В. Совершенствование нормативно-правовой базы в области метрологической экспертизы. «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес», Выпуск № 4/2019. – с. 102–106.

УДК 004.654

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF ELECTRONIC INFORMATION RESOURCES OF THE RADIO-ELECTRONIC INDUSTRY

Колядин А. И., Чупринов А. А., к. т. н., ФГУП «МНИИРИП»
Kolyadin A. I., Chuprinov A. A., Ph.D. of Engineering Sciences, FSUE «MNIIRIP»;
+7 (495) 586-17-21; kolyadin@mniirip.ru

Представлена краткая информация по электронным информационным ресурсам радиоэлектронной отрасли и рассмотрены направления дальнейшего их развития, связанные с различными аспектами практического применения.

Brief information about electronic information resources of the radio-electronic industry is presented and the directions of their further development related to various aspects of practical application are considered.

Ключевые слова: электронная компонентная база, электронный информационный ресурс, радиоэлектронная аппаратура, радиоэлектронные и информационные технологии.

Keywords: electronic component base, electronic information resource, radio-electronic equipment, radio-electronic and information technologies.

В 1980-е годы авторы данной статьи были радиолюбителями и с увлечением занимались изготовлением различных радиоэлектронных устройств: транзисторных радиоприёмников, усилителей и пр. Первое, что пришлось приобрести (в то время это называлось – «достать»), был радиотехнический справочник, содержащий справочную информацию по советским полупроводникам (транзисторам, диодам и пр.). В справочнике помимо описания и технических характеристик полупроводников приводились картинки с пояснениями, как, например, отличить у транзисторов эмиттер от коллектора и базы. Понятно, что без этого просто невозможно правильно использовать элемент при сборке схемы на плате. И если в то время ещё можно было хоть как-то работать без подобного информационного ресурса (спросить у другого радиолюбителя), то в настоящее время без информационной поддержки по электронной компонентной базе (далее – ЭКБ) практически невозможно заниматься радиоэлектронной аппаратурой (далее – РЭА). При этом данные по ЭКБ или, другими словами, информационная поддержка по ЭКБ необходима на всём протяжении жизненного цикла РЭА.

В этой статье мы ограничимся кратким описанием электронных информационных ресурсов, организаций первоисточников информации (не затрагивая ресурсов являющихся вторичным отражением данных из первоисточников), а именно:

Колядин А. И.



– АО «РНИИ «Электронстандарт» – головная организация по стандартизации оборонной продукции в части ЭКБ;

– АО «ЦКБ «Дейтон» – ведущая организация радиоэлектронного комплекса России (далее – РЭК) по применению, стандартизации, качеству и надёжности изделий микроэлектроники (интегральных микросхем и полупроводниковых приборов), корпусов и корпусной продукции изделий микроэлектроники;

– ФГУП «МНИИРИП» – головная научно-исследовательская испытательная организация, выполняющая функции исследований в области ЭКБ, а также научного обеспечения и межведомственной методической координации работ по созданию и проведению исследований (испытаний) изделий ЭКБ.

Необходимо отметить, что краткая информация по ресурсам АО «РНИИ «Электронстандарт» (<http://www.elstandart.spb.ru>) и АО «ЦКБ «Дейтон» (<http://www.deyton.ru>) взята из официальных сайтов этих организаций, а информация как по текущим ресурсам ФГУП «МНИИРИП», так и по перспективам их дальнейшего развития представлена более подробно по той простой причине, что авторы данной статьи являются его сотрудниками.

АО «РНИИ «Электронстандарт»:

– информационно-справочная система электронной компонентной базы (далее – ИСС ЭКБ). Предназначена для сбора, хранения и представления информации об испытаниях ЭКБ предприятиям, создающим аппаратуру специального и общего назначения, заинтересованным ведомствам,

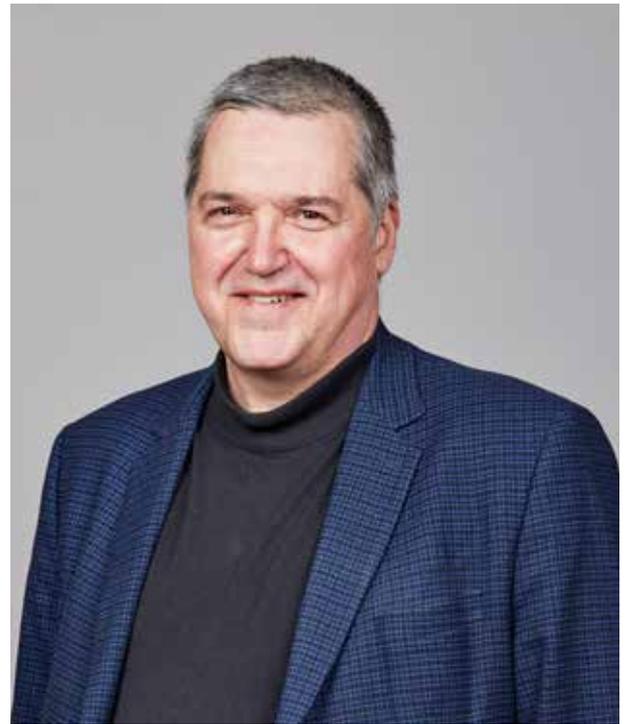
головным предприятиям, испытательным центрам и вторым поставщикам. ИСС ЭКБ обеспечивает лёгкий поиск по классам ЭКБ, типоминалам, их характеристикам и воздействующим факторам, предоставляет заказчикам испытаний ЭКБ данные о ходе испытаний и доступ к структурированным результатам испытаний (протоколам, отчётам, дополнительным материалам);

– межотраслевая информационно-справочная система по радиационной стойкости ЭКБ к воздействию специальных факторов. Предназначена для сбора, хранения и отображения информации об испытаниях изделий на воздействие специальных факторов. Является официальным изданием Минпромторга России и Федерального космического агентства. В системе приведены данные о радиационной стойкости ЭКБ отечественного происхождения, изготовленных с приёмкой «9», «5» и «1» в соответствии с требованиями государственных стандартов «Климат-6» и «Климат-7» и ЭКБ импортного производства с уровнем качества «space», «military», «industrial» и «commercial», изготовленных в соответствии с требованиями военных стандартов США MIL-STD-883, MIL-STD-975 и стандартов Европейского Космического агентства ESA 9000.

АО «ЦКБ «Дейтон»:

– информационная поисковая система «Дейтрон» (микросхемы интегральные, приборы полупроводниковые, корпуса и корпусная продукция к ним). Базы данных, программы поиска и выборки информации по различным атрибутам и параметрам.

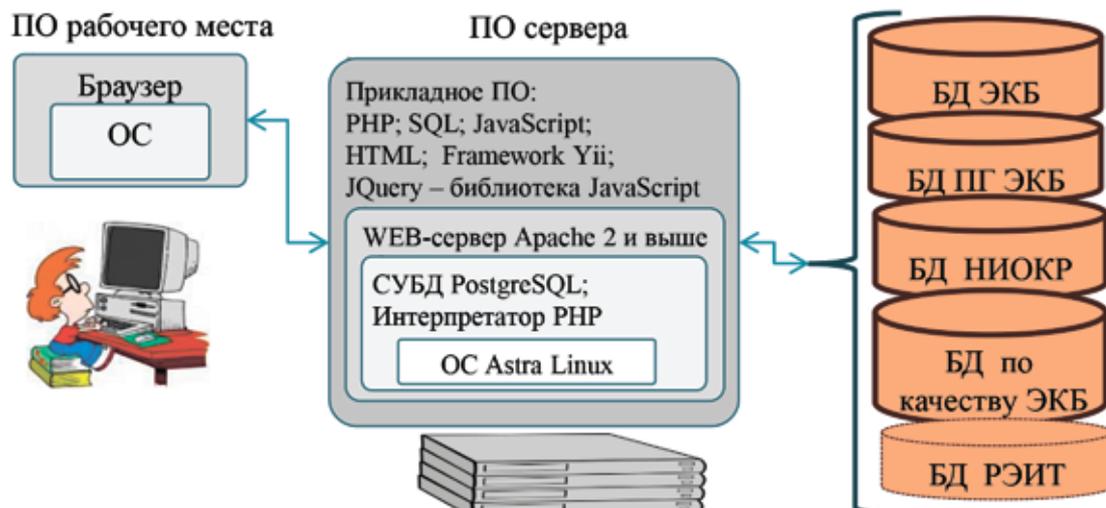
В 2014 году в ФГУП «МНИИРИП» (далее – институт) разработан макет базы данных ЭКБ (далее – БД ЭКБ), в котором использовался (проверенный годами практического применения и доставшийся нам в наследство от Минобороны) классификатор ЭКБ – перечень электронной компонентной базы, разрешённой для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники (далее – перечень). А с мая 2016 года институту дали разрешение на предоставление удалённого (через Интернет) доступа организациям



Чупринов А. А.

РЭК к существенно доработанному (по отношению к первоначальному макету) программному обеспечению (далее – ПО) БД ЭКБ с данными, входящими в официальное издание Перечня (в соответствии с РЭК 05.001), так и с данными, не входящими в него. В 2017 году количество организаций, подключённых к БД ЭКБ и пользующихся ею в своей деятельности в качестве ресурса информационной поддержки по ЭКБ, перевалило за 100. Понятно, что у этих организаций появились вопросы и пожелания, так как в первоначальной версии ПО БД ЭКБ реализовано далеко не всё, что хотелось бы видеть разработчикам и производителям РЭА. Если обобщить все разговоры и обсуждения по этой тематике работников института и представителей заинтересованных организаций

Рис. 1. Информационные ресурсы ФГУП «МНИИРИП», 2020 год



РЭК, получим следующие 3 основных и интересующих практически всех вопроса:

– Какие у института планы по дальнейшему развитию БД ЭКБ?

– Какие ещё полезные для предприятий РЭК электронные информационные ресурсы сегодня может предложить институт?

– Какие есть планы по развитию совокупности электронных информационных ресурсов института и к чему, с точки зрения максимально эффективной информационной поддержки организаций РЭК, планируется прийти?

Начнём с электронных информационных ресурсов, имеющихся сегодня. На рис. 1 изображена обобщённая схема взаимодействия системного и прикладного ПО, которое используется для работы с базами данных Института, находящимися в разной степени готовности к применению. Теперь подробнее о каждом электронном информационном ресурсе института.

ведётся работа как по поддержке актуальности данных по изделиям входящим в Перечень, так по наполнению БД по изделиям не входящим в него;

б) отсутствуют критически важные для ECAD данные: это поведенческие модели (SPICE и др.) для электромагнитного моделирования и трёхмерные геометрические модели (форматов IGES, STEP) для проектирования печатных плат. К сожалению, отечественные разработчики ЭКБ далеко не всегда предоставляют вышеперечисленные модели для разрабатываемых ими элементов;

– отсутствуют сервисы интеграции БД ЭКБ с ECAD системами (Altium Designer и др.). Здесь у Института пока нет достаточного опыта и компетенций для самостоятельного решения проблемы, поэтому планируется привлечь организации, имеющие соответствующий опыт (например, это могут быть: ЗАО «ЭсДиАй Солюшен» и (или) ЗАО «АСКОН»);

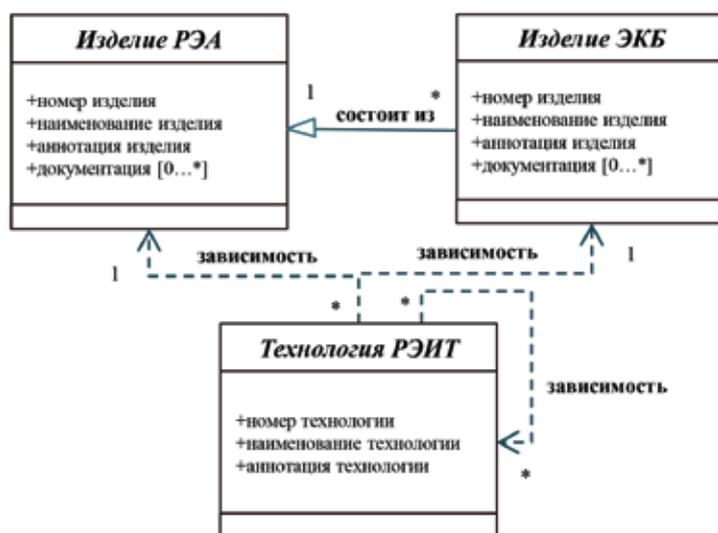


Рис. 2. Связь РЭА, ЭКБ и РЭИТ (UML диаграмма классов)

1. БД ЭКБ предназначена для обеспечения реализации следующих процессов:

– сбор и хранение данных по ЭКБ российского и зарубежного производства;

– формирование ежегодных издательских редакций Перечня;

– поиск данных по ЭКБ российского и зарубежного производства.

Одно из основных пожеланий организаций РЭК – это возможность использовать БД ЭКБ не только как хранилище технической информации, но и как MDM (Master Data Management) систему, интегрированную с наиболее востребованными в России системами ECAD (Electronic Computer-Aided Design) в радиоэлектронике. Это и есть главное направление развития БД ЭКБ, и при движении в этом направлении планируется решить существующие на сегодня следующие проблемы:

– недостаточное наполнение БД ЭКБ:

а) в основном база наполнена данными по ЭКБ, которые официально включены в Перечень (в соответствии с РЭК 05.001), данных по ЭКБ, не включённых в Перечень (в том числе по ЭКБ иностранного производства), мало. Сейчас непрерывно

– отсутствуют некоторые важные сервисы, такие как: сервис поиска аналогов по характеристикам и др. Институт планомерно ведёт работы по совершенствованию ПО БД ЭКБ, в том числе по разработке и подключению необходимых сервисов:

1) БДПГ – базаданныхплан-графиковимпортозамещения ЭКБ. Ресурс предназначен для выполнения функций планирования и учёта процессов замены в РЭА ЭКБ зарубежного производства на отечественные ЭКБ.

2) БД НИОКР – база данных научных-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по разработке ЭКБ, РЭА и радиоэлектронных и информационных технологий (РЭИТ). БД НИОКР предназначена для решения задач:

– информационного сопровождения в части планирования новых НИОКР;

– информационного сопровождения хода выполнения ведущихся НИОКР;

– информационного сопровождения в части результатов достигнутых при выполнении НИОКР.

Заметим, что в результате выполнения НИОКР появляются 3 типа объектов, это: либо ЭКБ, либо РЭА, либо РЭИТ и эти объекты семантически связаны между

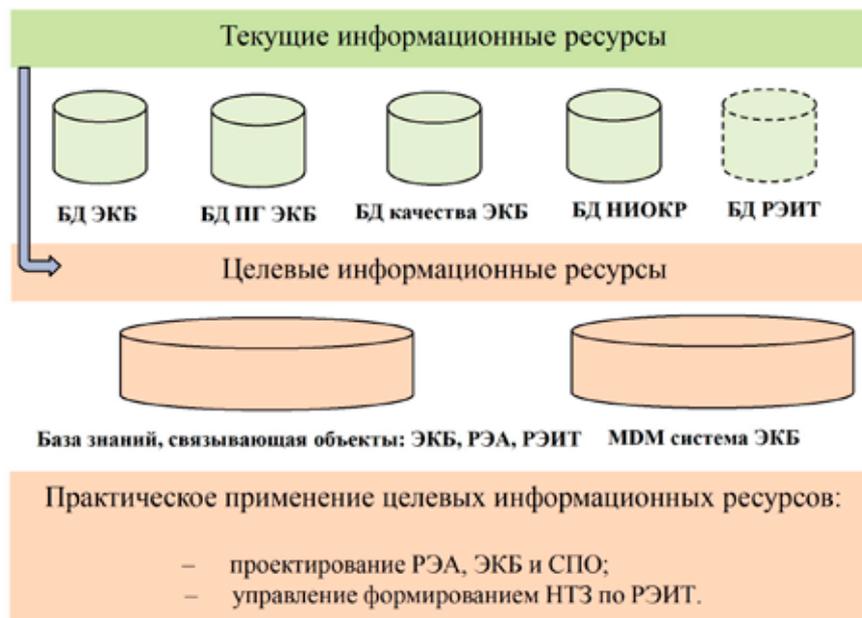


Рис. 3. Целевое направление совершенствования электронных информационных ресурсов института

собой (см. рис. 2). В перспективе предполагается, что необходимо будет сделать качественный скачок в информационной поддержке организаций РЭК, другими словами, перейти от совокупности баз данных к базе знаний, в которой будут сосредоточены знания по предметным областям РЭА, ЭКБ и РЭИТ и сервисы, помогающие использовать накопленные знания при проектировании. Более подробно эти вопросы рассматриваются в [1].

Планируется после проведения работ по доработке ПО, наполнению БД НИОКР и получению соответствующего разрешения Минпромторга России предоставлять к этому ресурсу удалённый доступ организациям РЭК России.

1) БД по качеству ЭКБ предназначена для:

- постоянного автоматизированного сбора, обработки и анализа информации о движении, качестве и надёжности ЭКБ на всех стадиях жизненного цикла по мере появления этой информации;
- объединения в единый процесс обработки и анализа информации о движении, качестве и надёжности ЭКБ от изготовителей и потребителей;
- унификации представления и содержания информации для оценки качества и надёжности как от изготовителей, так и от потребителей ЭКБ;
- автоматической оценки качества ЭКБ.

Будущее этого очень интересного и, как мы считаем, востребованного ресурса пока не определено, так как не решена проблема его наполнения и поддержки актуальности данных.

2) БД РЭИТ предназначена для информационного сопровождения и управления процессами создания научно-технического задела (НТЗ) по РЭИТ. Как видим на рис. 1, этой БД пока не существует, но в Институте накоплен определённый НТЗ по этому направлению, в частности по разработке классификатора РЭИТ [2], что позволяет планировать в ближайшем будущем создание такого ресурса.

В заключении приведём иллюстрацию (см. рис. 3) целевого направления совершенствования электронных

информационных ресурсов Института с переходом от совокупности баз данных к базе знаний по предметным областям: РЭА, ЭКБ и РЭИТ. Это будет качественный скачок в информационной поддержке организаций РЭК и позволит использовать имеющиеся сегодня существенные резервы по улучшению качества процесса проектирования ЭКБ и РЭА [1, 3, 4].

Литература

1. Алексеев В. В., Боков С. И., Колядин А. И., Чупринов А. А. Использование баз знаний в системах автоматизированного проектирования // Международный форум «Микроэлектроника-2018», 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник докладов. – Москва: ТЕХНОСФЕРА. Наноиндустрия. Спецвыпуск 2019(89). – С. 399–403.
2. Алексеев В. В., Боков С. И., Колядин А. И., Чупринов А. А. Вопросы управления государственными целевыми программами, направленными на создание радиоэлектронных и информационных технологий // Международный форум «Микроэлектроника-2018», 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник докладов. – Москва: ТЕХНОСФЕРА. Наноиндустрия. Спецвыпуск 2019(89). С. 393–398.
3. Алексеев В. В., Боков С. И., Колядин А. И., Чупринов А. А. Задачи системы интеллектуальной поддержки проектировщика по радиоэлектронным и информационным технологиям и формализация задачи проектирования // Динамика сложных систем – XXI век. – 2018. – т. 12. – № 4. – С. 42–49.
4. Алексеев В. В., Боков С. И., Колядин А. И., Куцько П. П., Чупринов А. А. Система управления знаниями радиоэлектронного комплекса (РЭК) на основе объединённого информационного пространства (ОИП) // Международный форум «Микроэлектроника-2018», 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник докладов. – Москва: ТЕХНОСФЕРА. Наноиндустрия. Спецвыпуск 2019(89). – С. 50–51.

УДК 621.382

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ
И ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**
METHODS AND MEANS FOR MEASURING THE THERMAL RESISTANCE OF INTEGRATED CIRCUIT

Смирнов В. И., д. т. н., профессор, УФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН; Сергеев В. А., д. т. н., профессор, УФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН; Гавриков А. А., к. т. н., УФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН

Smirnov V. I., D. Sc of Technical Sciences, Full Professor, UFIRE V. A. Kotelnikov of the Russian Academy of Sciences; Sergeev V. A., D. Sc of Technical Sciences, Full Professor, UFIRE V. A. Kotelnikov of the Russian Academy of Sciences; Gavrikov A. A, Ph. D. of Engineering Sciences, UFIRE V. A. Kotelnikov of the Russian Academy of Sciences

В данной статье рассмотрены методы и средства измерения теплового сопротивления полупроводниковых приборов и интегральных схем, а также проведены исследования теплофизических характеристик различных объектов.

This article discusses methods and means of measuring the thermal resistance of semiconductor devices and integrated circuits, as well as spend studies of the thermophysical characteristics of various objects.

Ключевые слова: полупроводниковые приборы, тепловое сопротивление, модуляционный метод.

Keywords: semiconductor devices, thermal resistance, modulation method.



Сергеев В. А.

Надёжность полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, тиристоров) существенно зависит от температуры, которую они имеют в процессе эксплуатации. Если температура кристалла достигает 100 °С, то интенсивность отказов увеличивается в 5–10 раз, а если при этом прибор работает на предельных электрических режимах, то интенсивность отказов может вырасти в 100 раз и выше. В связи с этим контроль процессов отвода тепла от активной области кристалла к корпусу прибора и далее в окружающую среду приобретает крайне важное значение. Качество теплоотвода характеризуется тепловым сопротивлением «переход-корпус» $R_{T_{jc}}$, которое определяется выражением:

$$R_{T_{jc}} = (T_j - T_c) / P = (\Delta T_j) / (I_{гр} \cdot U_{гр}), \quad (1)$$

где T_j и T_c – температуры p - n -перехода и корпуса прибора соответственно; P – мощность, рассеиваемая в приборе при протекании через него греющего тока $I_{гр}$; $U_{гр}$ – падение напряжения на приборе.

Определение температуры перехода T_j обычно производят на основе измерения какого-нибудь температурочувствительного параметра (далее – ТЧП), который должен однозначно и желательно линейно зависеть от температуры перехода. Для диодов в качестве ТЧП используют падение напряжения на p - n -переходе при протекании через него малого прямого измерительного тока $I_{изм}$ [1], для биполярных транзисторов – напряжение «база-эмиттер» [3], для мощных MOSFET-транзисторов – напряжение на

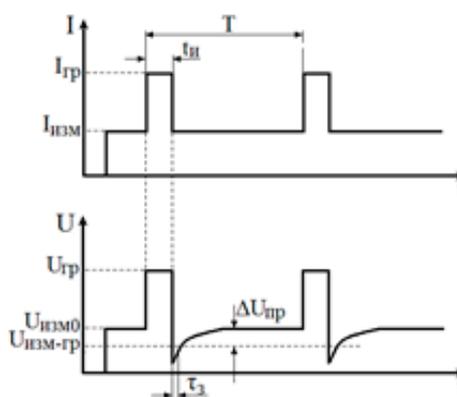


Рис. 1. Временные зависимости импульсов греющего тока и прямого напряжения на p - n -переходе

антипараллельном диоде или сопротивление канала [14], для IGBT-транзисторов – напряжение «коллектор-эмиттер» [13]. Для HEMT-транзисторов стандарты пока не разработаны, но в работе [17] предлагается использовать в качестве ТЧП прямое напряжение «затвор-исток». В стандарте ГОСТ РВ 5962-004.5–2012 [2] тепловое сопротивление интегральных схем

(далее – ИС) измеряется при вскрытом корпусе, а определение температуры кристалла ИС производится с использованием микропирометров, микротермопар, жидкокристаллических термоиндикаторов или на основе измерения ТЧП.

Стандартные методы измерения теплового сопротивления

Для измерения $R_{Tjс}$ полупроводниковых приборов и ИС существует довольно много самых разных методов, изложенных как в отечественных, так и в зарубежных стандартах. В отечественном стандарте ОСТ 11 0944–96 [3] наиболее простым и распространённым методом является метод, основанный на нагреве объекта импульсом греющего тока $I_{гр}$ и измерении приращения температуры перехода ΔT_j , которое вызвано рассеиванием в нём греющей мощности P . Для повышения точности измерений теплового сопротивления через объект пропускают серию импульсов греющего тока $I_{гр}$ и для каждого из них измеряют ΔT_j с последующим усреднением результатов измерения $R_{Tjс}$ (рис. 1).

Тепловое сопротивление «переход-корпус» определяется на основе формулы (1). Приращение температуры перехода ΔT_j после каждого импульса определяется выражением:

$$\Delta T_j = (U_{изм0} - U_{(изм-гр)}) / TKN = \Delta U_{пр} / TKN,$$

где $U_{изм-гр}$ – напряжение на $p-n$ -переходе, измеренное с задержкой τ_3 после окончания греющего импульса; TKN – температурный коэффициент напряжения.

По ряду причин метод обладает невысокой точностью. Во-первых, в нём не чётко оговорены критерии, определяющие оптимальную длительность импульсов греющего тока $t_{гр}$, а этот фактор оказывает существенное влияние на результаты измерения $R_{Tjс}$. В стандарте [3] приводится требование, чтобы значение $t_{гр}$ в 3–5 раз превышало тепловую постоянную времени

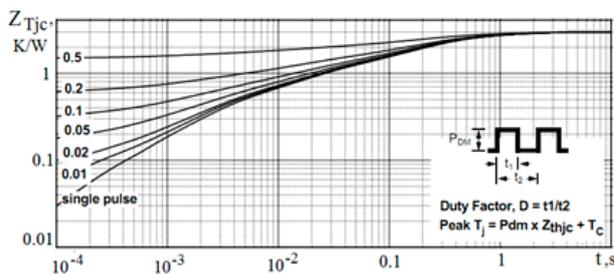
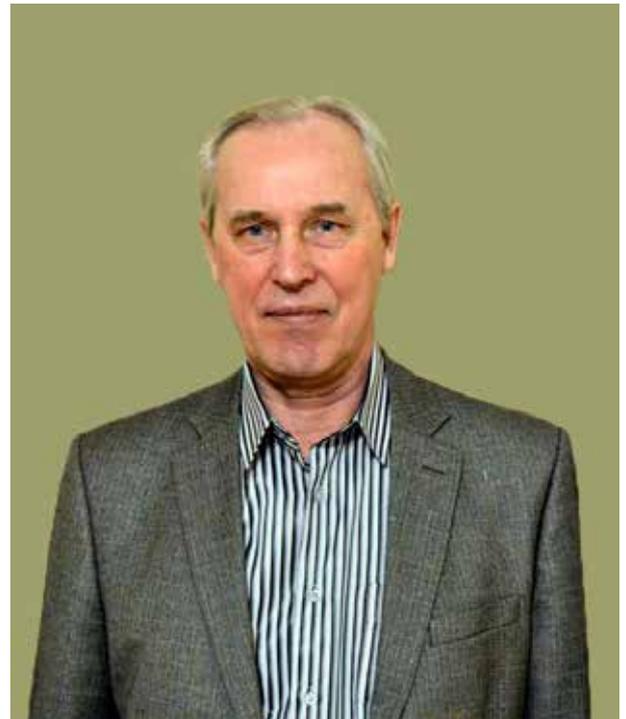


Рис. 2. Переходные характеристики при различных коэффициентах заполнения

«переход-корпус», но это требование носит слишком общий характер. Во-вторых, измерение температуры после каждого греющего импульса требует проводить с некоторой временной задержкой τ_3 , необходимой для завершения переходных электрических процессов, возникающих после переключения объекта из режима нагрева в режим измерения ТЧП. Но продолжительность переходных процессов у всех полупроводниковых приборов разная. Решение данной проблемы основано на экстраполяции сигнала ТЧП



Смирнов В. И.

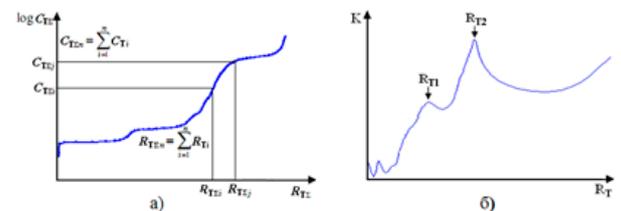


Рис. 3. Кумулятивная структурная функция (а) и дифференциальная структурная функция (б)

к моменту окончания греющего импульса, при этом зависимость ТЧП от времени предполагается корневой. Но в действительности зависимость ТЧП от времени может отличаться от корневой. Следует отметить, что в стандарте ОСТ 11 0944–96 по понятным причинам совершенно не представлены методы измерения теплового сопротивления таких полупроводниковых приборов, как HEMT-транзисторы, IGBT-транзисторы, мощные MOSFET-транзисторы, светодиодные матрицы и ряд других электронных компонентов, которые начали производиться в стране практически с конца 1990-х годов.

Ситуация с зарубежными стандартами значительно лучше. Производители электронных компонент, например, International Rectifier, Infineon, Fairchild, STMicroelectronics и др. для измерения теплового сопротивления выпускаемой продукции активно используют метод [12], основанный на анализе переходных характеристик. Для этого через объект пропускают последовательность импульсов греющего тока с возрастающей по логарифмическому закону длительностью и для каждого импульса вычисляют тепловой импеданс $Z_{Tjс}$, который определяется отношением разности температур перехода T_j и начальной температуры $T_j(t = 0)$ к мощности

рассеивания P . Анализ зависимостей теплового импеданса $ZT_{jc}(t)$, полученных при различных коэффициентах заполнения последовательности импульсов греющего тока (рис. 2), позволяет определить тепловое сопротивление «переход-корпус» $R_{T_{jc}}$.

В зарубежных стандартах также широко представлены методы, опирающиеся при анализе переходной характеристики температуры перехода $T_j(t)$ на вычисление кумулятивной и дифференциальной структурных функций [16], показанных на рис. 3. Кумулятивная структурная функция связывает между собой временную зависимость суммарной теплоёмкости $C_{T\Sigma}$ и суммарного теплового сопротивления $R_{T\Sigma}$, которые определяются выражениями:

$$C_{T\Sigma} = (P \cdot t) / (T_j(t) - T_j(t=0)),$$

$$R_{T\Sigma} = (T_j(t) - T_j(t=0)) / P, \quad (2)$$

Функция $C_{T\Sigma}(R_{T\Sigma})$ имеет особенности в виде пологих участков (рис. 3 а), каждый из которых соответствует какой-либо компоненте теплового сопротивления. Для выявления этих особенностей функцию $C_{T\Sigma}(R_{T\Sigma})$ дифференцируют, получая при этом дифференциальную структурную функцию $K(R_{T\Sigma})$:

$$K(R_{T\Sigma}) = (dC_{T\Sigma}) / (dR_{T\Sigma}).$$

Вид функции $K(R_{T\Sigma})$ приведён на рис. 3 б. Положение максимумов относительно оси абсцисс определяет значения компонент теплового сопротивления. Возможность определения компонент теплового сопротивления является несомненным достоинством метода, поскольку позволяет контролировать процесс монтажа кристалла в корпус полупроводникового прибора. Данный метод, использующий вычисление структурных функций, положен в основу работы измерительного комплекса T3Ster – Thermal Transient Tester [15]. В России имеется единственный экземпляр этого прибора – в НТЦ микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН (Санкт-Петербург). Сдерживающим фактором для его использования является высокая цена, превышающая 120 000 долларов.

Как следует из формулы (2), при реализации метода в процессе измерения теплового импеданса температура корпуса объекта должна быть фиксирована. Стандартом JESD51-14, например, рекомендуется фиксировать температуру корпуса с помощью так называемых «холодных» плит, представляющих собой медные пластины с каналами для жидкого хладагента [16]. Учитывая большое разнообразие геометрических форм корпусов полупроводниковых приборов, использование «холодных» плит может быть затруднено.

Модуляционный метод измерения теплового сопротивления

Новым методом измерения теплового сопротивления полупроводниковых приборов и ИС является модуляционный метод [5, 9]. В отличие от метода на основе измерения переходной характеристики, в

котором объект нагревается импульсами с монотонно нарастающей по логарифмическому закону длительностью, в модуляционном методе используется нагрев мощностью, модулированной по гармоническому закону. Модуляция греющей мощности осуществляется пропусканием через объект широтно-импульсно модулированной последовательности импульсов тока (далее – ШИМ-импульсов) с постоянными периодом следования и амплитудой. Пропускание ШИМ-импульсов тока через объект сопровождается рассеиванием в нём переменной тепловой мощности $P(t)$ с амплитудой P_1 , что вызывает гармонические колебания температуры перехода $T_j(t)$ с амплитудой T_{j1} , которые сдвинуты по фазе относительно мощности на величину ϕ .

Амплитудное значение мощности рассеивания P_1 определяется на основе измерения падения напряжения U_{rp} на объекте во время прохождения через него импульса тока амплитудой I_{rp} . Температура перехода, как и в других методах, измеряется в паузах между греющими импульсами косвенным способом на основе измерения ТЧП. Для измеренных временных зависимостей $T_j(t)$ производится Фурье-преобразование и вычисляется спектр $T_j(\nu)$, затем с помощью цифровых фильтров производится фильтрация $T_j(\nu)$, после чего с использованием обратного Фурье-преобразования восстанавливается отфильтрованная зависимость $T_j(t)$ и определяется её амплитудное значение T_{j1} .

Отношение амплитуд температуры перехода T_{j1} и рассеиваемой в объекте мощности P_1 определяет модуль $Z_T(\nu)$ теплового импеданса на частоте модуляции ν , а отношение мнимой $\text{Im } T_{j1}$ и вещественной $\text{Re } T_{j1}$ Фурье-трансформант позволяет определить его фазу $\phi(\nu)$:

$$Z_T = T_{j1} / P_1, \quad \phi = \arctg \text{Im } T_{j1} / \text{Re } T_{j1}.$$

Важной особенностью модуляционного метода является то, что с его помощью можно измерить компоненты теплового сопротивления, определяемые особенностями конструкции объекта, по которым распространяется тепловой поток от активной области кристалла в окружающую среду. Для решения данной задачи производится измерение теплового импеданса на разных частотах модуляции, значения которых расположены равномерно по логарифмической шкале частот. В полученной таким образом частотной зависимости теплового импеданса $Z_T(\nu)$ имеются особенности в виде пологих участков и точек перегиба, которые связаны с компонентами теплового сопротивления. Для выявления этих особенностей производится дифференцирование $Z_T(\nu)$ по частоте модуляции на основе расчёта в каждой точке коэффициентов линейной регрессии, что в конечном итоге позволяет определить компоненты теплового сопротивления.

Аппаратно-программный комплекс

Модуляционный метод измерения теплового сопротивления реализован в аппаратно-программном комплексе (далее – АПК), в состав которого входят импульсный характериограф полупроводниковых приборов ИХПП (рис. 4), компьютер и специализированное программное обеспечение. Характериограф ИХПП сертифицирован (№ 70158-18



Рис. 4. Импульсный характеристикограф полупроводниковых приборов ИХПП

в Госреестре). Для измерения теплового сопротивления ИС в АПК используется импульсный характеристикограф интегральных схем ИХИС (№ 74287-19 в Госреестре). Кроме модуляционного метода в АПК реализован ряд стандартных методов, входящих в ОСТ 110944-96 [3].

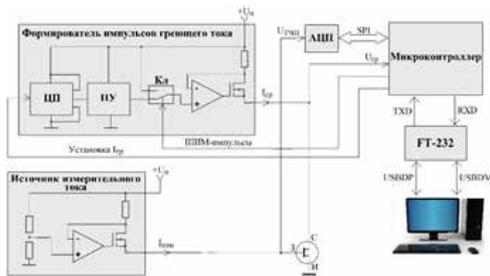


Рис. 5. Функциональная схема аппаратно-программного комплекса:
где ЦП – цифровой потенциометр; ПУ – преобразователь уровня;
Кл – электронный переключатель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
FT-232 – конвертор интерфейса «RS-USB»

Функциональная схема АПК представлена на рис. 5. Работа характеристикогра осуществляется под управлением микроконтроллера. Согласно установленному оператором режиму и параметрам измерений характеристикограф производит следующие действия:

- формирует ШИМ-импульсы греющего тока $I_{гр}$ с гармоническим или логарифмическим законом модуляции с установленными оператором амплитудой и периодом следования;
- формирует измерительный ток $I_{изм}$, используемый для определения ТЧП;
- производит преобразование напряжения на объекте в цифровой код и передачу в микроконтроллер посредством скоростного интерфейса SPI;
- передает результаты измерений ТЧП в компьютер посредством интерфейса USB;
- контролирует возникновение нештатных ситуаций и передаёт коды ошибок в компьютер для их распознавания;
- производит измерение переходной характеристики для реализации метода измерения по ОСТ 11 0944-96;
- формирует тестовые импульсы, используемые при проверке прибора.

Программное обеспечение LED Meter

Специализированное программное обеспечение LED Meter, разработанное для АПК, обеспечивает решение следующих основных задач:

- формирование и передачу в характеристикограф пакета данных с установленными оператором режимом и параметрами измерения;

- представление в графическом и текстовом формате осциллограмм температуры перехода и греющей мощности;

- вычисление модуля и фазы теплового импеданса при установленной оператором частоте модуляции греющей мощности;

- анализ частотных зависимостей теплового импеданса и определение компонент теплового сопротивления;

- анализ переходной характеристики и определение оптимальной длительности греющих импульсов для использования в методе ОСТ 11 0944-96;

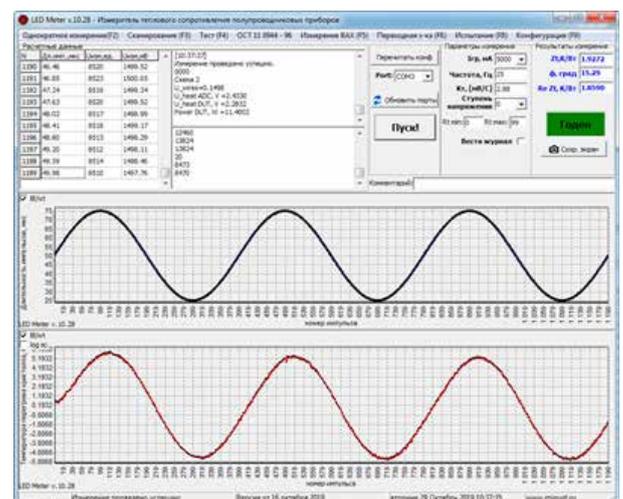
- проведение производственных испытаний однотипных объектов и их отбраковку по величине теплового сопротивления;

- отображение результатов измерения и сохранение результатов в специальном журнале.

На рис. 6 показано главное окно программы LED Meter, в котором имеется несколько текстовых окон для вывода результатов измерений и их обработки. Для контроля за процессом измерений в них выводится также различная служебная информация. Имеется окно, в поля которого оператор вводит параметры измерения. Часть параметров программа считывает из конфигурационного файла, к которому имеется доступ через кнопку «Конфигурация». Программа позволяет устанавливать границы допустимых значений теплового сопротивления объектов измерения и проводить их отбраковку по этому параметру. Есть возможность сохранять в журнале все результаты испытаний вместе с соответствующими рабочими параметрами.

В графические окна выведены временные зависимости длительности греющих импульсов (верхнее окно) и температуры перехода объекта измерений (нижнее окно). Осциллограммы, представленные на рис. 6, получены при измерении теплового сопротивления нитрид-галлиевого HEMT-транзистора CGH40025F. В качестве ТЧП использовалось напряжение $U_{зи}$ между затвором и истоком при токе через затвор 3 мА. Для определения температурного коэффициента напряжения (ТКН) измерялась зависимость $U_{зи}$ от температуры T , которая имела линейный характер с наклоном 2,88 мВ/К.

Рис. 6. Главное окно программы LED Meter



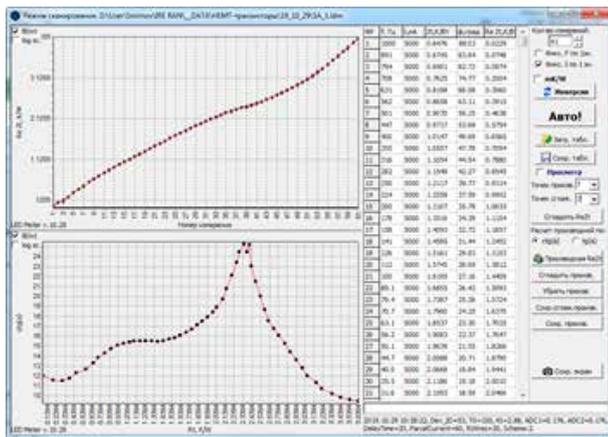


Рис. 7. Режим сканирования по частоте модуляции греющей мощности

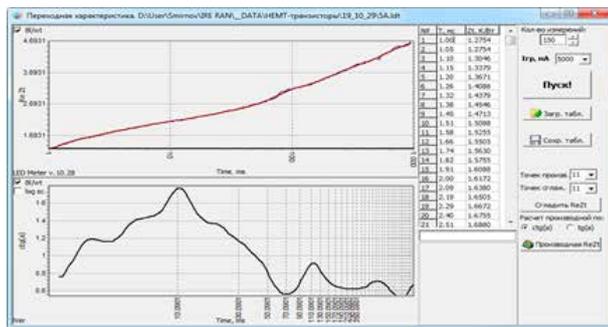


Рис. 8. Режим измерения переходной характеристики

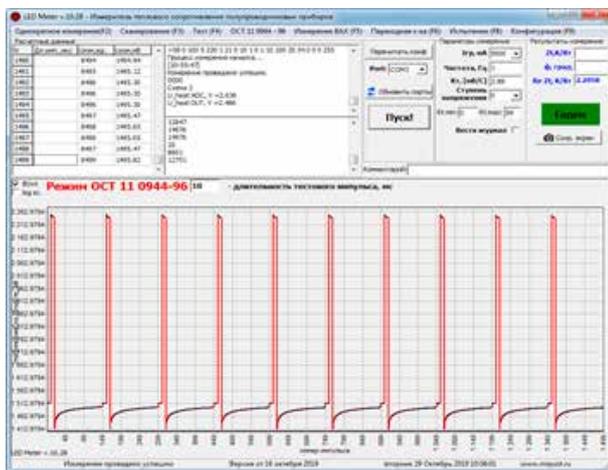


Рис. 9. Режим измерения теплового сопротивления согласно ОСТ 11 0944–96.

В режиме сканирования производится измерение частотных зависимостей модуля $Z_t(\nu)$ теплового импеданса, а также его вещественной части $Re Z_t(\nu)$ и фазы $\phi(\nu)$. Анализ полученных зависимостей позволяет определить значения компонент теплового сопротивления. В качестве примера на рис. 7 в верхнем окне показана частотная зависимость $Re Z_t(\nu)$, полученная для HEMT-транзистора CGH40025F. В нижнем окне показан результат её обработки. Положение максимума относительно оси абсцисс соответствует компоненте теплового сопротивления «переход-корпус», значение которой равно 2,37 К/Вт.

Стандартный метод основан на разогреве объекта серией импульсов тока и измерении температуры перехода до и после каждого греющего импульса [3]. При его реализации необходимо устанавливать длительность греющих импульсов такой, чтобы температура кристалла в конце каждого импульса достигала стационарного значения, но температура корпуса при этом в процессе измерений оставалась практически неизменной. Для определения длительности греющих импульсов, соответствующих данному критерию, в АПК предусмотрен специальный режим для измерения переходной характеристики и её анализа. Объект в этом случае разогревается последовательностью импульсов греющего тока, длительность которых линейно возрастает в диапазоне от 1 до 1 000 мс с равномерным по логарифмической шкале шагом. По измеренной температуре перехода до и после каждого импульса вычисляется тепловой импеданс $Z_t(t)$.

Результат такого измерения представлен в верхнем графическом окне на рис. 8. На переходной характеристике $Z_t(t)$ имеется относительно пологий участок, который соответствует тепловому сопротивлению «переход-корпус». Для определения длительности импульса, при которой возникает пологий участок, вычислялась производная $Z_t(t)$ по времени t . Зависимость $(dZ_t/dt) - 1$ от времени показана в нижнем графическом окне. По положению максимума относительно оси абсцисс определялась длительность греющих импульсов, которая для используемого в качестве объекта HEMT-транзистора CGH40025F составила 10 мс.

Результат измерения теплового сопротивления «переход-корпус» при установленной длительности греющих импульсов 10 мс представлен на рис. 9. Полученное таким методом значение $R_t = 2,30$ К/Вт хорошо согласуется со значением $R_t = 2,37$ К/Вт, полученным модуляционным методом (рис. 7).

Заключение

АПК реализован в 3-х конструктивных вариантах, которые предназначены для измерения теплового сопротивления разных объектов:

- Rth_Meter – для диодов, транзисторов, тиристоров, силовых модулей;
- IC Meter – для интегральных схем;
- LED Meter – для светодиодных матриц и солнечных батарей.

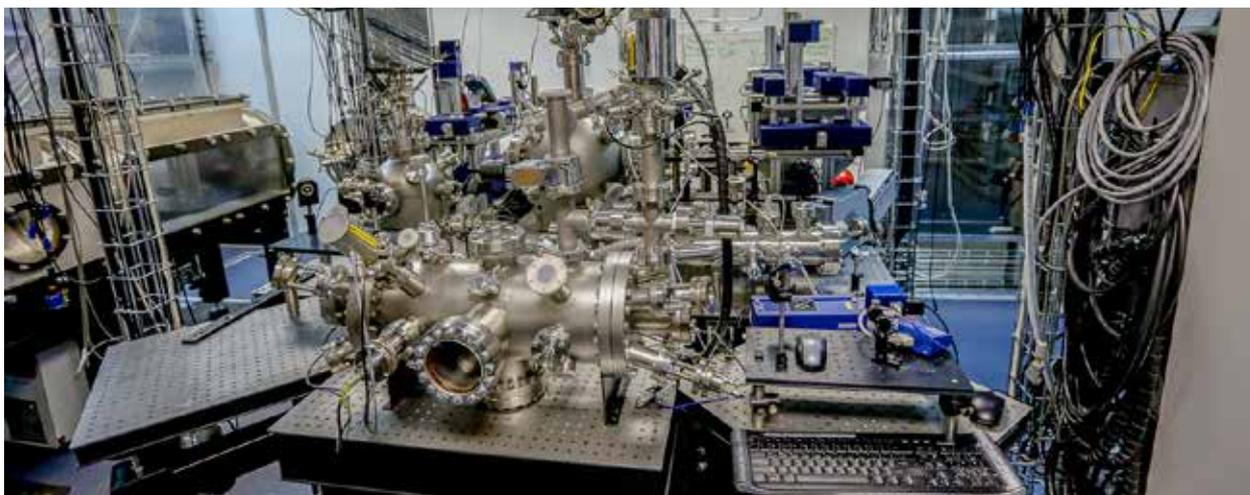
С помощью АПК были проведены исследования теплофизических характеристик различных объектов, в частности, нитрид-галлиевых HEMT-транзисторов на [8], мощных карбид-кремниевых MOSFET-транзисторов и кремниевых IGBT-транзисторов [10], биполярных СВЧ-транзисторов [4], интегральных схем [5], силовых модулей на MOSFET-транзисторах [6], светодиодных матриц [7], солнечных батарей [11]. Сравнение результатов измерений теплового сопротивления HEMT-транзисторов и биполярных СВЧ-транзисторов, полученных с использованием стандартного и модуляционного методов, показало, что они хорошо согласуются между собой. Аналогичные измерения теплового сопротивления, проведённые для микросхемы ПЗУ Flash-типа производства

АО «ПКК Миландр», также показали хорошее согласие результатов, полученных стандартным и модуляционным методами. Исследования теплофизических характеристик силовых модулей показали, что на основе модуляционного метода имеется возможность измерения перекрёстных тепловых сопротивлений и построения матрицы тепловых импедансов, наиболее полно характеризующей тепловые свойства силовых модулей. Исследования 100-ваттных светодиодных матриц с различными адгезионными слоями показали возможность измерения компонент теплового сопротивления «переход-адгезионный слой» и «переход-монтажная пластина», что позволило определить тепловое сопротивление адгезионного слоя. Всё это указывает на широкие возможности модуляционного метода измерения теплового сопротивления и АПК, в котором реализован этот метод.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и правительства Ульяновской области (проекты № 18-48-730018, № 18-47-730024).

Литература

1. ГОСТ 19656.15–84. Диоды полупроводниковые СВЧ. Методы измерения теплового сопротивления переход-корпус и импульсного теплового сопротивления. – М.: Изд. стандартов. 1984.
2. ГОСТ РВ 5962-004.5–2012. Микросхемы интегральные. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ. – 2013.
3. ОСТ 11 0944–96. Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Методы расчёта, измерения и контроля теплового сопротивления. – М.: ГУП НПП Пульсар. – 1997.
4. Смирнов В. И., Сергеев В. А., Гавриков А. А., Куликов А. А., Шорин А. М. Сравнительный анализ стандартного и модуляционного методов измерения теплового сопротивления мощных биполярных транзисторов // Журнал радиоэлектроники. – 2019. – № 1. – С. 1–14.
5. Смирнов В. И., Савостин Ю. А., Гавриков А. А., Шорин А. М. Методы и средства измерения теплового сопротивления интегральных микросхем // Автоматизация процессов управления. – 2018. – № 1. – С. 73–82.
6. Смирнов В. И., Сергеев В. А., Гавриков А. А., Шорин А. М. Измерение перекрёстных тепловых сопротивлений силовых модулей // Журнал радиоэлектроники. – 2019. – № 7. – С. 1–15.
7. Smirnov V. I., Sergeev V. A., Gavrikov A. A. Apparatus for Measurement of Thermal Impedance of High-Power Light-Emitting Diodes and LED Assemblies // IEEE Trans. Electron Devices. 2016. Vol. 63. № 6, pp. 2431–2435.
8. Smirnov V. I., Sergeev V. A., Gavrikov A. A., Kulikov A. A. Measuring thermal resistance of GaN HEMT transistors // IEEE Trans. Electron Devices. 2020. Vol. 67. № 10, pp. 4112–4117.
9. Smirnov V. I., Sergeev V. A., Gavrikov A. A., Shorin A. M. Modulation method for measuring thermal impedance components of semiconductor devices // Microelectronics Reliability. 2018. Vol. 80, pp. 205–212.
10. Smirnov V. I., Sergeev V. A., Gavrikov A. A., Shorin A. M. Thermal impedance meter for power MOSFET and IGBT transistors // IEEE Transactions on Power Electronics. 2018. Vol. 33, pp. 6211–6216.
11. Smirnov V. I., Sergeev V. A., Gavrikov A. A. Specificity of measuring thermal resistance in solar cells // IEEE Journal of Photovoltaics. 2019. Vol. 9. No 3, pp. 775–779.
12. Test Methods for Semiconductor Devices. MIL–STD–750–3. Department of Defense.
13. Thermal Impedance Measurement for Insulated Gate Bipolar Transistors – (Delta VCE(on) Method). JEDEC JESD24–12 standard.
14. Thermal Impedance Measurements for Vertical Power MOSFETs (Delta Source–Drain Voltage Method). JEDEC JESD24–3 standard.
15. Thermal Transient Tester – Technical information // Mentor Graphics.
16. Transient Dual Interface Test Method for the Measurement of the Thermal Resistance Junction to Case of Semiconductor Devices with Heat Flow through a Single Path. JEDEC JESD51–14 standard.
17. Yang L., Chen Z., Xu X., Zhan J. Study on the Heat Transfer of GaN–Based High Power HEMTs // IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing. 2017. Vol. 30. № 4, pp. 526 – 530.



УДК 621.3.049.77

ОПЫТ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ EXPERIENCE OF PREPARING AND TEST PERFORMANCE OF MODERN INTEGRATED MICROCIRCUIT

Сашов А. А., к. т. н., Кулибаба А. Я., Булаев И. Ю., АО «РКС»

Sashov A. A., Ph. D. of Engineering Sciences, Kulibaba A. Ya., Bulaev, I. Yu., JSC «RSS»

В данной статье рассмотрены виды испытаний современных интегральных микросхем, а также изложены варианты технического сопровождения испытаний ЭКБ и РЭА.

The article discusses the types of testing of modern integrated microcircuit and the article also describes technical support of ECU and REA tests.

Ключевые слова: испытания, электрорадиоизделия, интегральные микросхемы, полупроводниковые приборы.

Keywords: trials, electrical and radio products, integrated microcircuits, semiconductor devices.

Научный центр Сертификации элементов и оборудования (далее – НЦ СЭО) является структурным подразделением АО «Российские космические системы», головной научно-исследовательской организации по применению электрорадиоизделий (далее – ЭРИ) в ракетно-космической промышленности. НЦ СЭО проводит входной контроль, дополнительные, сертификационные испытания ЭРИ, а также предварительные испытания (для вновь разрабатываемых ЭРИ), является аккредитованным испытательным центром в системах ФСС КТ и «Электронсерт». НЦ СЭО обладает измерительной базой для проведения функционального и параметрического контроля всей номенклатуры ЭРИ, применяемой в ракетно-космической технике, в которую входят:

- интегральные микросхемы (далее – ИС) как простые (операционные усилители, логические элементы, источники питания), так и более сложные (ПЛИС, микропроцессоры, микроконтроллеры, запоминающие устройства, интерфейсные микросхемы, ЦАП, АЦП и т. п.);

- электронные компоненты СВЧ-диапазона (генераторы, синтезаторы частот, усилители, смесители, аттенюаторы, полупроводниковые компоненты и т. п.);

- дискретные полупроводниковые приборы (диоды, транзисторы, оптоэлектронные устройства и т. п.);

- пассивные компоненты (резисторы, конденсаторы, индуктивности, шаговые двигатели, реле, разъёмы и т. п.).

Парк испытательного оборудования НЦ СЭО позволяет проводить климатические, механические и ресурсные испытания (электротермотренировка, испытания на безотказность и сохраняемость), а также разрушающий физический анализ (растровая электронная



Сашов А. А.



Булаев И. Ю.

микроскопия, испытания на прочность крепления кристалла и сварных соединений, контроль содержания паров воды в подкорпусном пространстве). Рентгеновский контроль и акустическая микроскопия позволяют проводить внутренний визуальный осмотр изделия без необходимости вскрытия его корпуса, что даёт возможность обнаружить внутренние дефекты сборки ЭРИ, а также контрафактную продукцию (перемаркировку корпуса, различные размеры кристаллов у изделий одной партии ЭРИ и т. д.).

НЦ СЭО оказывает услуги технического сопровождения, в том числе в части разработки испытательной оснастки. Налажена работа с исполнителями по проведению испытаний на стойкость к радиационным эффектам космического пространства, воздействие акустического шума, импульсной электрической прочности и т. д. Также НЦ СЭО проводит расчёты радиационной стойкости бортовой аппаратуры космических аппаратов к воздействию ионизирующего излучения космического пространства с использованием 3D-моделей любой сложности, разрабатывает рекомендации по обеспечению оптимальной массовой защиты аппаратуры.

Функциональный и параметрический контроль современных ИС является одним из наиболее сложных и наукоёмких направлений деятельности НЦ СЭО по следующим причинам:

- для проведения неразрушающих испытаний необходима стыковка испытуемой ИС с тестером без помощи пайки, для чего необходима разработка специализированной испытательной оснастки (печатной платы с «обвязкой»), на которой, в том числе располагается контактирующее устройство (колодка, сокет), обеспечивающее надёжный механический и электрический

контакт ИС с испытательной оснасткой. Разнообразие корпусов ИС требует применения большого количества индивидуальных контактирующих устройств, соответствующих конкретному корпусу по количеству выводов, размерам, электрическим параметрам и т. д.;

- высокие рабочие частоты современных ИС накладывают требования как к тестерному оборудованию, так и к испытательной оснастке, которая должна быть разработана в соответствии с требованиями, предъявляемыми к современным быстродействующим печатным платам по качеству напряжения в сигнальных линиях и питающих трассах. Несоблюдение этих требований может привести к ложному забракованию ИС (например, шум в цепи питания или выбросы напряжения в сигнальных линиях могут привести к повышению тока потребления ИС и нарушению функционирования) или даже выходу ИС из строя;

- большое количество сигнальных выводов ИС (иногда более 1 000) требует соответствующего количества каналов тестера или применения специальных технических решений, позволяющих последовательно протестировать все выводы и блоки микросхемы;

- сложность современных ИС, которые зачастую представляют собой системы на кристалле, требует разработки сложных функциональных тестов, проверяющих каждый внутренний блок ИС. Так, например, для сложно-функциональной ИС, у которых на одном кристалле располагают процессор и контроллер, управляющий несколькими периферийными устройствами (запоминающие устройства, интерфейсы обмена данными и т. п.) необходимо разработать встраиваемое программное обеспечение, загружаемое во внутреннюю память ИС (при наличии) или в подключаемую внешнюю память, которое будет на основании внешних запросов с тестера верифицировать каждый внутренний блок ИС – регистры процессора и блоки работы с инструкциями, объём памяти и быстродействие запоминающих устройств, пропускную способность интерфейсов обмена данными и т. д., и сообщать результат тестеру;

- необходимо измерять по возможности все электрические параметры ИС, с обязательным соблюдением условий их измерения, указываемых в документации производителя. Большой опыт работы НЦ СЭО с ЭРИ иностранного производства позволяет говорить о том, что зачастую производитель ИС указывает границы электрического параметра на основании результатов моделирования, о чём не всегда поясняется в документации. Выход реального значения параметра за «смоделированные» пределы может привести к неработоспособности ЭРИ в аппаратуре. Например, превышение тока потребления в одном из режимов работы ИС может быть критичным в приборах с батарейным питанием, а повышенное сопротивление выхода ИС может негативно сказаться на скорости передачи данных из такой ИС в другое устройство;

- в случае, если характеристик тестера недостаточно для полноценного функционального или параметрического контроля ИС (рабочая частота ИС превышает рабочую частоту тестера, погрешность измерения тока не позволяет измерить ток потребления

ИС с ультранизкой потребляемой мощностью и т. д.), необходимо использовать дополнительные внешние приборы (вольтметры, амперметры, источники питания, генераторы, осциллографы и т. д.), а иногда разрабатывать и отдельные рабочие места;

- учитывая сложность современных ИС (сотни миллионов транзисторов и несколько километров межсоединений), проведение функционального и параметрического контроля может не гарантировать отсутствие внутренних скрытых дефектов, так называемых «замыканий» и «обрывов» – паразитных сопротивлений, величина которых может меняться (как увеличиваться, так и уменьшаться) в течение времени эксплуатации ИС в составе прибора. Например, на момент проведения испытаний величина паразитного сопротивления между какими-либо внутренними цепями ИС может составлять величину более 1 МОм и не оказывать заметного влияния на работу ИС, а через несколько лет наработки снизиться до критической величины и замкнуть цепи друг на друга. Для обнаружения такого рода скрытых дефектов необходимо проведение электротермотренировки (с переключением как можно большего количества внутренних вентилях ИС и контролем дрейфа параметров каждого изделия) и применения методов диагностического неразрушающего контроля (диагностика по току потребления в различных режимах, контроль динамических параметров при пониженном напряжении питания, измерение шумовых характеристик и т. д.). В НЦ СЭО постоянно ведутся научно-исследовательские работы по созданию и совершенствованию таких методов диагностики.

Для функционального и параметрического контроля ИС в НЦ СЭО используются преимущественно тестеры фирмы ООО «ФОРМ» – Formula 2K и Formula HF3. Имея богатый опыт в разработке испытательной оснастки (печатных плат и программного обеспечения) для проведения функционального и параметрического контроля ИС (на данный момент разработано более 1 000 экземпляров оснастки) НЦ СЭО предлагает, кроме проведения испытаний, поставку готовых тестовых решений, которые позволят проводить тестирование ИС на вашем измерительном оборудовании.

Литература

1. Кулибаба А. Я., Прищепова С. П., Штукарёв А.Ю. Проблемы ускоренных испытаний электронной компонентной базы на надежность. Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2014. – т. 1, вып. 2.
2. Кулибаба А. Я., Сашов А.А., Скрипников А.А., Штукарёв А. Ю. Оборудование и программно-аппаратный комплекс для испытаний электронной компонентной базы. Наноиндустрия. Спецвыпуск 2020 (5s, т. – 13 (102)).
3. Алыков А. Н., Корбанкова Т. Ю., Кулибаба А. Я. Рентгеновский контроль изделий ЭКБ. Материалы 22-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара «Актуальные проблемы физической и функциональной электроники».

НОВОЕ В ТРЕБОВАНИЯХ ЭС РД 010-2020 «ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТАВЩИКАМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ПОРЯДОК ИХ КВАЛИФИКАЦИИ»
NEW IN THE REQUIREMENTS OF ES RD 010-2020 «REQUIREMENTS FOR SUPPLIERS OF ELECTRONIC COMPONENT BASE AND THE ORDER OF THEIR QUALIFICATION»

Подьяпольский С. Б., к. т. н.; Косенюк В. М., ФГУП «МНИИРИП»
Podyapolskii Sergei B., Ph. D. of Engineering Sciences; Kosenyuk Vasilii M., FSUE «MNIIRIP»;
+7 (495) 586-17-21; psb@mniirip.ru; kosenyuk @mniirip.ru

В статье рассмотрены основные аспекты методологии задания требований и определения критериев оценки при квалификации организаций в качестве поставщиков электронной компонентной базы (ЭКБ).

The article discusses the main aspects of the methodology for setting requirements and determining the assessment criteria when qualifying organizations as suppliers of an electronic component base (ECB).

Ключевые слова: электронная компонентная база, система менеджмента качества, радиоэлектронная аппаратура, квалифицированный поставщик, квалификация, поставка, оценка соответствия.

Keywords: electronic component base, quality management system, electronic equipment, qualified supplier, qualification, supply, conformity assessment.



Косенюк В. М.

Участие организаций, не являющихся изготовителями ЭКБ, в цепочке поставки и обеспечения комплектования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в международной практике нашло распространение в начале 1990-х годов [1, 3]. Изготовители полагают, что посредством оказания таких дополнительных услуг и организации тесного взаимодействия с заказчиками, дистрибьюторы могут реально помогать формировать более высокую потребность в их продукции. Многие дистрибьюторы обслуживают также и изготовителей, работая над проблемой всё более возрастающей неритмичности производства изделий [2].

В СДС «Электронсерт» требования к квалифицированным поставщикам ранее были установлены в нормативном документе ЭС РД 010-2015 «Требования к системе

менеджмента качества поставщиков электронной компонентной базы и порядок их квалификации».

Особенность установленных требования к функциям и задачам поставщиков ЭКБ отечественного и иностранного производства, при их квалификации, включает процедуры формирования партионных закупок и комплексных поставок, организацию сертификационных испытаний изделий иностранного производства, методы противодействия поставкам контрафактной продукции.

За истекший с момента введения в действие период произошли существенные изменения в законодательной области, документах по стандартизации, принятия нормативных правил и условий привлечения поставщиков ЭКБ к поставке продукции [4], накоплен существенный опыт по совершенствованию критериев оценки деятельности таких организаций.

В новой редакции документа предусмотрены следующие изменения и дополнения:

- разделены процедуры проведения сертификации СМК поставщиков и квалификации как отдельной процедуры;
- актуализированы нормативные ссылки, используемые определения и сокращения с целью приведения их в соответствие с документами по стандартизации;
- конкретизированы и уточнены требования к системе организации работы поставщиков ЭКБ отечественного и иностранного производства;
- повышены роль, функции и задачи службы качества квалифицированного поставщика;
- конкретизированы и уточнены требования к входному контролю ЭКБ и противодействию поставке контрафактной продукции;
- осуществлено развитие методологического подхода к определению перечня несоответствий, несущих существенные риски выполнения требований по качеству, идентификации и прослеживаемости поставок ЭКБ.

Основным отличием новой редакции документа от редакции 2015 года является исключение из текста документа требований к СМК поставщика ЭКБ. При этом организация до начала работ по квалификации должна внедрить и пройти сертификацию



Подъяпольский С. Б.

СМК в соответствии с установленными системой государственных стандартов для данного вида продукции требованиями и дополнительными требованиями, установленными в ЭС РД 009-2014 «Требования к системе менеджмента качества предприятий разработчиков, изготовителей и поставщиков ЭКБ».

Готовность поставщика к проведению квалификации на соответствие требованиям ЭС РД 010-2020 устанавливается по результатам сертификации СМК в одном из органов по сертификации системы менеджмента качества (ОС СМК) СДС «Электронсерт» или ОС СМК других систем добровольной сертификации.

Приведены новые и актуализированные документы по защите электронных устройств от электростатических явлений, защите от фальсификации и контрафакта, ЕСКД, входному контролю изделий, порядку предъявления и удовлетворения рекламаций, применения специализированной электронной компонентной базы категории качества «ОТК», нормативные документы СДС «Электронсерт».

В общих положениях чётко идентифицированы потенциальные конфликты интересов при совмещении в одном юридическом лице деятельности по испытаниям и проведению поставок ЭКБ, конкретизирована процедура заказа и поставки ЭКБ отечественного производства (ЭКБ ОП), необходимость создания СМК и её сертификации.

В новом документе конкретизированы, уточнены требования и процедуры по противодействию поставке контрафактной продукции на этапе входного контроля с помощью визуального и инструментального методов контроля.

На основе опыта работы и выявленных проблем функционирования квалифицированных

поставщиков в области обеспечения комплектования РЭА изделиями ЭКБ, требующего подтверждённого уровня качества и обеспечения идентификации закупаемой и поставляемой ЭКБ, установлены критерии, при нарушении которых деятельность поставщика не может быть оценена положительно.

Уточнены, расширены и конкретизированы требования к функциям, задачам и уровню компетенции службы качества, в том числе установлена необходимость:

- отработки процедур согласования контрактов с заказчиком и изготовителем (поставщиком) ЭКБ с целью проверки правильности обозначения типов (типономиналов) ЭКБ;
- наличия требований к СМК изготовителей (поставщиков), условий организации рекламационной работы;
- проведения входного контроля изделий (включая проверку на наличие признаков контрафакта) с обязательной регистрацией его результатов;
- опечатывания упаковок находящейся на складе продукции после изъятия её части для последующей отгрузки;
- разработки формы этикетки в соответствии с ГОСТ Р 2.601, ГОСТ Р 2.610 и её заполнение на отгружаемую продукцию;
- разработки методики сквозного контроля подразделений по выполнению процедуры идентификации закупаемых и поставляемых ЭКБ с этапа получения заявки от потребителя до отгрузки и его проведение (не реже 1 раза в месяц) с оформлением протокола результата проверки.

В новой редакции отдельные виды работ и процедуры их выполнения квалифицированным поставщиком потребовали выделения самостоятельных разделов (подразделов), в том числе по: особенностям входного контроля и идентификации ЭКБ различных категорий исполнения, процедуре расширения и сужения области компетенции, проверке соответствия установленным требованиям при изменении места нахождения поставщика и т. д.

Литература

1. Барнард Дж. Р. Что такое «уполномоченный дистрибьютор» и почему я должен покупать у него? / CHIP news. Новости о микросхемах. – № 9–10. – 1997.
2. Герасимов Ю. Мнения российских «профи». Реакция дистрибьюторов на статью Дж. Барнарда / CHIP news. Новости о микросхемах. – № 9–10. – 1997.
3. Общие требования к дистрибьюторам военных микросхем и полупроводниковых приборов. JEP109-C. Публикация JEDEC. Ассоциация электронной промышленности. Промышленный отдел. – 1995.
4. Постановление Правительства РФ от 11.10.2012 № 1036 «Об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг), поставляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ В МЧС РОССИИ
THE MAIN DIRECTIONS OF USING RADIO RELAY COMMUNICATION
IN THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

Зверев А. П., к. т. н., доцент, ФГУП «МНИИРИП»; Булгаков В. О., ООО «Виантек»

Zverev A. P., Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor, FSUE «MNIIRIP»; Bulgakov V. O., ООО «Viantek»;
+7 (495) 586-17-21; zverev@mniirip.ru

В данной статье поднят вопрос об использовании радиорелейных линий связи для передачи информации в период ликвидации чрезвычайных ситуаций как природного, так и техногенного характера, показана передача информации между станциями, предложена частота, которую целесообразно использовать в приёмниках и передатчиках МЧС при ликвидации ЧС.

This article discusses the use of radio-relay communication lines for transmitting information during emergency response, both natural and man-made, suggests the frequency that is appropriate to use in receivers and transmitters of the Ministry of emergency situations, and shows the transmission of information to honey stations.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, оптоволоконные кабели, условия распространения радиоволн, радиорелейные станции, диапазон частот, силы МЧС, пакетные радиосети.

Keywords: emergency situations, fiber-optic cables, radio wave propagation conditions, radio relay stations, frequency range, emergency forces, packet radio networks.

Целью статьи является рассмотрение вопросов использования сетей радиорелейной связи в МЧС России. На основе приведённых чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) природного характера показано, что их число постепенно возрастает, а не уменьшается. Таким образом, рассматривается важная задача – как организовывать взаимодействие спасательных формирований в зоне ЧС. Одним из вариантов решения задачи является использование радиорелейной связи. При решении задачи показаны графики затухания сигналов на различных частотах. Приведена формула определения дальности радиорелейной связи, а также графики коэффициента стоячей волны по напряжению (далее – КСВН).

С каждым годом природные катаклизмы не уменьшаются, а, как правило, остаются на прежнем уровне или только увеличиваются. Так, в сентябре 2016 года тайфун «Лайонрок», который бушевал в Приморье, принёс в данный край почти трёхмесячную норму осадков. За этим тайфуном пришёл ещё один – «Нептеум». В результате действия этих 2-х тайфунов было подтоплено 170 населённых пунктов в 27 районах края. В зоне наводнения оказались почти 9 000 человек. В крае в целом было подтоплено более 3 000 домов. Ущерб краю был нанесён более чем в 7 млрд руб.

В январе 2017 года температура в Москве опустилась до отметки -29,8 °С. Данная температура в Москве была самой низкой за период начала XXI века.

В мае 2017 года из-за затяжных дождей в Ставропольском крае произошёл самый большой паводок за последние 50 лет. Было затоплено более 2 000 жилых домов, ущерб оценивался в 2,6 млрд руб.

В мае 2017 года на Москву обрушился ураган – самый смертоносный за последние десятилетия. Он был беспрецедентным за всю историю метеонаблюдений в Москве, скорость ветра достигала 22–32 м/с. В период действия урагана погибли 18 и пострадали 200 человек.

Летом 2018 года природные пожары охватили больше 8,5 млн га леса. Большая часть очагов пришлась на Амурскую область, Хабаровский и Красноярский края, Еврейскую автономную область.



Булгаков В. О.

В Иркутской области в начале июня 2019 года прошло крупное наводнение. Из-за сильных затяжных дождей резко поднялся уровень воды в левобережных притоках Ангары. В зону паводка попали 109 населённых пунктов, погибли 25 человек и 6 – пропали без вести.

Количество природных катаклизмов можно было бы продолжать и далее, однако стоит задать вопрос: как осуществлять и организовывать связь в период ликвидации чрезвычайных ситуаций так, чтобы все подразделения имели возможность связываться для взаимодействия не только с центром по ликвидации ЧС, а именно с КЧС (комиссией по ликвидации ЧС), но и между спасательными формированиями [1 с. 3, 4, 5]?

Потребности пакетной передачи данных на небольшие расстояния по радиоканалам постоянно возрастают, в МЧС это связано

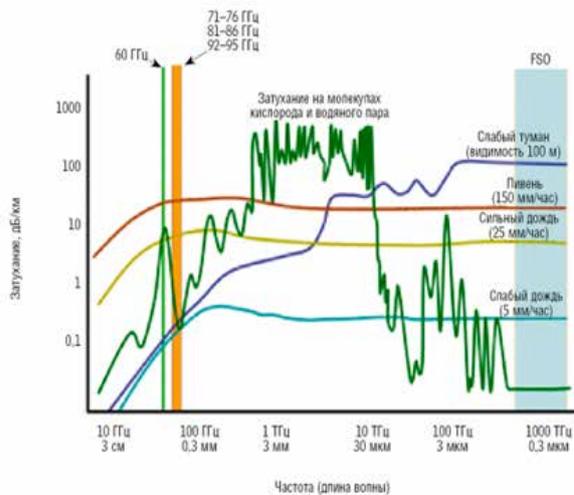


Рис. 1. Затухание радиоволн миллиметрового диапазона

с организацией связи в период ликвидации ЧС как природного, так и техногенного характера. Важную роль здесь начинают играть радиорелейные станции миллиметрового диапазона длин волн. Это обусловлено их высокой пропускной способностью и простотой юридического оформления.

Сначала целесообразно рассмотреть частотный диапазон и его характеристики. Диапазон частот 40,5–42,5 ГГц. Данный диапазон называют ещё квазиоптическим, так как радиоволны в нём распространяются подобно световому лучу. Антенна в данном диапазоне имеет ширину диаграммы направленности около 60 см, что всего в 3 раза больше ширины луча оптических систем передачи беспроводной связи. Следовательно, в данном диапазоне частот возможно поделить частотный ресурс не только по частоте и во времени, но и по направлению луча. Это обстоятельство позволит многократно увеличить пропускную способность диапазона [2 с. 134, 3 с. 31].

Следующей немаловажной особенностью данных частот является возможность их развёртывания в сетях со сложной электромагнитной обстановкой. В городах в ДМВ-диапазоне установлено большое количество передатчиков, следовательно, развёртывание целостной сети на относительно низких частотах будет невозможно. Переход же в данный диапазон практически уберёт проблему интерференции. В данном диапазоне частот даже малогабаритные антенны диаметром 30 см имеют коэффициент усиления около 40 дБ. Нетрудно высчитать, что для передачи информации достаточно иметь мощность порядка 0,1 Вт (т. е. в 10 раз меньше мощности передатчика мобильного телефона) [3 с. 74, 4 с. 91].

В большинстве стран Европы использование диапазона 58,25–63,25 ГГц разрешено безлицензионно. Особенность данного диапазона состоит в том, что у него имеется наличие локального максимума в молекулах кислорода и водяных парах. Данное явление приводит к ограничению реальной дальности передачи в этом диапазоне, не превышающем 1 км. Диапазон длин волн в пределах 40–50 ГГц имеет незначительные затухания, это видно на рис. 1. Диапазон 71–76, а также диапазон 81–86 ГГц ещё называют диапазоном (E-Band). Особенностью данных диапазонов является то, что они

не требуют лицензирования. Второй особенностью данных диапазонов является минимальное затухание в молекулах кислорода и водяных парах. Примерная дальность передачи информации составляет от 3 до 7 км, скорость передачи при этом составляет порядка нескольких Гб. Как показывает практика в России наиболее эффективно возможно использовать РРС (радиорелейные станции) с модуляцией QPSK 16 AM и 64 QAM. При использовании модуляции QPSK при той же скорости передачи требуется вдвое узкая полоса частот по сравнению с BPSK, данный факт констатирует повышение чувствительности на 3 дБ. Ввиду того, что при BPSK сигналы противоположны, а при QPSK они ортогональны, следовательно, вероятность ошибки при QPSK обеспечивается приём вдвое большем отношении сигнал/шум, что компенсирует увеличение чувствительности. Таким образом, использование



Зверев А. П.

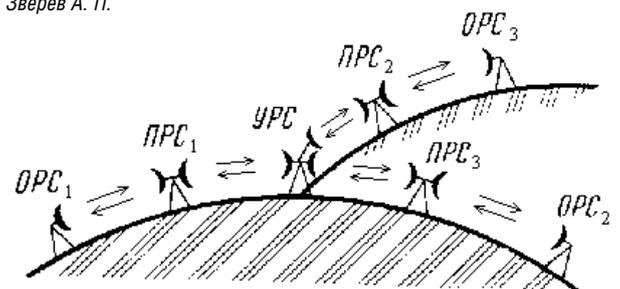


Рис. 2. Станции приёма и ретрансляции радиорелейных линий

QPSK вместо BPSK не приведёт к потерям, но позволит вдвое повысить спектральную эффективность за счёт сужения полосы в 2 раза [3 с. 39, 5 с. 84].

Получается, что радиосистема передачи, в которой сигналы электросвязи передаются с помощью наземных ретрансляционных станций, называется радиорелейной системой передачи. Следовательно, радиорелейные линии (далее — РРЛ) представляют собой цепочку приёмо-передающих станций (оконечных, промежуточных, узловых), которые осуществляют последовательную многократную ретрансляцию, в том числе приём, преобразование, усиление и передачу сигналов.

60 лет развития РРЛ способствовали продвижению данного вида связи, которые способны конкурировать со всеми другими видами связи, в том числе дополняя их. Сегодня РРЛ являются большой и важной составной частью сетей электросвязи, таких как ведомственные корпоративные, региональные и др. Данный вид связи имеет много достоинств, таких как:

- возможность быстрой установки оборудования при незначительных капитальных затратах;
- организация многоканальной связи, особенно на участках со сложным рельефом местности;
- возможность применения в случаях аварийного восстановления связи при стихийных бедствиях, а также при проведении спасательных операций;
- возможность передачи информации с высоким качеством практически не уступающим ВОЛС (волоконно-оптическим линиям связи).

Современные РРЛ позволяют передавать одновременно не только сотни телефонных сигналов, но и обеспечивают видеоконференц-связь, что особенно важно в условиях ликвидации ЧС. Из условий передачи известно, что радиосигналы эффективно передаются в условиях прямой видимости, особенно это характерно для частот миллиметрового диапазона. Таким образом, на линиях радиотрансляции применяют процесс усиления сигналов. Протяжённость пролётов между соседними станциями зависит от профиля рельефа местности и высот установки антенн. Как правило, её выбирают близкой к прямой видимости (км) [5 с. 28]. Для поверхности земли с учётом рефракции можно записать формулу:

$$L = 4.12\sqrt{(h_1 + h_2)},$$

где h_1 – высота передающей антенны; h_2 – высота приёмной антенны (высота измеряется в метрах (м)).

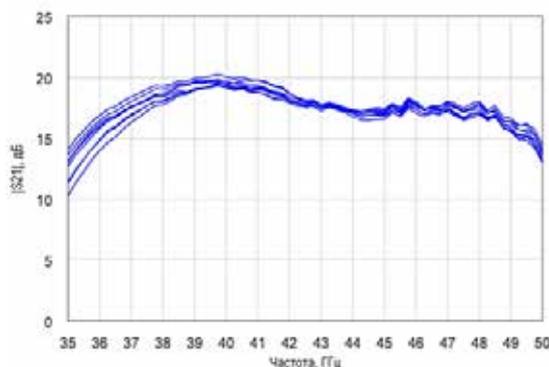


Рис. 3. График параметров S21

В данный момент существуют 3 вида станций РРЛ, а именно оконечные, промежуточные и узловые. Пролётом (интервалом) РРЛ называется расстояние между 2-я ближайшими станциями.

Для структуры МЧС целесообразно рассматривать только оконечные радиорелейные станции, так как в период ликвидации последствий ЧС даже 2-х станций будет достаточно для передачи информации с пунктов спасательных формирований. Так как максимальное расстояние для частот диапазона 40 ГГц составляет порядка 12 км. В случае подтопления или контроля

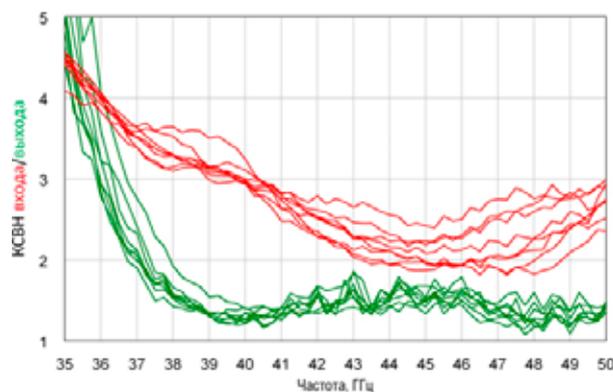


Рис. 4. KCBH входа и выхода

схода селевых потоков, частично пожаров, возможно обеспечить радиосвязь со всеми подразделениями, работающими в зоне ЧС и, кроме того, подать сигналы через станции привязки к общегосударственной сети со всеми подразделениями сил МЧС не только города, области, но и МЧС России.

Рассмотрим далее S-параметры. Данные параметры обеспечивают значения таких видов анализа, как Stability and Gain Circles (круговые диаграммы, стабильность усиления и др.). Ещё одним важным положением использования данных параметров является то, что данные параметры являются средством моделирования и позволяют производить интерполяцию внутри диапазона. Так, S21 называют ещё коэффициентом передачи. На рис. 3 представлены графики, из которых видно, что максимальный коэффициент передачи приходится на частоту около 40 ГГц. Следовательно, необходимо использовать данную частоту для сил МЧС [6 с. 23].

На следующем графике (рис. 4) представлен KCBH. Данный показатель используется как мера согласования импеданса нагрузки с характеристическим импедансом линии передачи, по которой передаются радиочастотные сигналы. Таким образом, KCBH является мерой глубины согласования нагрузки с линией передачи. Из данного графика видно, что KCBH стремится к 1 на частоте близкой к 40 ГГц. Следовательно, изготовление приёмников и передатчиков в пределах 40 ГГц позволит всем службам МЧС осуществлять ликвидацию ЧС как техногенного, так и природного характера более качественно и с высокой достоверностью передачи информации.

Литература

1. О природных катаклизмах – [Электронный ресурс]: URL: www.interfax.ru.
2. Котов С. Г. Современные тенденции в радиорелейном оборудовании // Вестник связи. – 2010. – № 9. – С. 51–52.
3. Москалев П. В., Петренко А. А. Системы радиорелейной связи: от гибридных к пакетным // Вестник связи. – 2011. – № 2. – С. 51–54.
4. Матвиив Р. М. Системы РРЛ: Время пакетных технологий // Вестник связи. – № 20. – С. 41–42.
5. Радиорелейные линии связи во второй декаде XXI века // Вестник связи. – 2011. – № 2. – С. 55–56.
6. Бакытов А. Б., Нурпеисова Д. А., Медеуов С. А., Дарменалы П. Е. // Критерии качества связи цифровых радиорелейных линий связи. III-я Международная конференция технические науки теория и практика. – 2017. – С. 32–36.

УДК 620.193.82

ОЦЕНКА ГРИБОСТОЙКОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗОЛЯЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОВОДОВ DEFINITION OF MOLD RESISTANCE OF SOME WIRE INSULATION

Менько Е. В., к. б. н., ФГУП «МНИИРИП», +7 (495) 586-17-21, доб.1388, e-mail: menko@mniirip.ru;
Доцник С. Г., ФГУП «МНИИРИП», +7 (495) 586-17-21, доб. 1383, e-mail: lana.dotsnik@outlook.com;
Ефремова А. А., ФГУП «МНИИРИП»

Menko E. V., Ph.D. of Biological Sciences, FSUE «MNIIRIP», Dotsnik S. G., FSUE «MNIIRIP»,
Efremova A. A., FSUE «MNIIRIP»

В статье представлены результаты лабораторных исследований стойкости проводов с изоляциями из различных материалов к воздействию плесневых грибов. Показана зависимость грибостойкости проводов с изоляцией на основе полиимида от способа очистки поверхности перед испытанием.

Mold resistance of some wire insulation was studied in environmental testing. Dependence of resistance to mold fungi on the insulation material was shown, as well as on the methods of surface cleaning.

Ключевые слова: воздействие плесневых грибов, изоляция из термопластичных полимеров, полиэфирэфиркетон, блоксополимер полиэфиримида и силоксана, полиимидная изоляция.

Keywords: mold resistance, wire insulation, PEEK, SILTEM, polyimide film.

Провода играют важнейшую роль в автоматизации, коммутации, питании оборудования. При производстве проводов используются различные виды изоляции, каждый из которых определяет область применения тех или иных изделий. Помимо электроизоляционных свойств, изоляция защищает провода от воздействия света, влаги, различных химических веществ, от механических повреждений. Несмотря на то, что провода в отличие от кабелей не предназначены для прокладки в земле или под водой, в определённых случаях к ним предъявляются повышенные требования. Одним из требований, предъявляемым к проводам, выпускаемым в тропическом исполнении, является стойкость к воздействию плесневых грибов. Микроскопические споры грибов способны проникнуть практически в любое негерметичное оборудование. Будучи организмами, эволюционно приспособленными выживать практически в любых условиях, плесневые грибы являются активными деструкторами многих материалов, в том числе используемых при изготовлении изоляции проводов. Рост грибов на материалах, проникновение грибных гиф сквозь них может физически разрушить изоляцию провода. Широкий спектр ферментов и органических кислот, выделяемых плесневыми грибами в окружающую среду, позволяют грибам не просто выживать на различных поверхностях, но и



Проведение испытаний на воздействие плесневых грибов. Доцник С. Г.

использовать их материал в качестве источника питания. По всей вероятности, именно химическое воздействие метаболитов грибов наносит наиболее существенный вред материалам, стимулируя процессы разрушения.

Длительный рост гриба на поверхности в благоприятных условиях приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик провода, снижению сопротивления изоляции, приводя к выходу из строя оборудования, в котором используются нестойкие к воздействию плесневых грибов провода [1, 2]. Подавляющее большинство используемых в технических изделиях материалов могут поражаться плесневыми грибами. Среди причин выхода промышленной продукции из строя биоразрушения составляет 2 % [3]. При этом научных работ, освещающих грибостойкость различных изделий и материалов, в том числе проводов, сравнительно немного.

Помимо очевидного вреда, наносимого плесневыми грибами непосредственно проводам, необходимо отметить вред, который они могут нанести персоналу, работающему с негрибостойким оборудованием. До 60 % микробов-биодеструкторов опасны для человека. Вред наносят как споры, распространяющиеся при размножении грибов, так и микотоксины [4].

Таблица 1 – Образцы проводов, испытанные на воздействие плесневых грибов

Материал изоляции	
Термопластичные полимеры	Полиэфирэфиркетон (PEEK)
	Блоксополимер полиэфиримида и силоксана (SILTEM)
Покрытия на основе полиимида	Плѐнка полиимидная радиационно-стойкая, термо-свариваемая с термопластичным полиимидным покрытием марки ПМРТ-1, подклеивающий слой из лака полиимидного термопластичного (ЛП-Т)
	Плѐнка полиимидная с фторполимерным покрытием марки ПМФ-1, подклеивающий слой из фторполимеров
	Лак электроизоляционный марки АД-9103

Таблица 2 – Оценка грибостойкости поверхности образцов плесневыми грибами

Балл	Характеристика балла по ГОСТ 9.048
0	Под микроскопом прорастания спор и конидий не обнаружено
1	Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий
2	Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение
3	Невооружѐнным глазом мицелий (или) спороношение едва видны, но отчетливо видны под микроскопом
4	Невооружѐнным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25 % испытываемой поверхности
5	Невооружѐнным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25 % испытываемой поверхности

Необходимость подтверждения грибостойкости проводов не подлежит сомнению. Испытания на воздействие плесневых грибов важно проводить не только с целью оценки грибостойкости того или иного материала изоляции, но, главным образом, для понимания причин поражения поверхностей плесневыми грибами, особенно в случаях, когда развитие плесневых грибов превышает допустимый нормативными документами балл. Учитывая важность изложенного выше, требования по стойкости проводов к воздействию плесневых грибов включены как в гражданские, так и в военные документы по стандартизации (ДС).

Целью настоящей работы было оценить степень стойкости проводов с различными материалами изоляции к воздействию плесневых грибов, а также выявить причины интенсивного развития плесневых грибов на образцах с низкой грибостойкостью.

Материалы и методы. Испытаниям были подвергнуты провода с изоляцией из 2-х видов термопластичных полимеров, а также 3-х покрытий на основе полиимида. Материалы проводов, подвергнутых испытаниям, представлены в табл. 1.

Испытания проводов на грибостойкость осуществлялись в соответствии с ГОСТ 9.048–89 (метод 1). Метод применялся для оценки грибостойкости материалов изоляции проводов в отсутствие влияния внешних загрязнений. Данный метод позволяет установить правильность выбора материалов, а также возможных технологических дефектов при изготовлении изделий. Сущность метода заключается в том, что образцы, очищенные от внешних загрязнений, заражают водной суспензией спор грибов. Как правило, для очистки поверхности используется этиловый спирт. Если образцы не стойки

к спирту, метод позволяет производить очистку нагретой дистиллированной водой. Этот метод чаще других рекомендуется для испытаний в ДС и является наиболее распространѐнным методом, по которому испытывается большинство образцов.

Для испытаний на воздействие плесневых грибов были использованы технофильные штаммы грибов, являющиеся деструкторами различных материалов. Виды грибов, используемые в испытаниях, определены ГОСТ: *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Aureobasidium pullulans*, *Paecilomyces varioti*, *Penicillium funiculosum*, *P. ochrochloron*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trioderma viride*. Методика приготовления споровой суспензии и проведения испытаний приведена в ГОСТ 9.048–89, споровая суспензия наносилась на образцы с помощью пульверизатора. Жизнеспособность каждого вида гриба была подтверждена контрольным посевом на питательную среду. Оценка грибостойкости поверхности проводов плесневыми грибами производилась в баллах приведѐнных по ГОСТ 9.048 (табл. 2). Грибостойкими считались образцы, рост грибов на которых оценивался не более 2-х баллов.

Результаты и обсуждение. На поверхностях всех испытанных проводов наблюдался рост грибов, но интенсивность развития грибов на изоляциях из разных материалов различалась. В табл. 3 представлена оценка грибостойкости всех проводов. Наиболее стойкими к воздействию плесневых грибов по методу 1 ГОСТ 9.048 оказались изоляции из термопластичных полимеров полиэфирэфиркетона и блоксополимера полиэфиримида и силоксана, а также образцы, покрытые полиимидным лаком. Рост грибов на этих поверхностях не превышал 2-х баллов. Образцы, покрытые ПМФ-1 и подклеивающим слоем из фторполимеров и ПМРТ-1 с подклеивающим слоем из полиимидного лака,

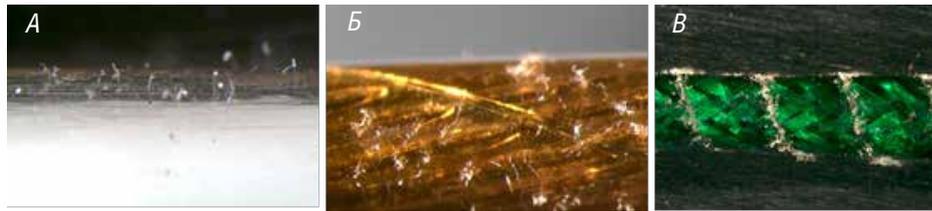


Рис. 1. Фото образцов проводов с разными поверхностями после испытания на воздействие плесневых грибов методом 1. (А. Полиэфирэфиркетон (2 балла), Б. Полиимидный лак (2 балла), В. Полиимидная плёнка с подклеивающим слоем (4 балла))

Таблица 3 – Результаты испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов образцов проводов. Грибостойкость оценена в баллах

Материал изоляции провода	Грибостойкость балл	Характер обрастания
Полиэфирэфиркетон (РЕЕК)	2	Равномерный
Блоксополимер полиэфиримида и силоксана (SILTEM)	2	
Полиимидный лак марки АД-9103	2	
Пленка ПМРТ-1 с подклеивающим слоем из лака полиимидного термопластичного	4	Вдоль швов
Пленка ПМФ-1 с подклеивающим слоем из фторполимеров	3	

проявили себя как негрибостойкие. Грибостойкость образцов была оценена в 4 и 3 балла, соответственно.

На рис. 1 представлены фотографии плесневых грибов на различных поверхностях проводов. На обоих образцах с изоляцией из термополимеров рост грибов равномерный по всей поверхности. На рисунке в качестве примера показан образец (рис. 1а) с изоляцией из полиэфирэфиркетона, похожий характер роста плесневые грибы показаны и на образцах, покрытых полиимидным лаком (рис. 1б).

На рис. 1в показан образец, покрытый полиимидной плёнкой с подклеивающим слоем. Отчётливо видно, что рост грибов неоднородный. Поверхность плёнки относительно чистая, а зоны роста плесневых грибов приурочены к швам плёнки. По всей вероятности, причиной интенсивного роста грибов является именно подклеивающий слой. На практике такой характер обрастания приведёт к тому, что плесневые грибы, способные в поисках питательных веществ отращивать длинный и развитый мицелий, проникнув по клеевому слою в более глубокие слои, нарушат защитные и изоляционные свойства провода, что может привести к отказам оборудования, в котором они будут использоваться.

Нами было выдвинуто предположение, что на грибостойкость проводов с изоляцией на основе полиимида могла повлиять очистка проводов спиртом. Для того, чтобы подтвердить повлияла ли очистка от внешних загрязнений на свойства покрытий, провода были испытаны с различными вариантами очистки от внешних загрязнений и без очистки по ГОСТ 9.048 методы 1 и 2. Результаты испытаний представлены в табл. 4 и на рис. 2.

Для образцов, не подвергавшихся очистке от внешних загрязнений, мы получили неожиданный результат. На всех образцах рост грибов отсутствовал на протяжении всей длины образцов. На рис. 2 показано, что негативное влияние очистки характерно как для изоляции из плёнок с подклеивающим слоем, так и для образцов, покрытых лаком равномерно.

Как правило, для образцов, очищенных от внешних загрязнений, ДС допускается меньший балл грибостойкости, поскольку загрязнения, которые могут появиться в процессе сборки или хранения изделий, являются дополнительным питанием для плесневых грибов. Очевидно, что вещества, которыми проводится очистка, не должны влиять на свойства покрытий.

Таблица 4 – Грибостойкость проводов с наружными покрытиями на основе полиимида в зависимости от способа очистки

Материал изоляции	Грибостойкость образцов		
	Метод 1		Метод 2 без очистки
	Очистка этиловым спиртом	Очистка стерильной водой	
Пленка ПМРТ-1 с подклеивающим слоем из лака полиимидного термопластичного	4	4	0
Пленка ПМФ1 с подклеивающим слоем из фторполимеров	3	3	0
Полиимидный лак марки АД-9103	2	2	0

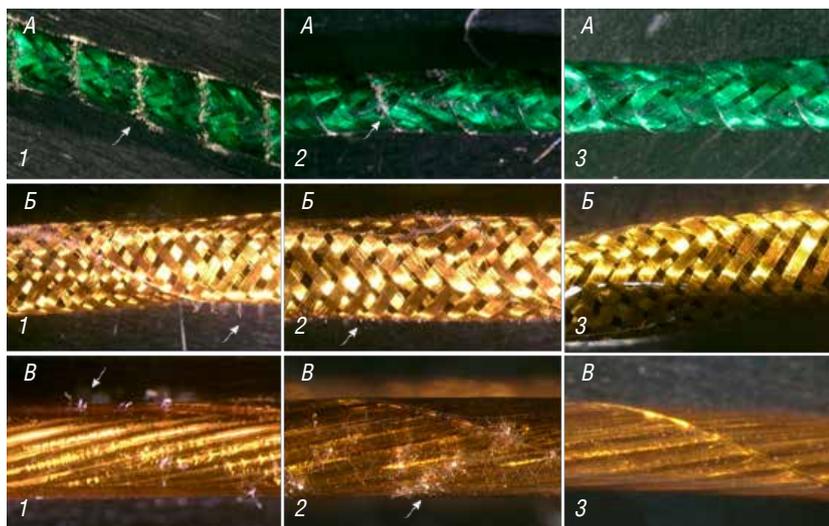


Рис. 2. Фото образцов проводов после испытания на воздействие плесневых грибов. Буквами обозначен материал наружного слоя изоляции, цифрами способы очистки образцов. (А. Пленка полиимидная с термопластичным полиимидным покрытием. Б. Пленка полиимидная с фторполимерным покрытием. В. Лак электроизоляционный марки АД-9103. 1. Образцы, очищенные от внешних загрязнений спиртом; 2. Образцы очищенные от внешних загрязнений водой; 3. Образцы без очистки от внешних загрязнений)

Полученные нами данные показали, что для проводов с покрытиями на полиимидной основе именно очистка от внешних загрязнений стала причиной развития грибов на поверхности, взаимодействуя с подклеивающим слоем, а также с покрытием из полиимидного лака, делая их более доступными для грибов. Возможность колонизации плесневыми грибами образцов полиимида, очищенных спиртом, была ранее показана Гу с соавторами [5]. Возможно, одной из причин является влагопроницаемость лака, влияющая не только на защитные свойства лака, но и на его грибостойкость [6].

В результате проведенных испытаний на воздействие плесневых грибов установлено, что грибостойкость проводов зависит от материала изоляции. Наиболее стойкими из исследованных оказались изоляции из термопластичных полимеров полиэфирэфиркетона и сополимера полиэфиримида и силоксана.

Причинами низкой грибостойкости проводов не всегда является их загрязнение или доступность материалов изоляции к воздействию плесневых грибов. Как показало наше исследование, на грибостойкость может повлиять нестойкость изоляции к веществам очистки. Это необходимо учитывать при разработке

и выборе материалов изоляции проводов. Покрытия на полиимидной основе обладают рядом уникальных свойств, таких как огнестойкость, радиационная стойкость, они сохраняют работоспособность при низких и высоких температурах, находя широкое применение в самых разных областях, например, в авиации, летательных космических аппаратах, обеспечивая бесперебойную работу в условиях перепадов температур. Полученные нами данные показали, что, несмотря на уникальные свойства этих покрытий для использования в тропическом климате или космических аппаратах, необходимо разработать дополнительное покрытие для проводов с изоляцией из плёнок с подклеивающим слоем.

Характер и степень повреждения изоляции проводов плесневыми грибами в первую очередь зависит от использованного материала. При выборе материала изоляции провода не стоит полностью полагаться на данные, полученные в более ранних испытаниях. В случае, если нет точных данных о влагостойкости и стойкости к спирту того или иного покрытия, целесообразно проводить испытания на стойкость к воздействию плесневых грибов в соответствии с 1 и 2 методами ГОСТ 9.048 одновременно.

Коллекция плесневых грибов. Ефремова А. А.

Оценка грибостойкости поверхности образцов плесневыми грибами
Менько Е. В.



Литература

1. Доцник С. Г., Ефремова А. А. Особенности проведения испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. – 2019. – № 5. – С. 74–79.
2. Корчагин Д. С. Грибостойкость радиоаппаратуры // Техника радиосвязи. – 2018. – № 4. – С. 61–71.
3. Семенов С. А., Гумаргалиева К. З., Заиков Г. Е. Биоповреждения полимерных материалов // Горение, деструкция и стабилизация полимеров, под ред. Заикова Г. Е. СПб.: Научные основы и технологии. – 2008. – 422 с.
4. Доршакова Е. В., Елинов Н. П., Павлова И.Э., Богомолова Т. С., Чилина Г. А., Васильева Н. В.

Микромицеты в естественной среде обитания и в помещениях – их потенциальная опасность для здоровья людей // Экспериментальная микробиология. – 2012. – С. 53–58.

5. Gu J., Mitton D., Ford T. et al. Microbial degradation of polymeric coatings measured by electrochemical impedance spectroscopy // Biodegradation. 1998 9, P. 39–45.

6. Гришин М. В., Зелякова Т. И., Мартиенко Д. В., Рубан С. О. Результаты исследования влагозащитных свойств полиимидного лака марки АД-9103, используемого для защиты алюминиевой металлизации микросхем // Труды международного симпозиума «Надёжность и качество», – 2017. – Т. 2. – С. 363–365.

Автоматизированный комплекс испытаний ЭКБ на безотказность и электротермотренировку при серийном производстве КА.НИС-3200

**ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ИЗДЕЛИЯ**

- Интегральные микросхемы по **ОСТ В 11 0998-99 ОТУ**
- Многокристалльные модули и микросборки по **ОСТ В 11 1009-2001 ОТУ**
- Полупроводниковые приборы по **ГОСТ В 28146-89 ОТУ**
- Источники вторичного электропитания по **ГОСТ В 24425-90 ОТУ**

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- До 3200 одновременно испытываемых изделий;
- Контроль контактирования;
- До 8 независимых испытательных объёмов;
- До 32 испытательных плат 610x300 мм;
- Автоматический контроль электрических и тепловых режимов испытаний;
- Температура испытаний до +155 °С;
- Возможность регулирования температуры корпуса испытываемых изделий (до 128 °С);
- Обработка данных об испытаниях, расчет дрейфа параметров, отключение забракованных изделий;
- Программное формирование протокола испытаний.

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ НАДЁЖНОСТИ**

+7 (812) 409-90-40 | office@kbrocket.ru | www.kbrocket.ru

Испытательные климатические камеры REOSAM®

Научно-производственная фирма «РЕОМ» более десяти лет разрабатывает и производит испытательные камеры для воспроизведения таких факторов, как температура, влажность, давление, высокий вакуум, солнечное излучение, соляной туман, дождь, пыль и комбинированного воздействия этих факторов.

«РЕОМ» выпускает линейку серийной продукции объёмом от шестидесяти четырёх литров до десяти кубометров, а также нестандартные камеры, в том числе для натуральных испытаний крупногабаритной техники, имитаторы космоса и другие по запросам клиентов. Камеры производятся по техническим условиям, имеют сертификаты соответствия, а при поставке проходят метрологическую аттестацию.



Клиенты нашей компании – предприятия авиационной, радиоэлектронной, космической, машиностроительной и других отраслей промышленности. Благодаря применению современных технологий при проектировании, подбору комплектующих высочайшего качества, системе контроля качества при производстве и обратной связи от пользователей - камеры имеют долгий срок службы и высокую эксплуатационную надёжность. Ключевой фактор успешного решения сложных задач - большой опыт, квалифицированный персонал и детальная проработка выпускаемых изделий.

Сенсорная панель управления с интуитивно понятным интерфейсом на русском языке позволяет быстро и эффективно освоить управление камерами. Система управления обеспечивает быстрый выход на режим и точное его поддержание, предоставляет комплекс современных коммуникационных возможностей, например управление со смартфона или из браузера, передача данных на компьютер. Удалённая техподдержка через интернет обеспечивает бесперебойную работу оборудования и самое оперативное решение любых возникающих вопросов.



ООО «НПФ «РЕОМ»
194021, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 24
+7 (812)495-69-19
npf@reom.ru
www.npf-reom.ru



Приобретая продукцию научно-производственной фирмы «РЕОМ», вы делаете отличный выбор.
Камеры REOSAM® – испытательное оборудование, испытанное временем!

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ФГУП «МНИИРИП»

В РАМКАХ СОЗДАНИЯ ОТРАСЛЕВОГО ЦЕНТРА КОМПЕТЕНЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА, НАДЕЖНОСТИ, СТОЙКОСТИ И ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ЭКБ ДЕПАРТАМЕНТОМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИИ НА БАЗЕ ФГУП «МНИИРИП» СОЗДАН ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

ЛАБОРАТОРИИ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

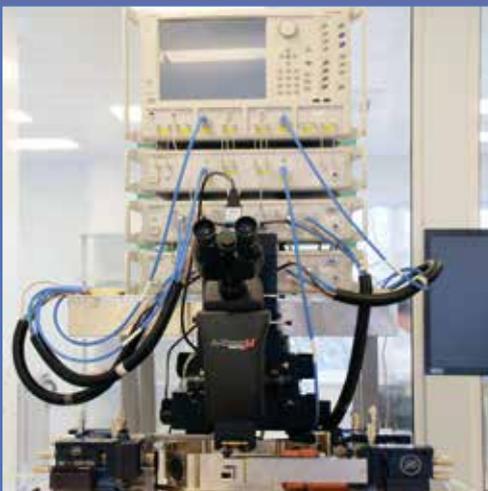
ЛАБОРАТОРИЯ № 1 МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ



ЛАБОРАТОРИЯ № 2 КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ



ЛАБОРАТОРИЯ № 3 ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКБ И РЗА

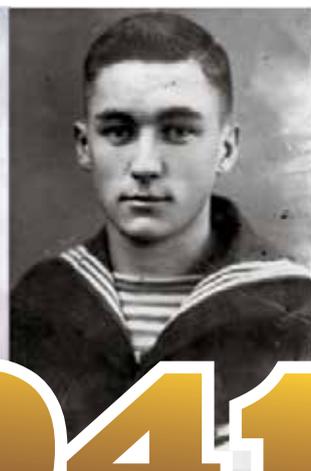


ЛАБОРАТОРИЯ № 4 ДИАГНОСТИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И РАЗРУШАЮЩЕГО ФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА





ВЕЧНАЯ ПАМЯТЬ ГЕРОЯМ!



**1941-
1945**



ПОМНИМ, ГОРДИМСЯ, БЛАГОДАРИМ!

