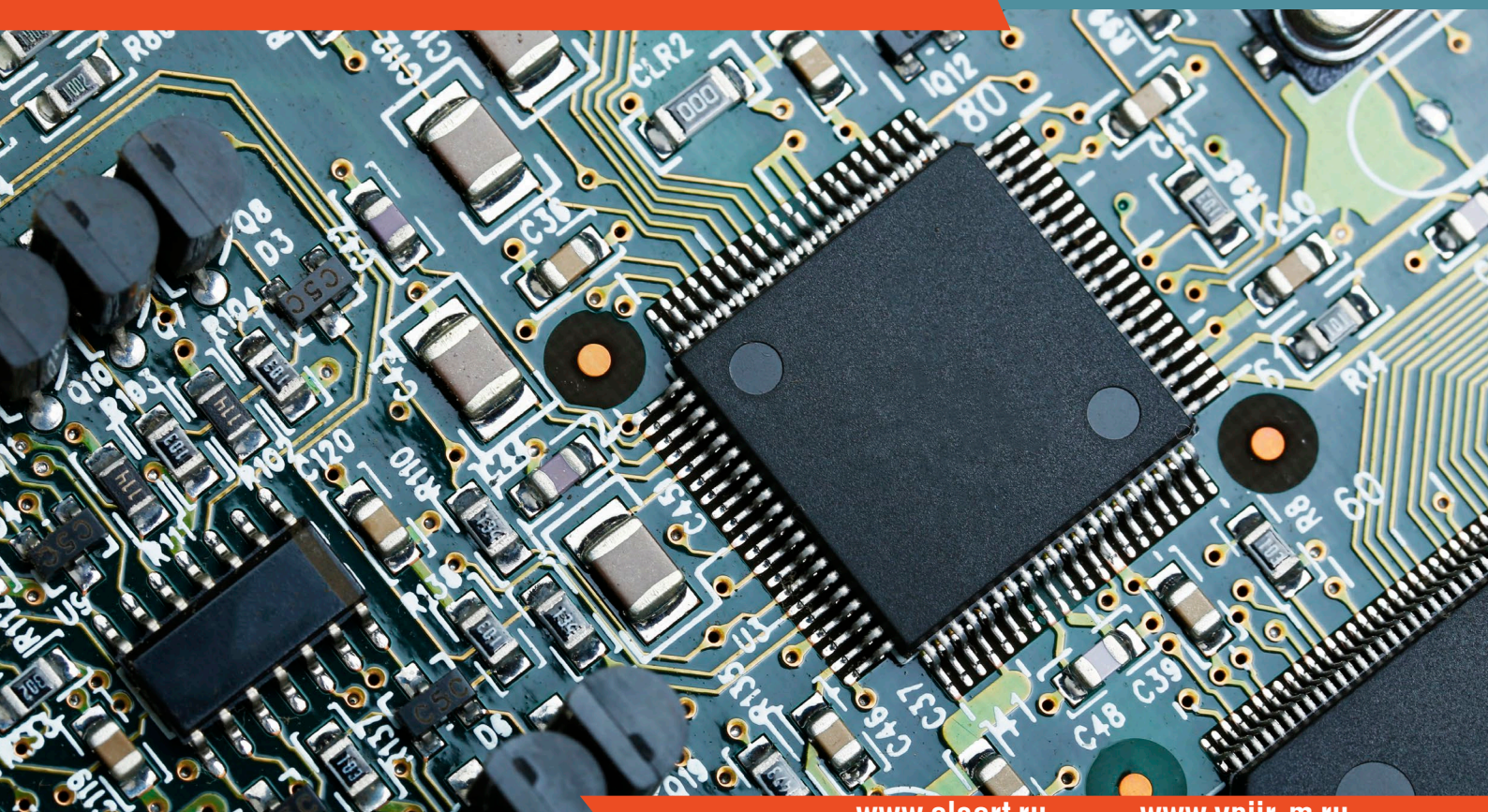


# 2 (6) | РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: 2022 | ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ



[www.elsert.ru](http://www.elsert.ru)

[www.vniir-m.ru](http://www.vniir-m.ru)

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИНФОРМАЦИЯ  
РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ  
КАЧЕСТВО И НАДЁЖНОСТЬ  
СЕРТИФИКАЦИЯ, АТТЕСТАЦИЯ, КВАЛИФИКАЦИЯ  
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



## АО «Авиаприбор»

Основным направлением деятельности лаборатории является проведение **сертификационных испытаний** электронной компонентной базы (ЭКБ). Данные испытания продукции являются контрольными и проводятся с целью установления соответствия характеристик ее свойств национальным и (или) международным нормативно-техническим документам и позволяют определить стойкость электрических параметров и функциональных режимов ЭКБ к внешним воздействующим факторам (климатические, механические, биологические и др.).

**Помимо сертификационных испытаний лаборатория также оказывает различные дополнительные услуги испытательного направления:**

- Периодические испытания
- Предварительные испытания
- Отбраковочные испытания
- Испытания ЭКБ в составе изделий
- Испытания для подтверждения сроков хранения
- Элетротермотренировку (ЭТТ) и Термотренировку (ТТ)
- Экспертизы отсутствия (наличия) признаков контрафактного происхождения (перемаркировки) электронной компонентной базы иностранного производства
- ◆ Разработка Программы и методики испытаний ЭКБ с согласованием в Филиале ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России
- ◆ Входной контроль ЭКБ
- ◆ Параметрический и функциональный контроль ЭКБ
- ◆ Испытания ЭКБ на стойкость к воздействию механических и климатических факторов

**Лаборатория располагает измерительным оборудованием ведущих международных фирм-производителей, которое позволяет осуществлять тестирование обширной номенклатуры электронных компонентов импортного и отечественного производства, в том числе:**

Модули и изделия СВЧ

Волоконно-оптические устройства

Статические и динамические параметры аналоговых и цифровых микросхем, вычислительных средств, включая микропроцессоры, микро-ЭВМ

Трансформаторы, дроссели и катушки индуктивности

Резисторы

Полупроводниковые приборы, в том числе высокоомощные

Источники вторичного электропитания

Пьезоэлектрические приборы

Электроизоляторы и электроизоляционные материалы

Оптоэлектронные приборы



Оценка надежности и стойкости электронной компонентной базы необходима для подтверждения возможности их применения в отечественной продукции военного и двойного назначения. В процессе осуществления работ по испытаниям всегда требуется налаженная система обращения с испытываемыми изделиями и последовательное получение и обработка результатов на различных стадиях процесса. Для этих целей Испытательная Лаборатория АО «Авиаприбор» оснащена как квалифицированным техническим персоналом и современным измерительным и испытательным оборудованием, так и Автоматизированной Системой Управления (АСУ) сертификационными испытаниями. АСУ позволяет оптимизировать технологические процессы в ходе испытаний, а также ускорить обработку и подготовку результатов в электронном и документально оформленном виде.

Испытательная лаборатория АО «Авиаприбор» постоянно расширяет парк технологического оборудования для повышения качества проведения работ и осуществления актуальных запросов заказчиков. Наша компания приглашает к активному сотрудничеству и взаимодействию в области испытаний электронной компонентной базы и аппаратуры.



**Орган по сертификации систем менеджмента качества (СМК) АО «Авиаприбор» аккредитован в Системах добровольной сертификации «Военный Регистр» (№ ВР АА.1.50.0113-2021 от 28.12.2021 г.) и «Электронсерт» (№ ЭС 06.041.001-2022 от 18.03.2022 г.) и уполномочен проводить работы по сертификации СМК организаций, осуществляющих исследования, обоснование разработки, проектирование (включая изыскания), разработку, производство, испытания, строительство, установку, монтаж, техническое и сервисное обслуживание, ремонт, хранение, утилизацию и реализацию, продукции в соответствии с полным перечнем групп ЕК 001-2020, ОК 029-2014 и ОК 034-2014, а также организаций, осуществляющих разработку, производство, испытания, закупку, хранение и поставку изделий электронной компонентной базы (ЭКБ), применительно к перечню групп ЕК 001-2020 на соответствие требованиям следующих стандартов и руководящих документов:**

ГОСТ Р ИСО 9001-2015; ГОСТ РВ 0015-002-2012; ГОСТ РВ 0015-002-2020; стандарты СРПП ВТ; ГОСТ Р 58876-2020; РК-75; РК-88; РК-98; РК-98-КТ; РК-11; РК-11-КТ; ОСТ 134-1028-2012 с изм. «1»; КГВС «КЛИМАТ», включая ГОСТ РВ 0020-57.412-2020; КГВС «МОРОЗ»; другие НД на ЭКБ и группы однородной продукции по Перечню ЭКБ 01-2022; ЭС РД 009-2014; ЭС РД 010-2015; другие руководящие документы Системы добровольной сертификации «Электронсерт».

РО Пир 2(6)/2022 (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  
М. Л. Савин, и. о. директора ФГБУ «ВНИИР»  
С. И. Боков, доктор экономических наук  
А. В. Брыкин, доктор экономических наук  
Н. В. Завьялов, доктор технических наук  
В. М. Исаев, доктор технических наук  
Г. Я. Красников, академик РАН  
А. С. Сигов, академик РАН  
В. Б. Стешенко, кандидат технических наук  
А. А. Рахманов, доктор технических наук  
В. А. Телец, доктор технических наук

### Главный редактор:

О. Ю. Булгаков, заслуженный работник связи РФ, кандидат военных наук

### Редакционная коллегия:

А. С. Афанасьев, кандидат технических наук  
В. В. Быканов, кандидат технических наук  
Н. В. Ершова, заместитель директора ФГБУ «ВНИИР»  
А. П. Зверев, кандидат технических наук  
И. Н. Кабанов, доктор 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, директор АО «ЦКБ «Дейтон»  
Л. А. Фёдорова, академик Академии проблем качества  
В. Н. Храменков, доктор технических наук  
С. В. Щербаков, кандидат технических наук

### Редакция:

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

Адрес редакции: ул. Колпакова, д. 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 01.04.2022 г.  
Подписано к печати 20.04.2022 г.  
Тираж 300 экз.

Редакция не несёт ответственности за содержание авторских материалов и достоверности сведений в рекламе. Фотография на обложке – открытый источник интернета

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНФОРМАЦИЯ

АО «НИИ «ПОЛЮС» им. М. Ф. Стельмаха – 60 лет.....2

### РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ

*Дормидошина Д. А.* Порядок разработки моделей инновационной электронной компонентной базы, их актуализация и поддержка в течение стадий жизненного цикла.....4  
*Калашников О. А., Ахметов А. О., Телец В. А., Никифоров А. Ю., Боруздина А. Б., Яненко А. В.* Типовые подходы к контролю и оценке радиационной стойкости электронной компонентной базы в процессе комплектования радиоэлектронной аппаратуры.....9  
*Булгаков О. Ю., Подъяпольский С. Б., Подъяпольский Б. С., Погосов Г. С.* Методический подход к организации функционирования интегрированного центра организации и проведения испытаний ЭКБ и РЭА.....13  
*Душкин Ю. В., Мардаровский А. Ф., Прищепин Г. С.* Многофункциональная испытательная станция в АО «Северное производственное объединение «Арктика».....16  
*Быканов В. В., Есакова М. М., Тупицина А. В.* Метрологический надзор при проведении внутреннего аудита как инструмент совершенствования деятельности испытательной лаборатории (центра).....22

### КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

*Фатюшкин С. А.* Проблемы измерения электрических параметров керамических конденсаторов большой ёмкости.....25

### СЕРТИФИКАЦИЯ, АТТЕСТАЦИЯ, КВАЛИФИКАЦИЯ

*Ожегин Ю. А., Фарафонов О. А.* Практические подходы к внедрению ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 и ЭС РД 005–2020 в деятельности испытательных лабораторий (центров) при испытаниях ЭКБ на специальную стойкость.....29  
*Фенюк Ю. М., Чужова А. С.* Совершенствование процедуры лицензирования предприятий радиоэлектронной промышленности при выполнении ими производственной деятельности.....32

### ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Колядин А. И.* Вопросы представления информации по электронным компонентам в радиоэлектронной отрасли.....35

## КОЛЛЕКТИВУ АО «НИИ «ПОЛЮС» им. М. Ф. СТЕЛЬМАХА»

*Уважаемые коллеги!*

*Примите искренние поздравления по случаю 60-летнего юбилея образования АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха».*

*За эти годы благодаря усилиям основоположников и всего вашего коллектива вы решали важные задачи, поставленные руководством радиоэлектронной отрасли, и заслуженно стали ведущим научным центром России в области лазерной техники.*

*Созданные вами изделия на основе лазерных технологий составляют основу комплексов вооружения для обороны нашей страны.*

*От всей души желаем вашему коллективу благополучия, дальнейших творческих успехов и достижений на благо процветания нашей Родины.*

*С уважением,*

*редакционный совет и редакционная коллегия журнала «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения»*

## АО «НИИ «ПОЛЮС» им. М. Ф. СТЕЛЬМАХА» — 60 ЛЕТ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Полюс» имени М. Ф. Стельмаха» является ведущим научным центром России в области лазерных технологий. Входит в холдинг «Швабе» госкорпорации «Ростех».

Институт квантовой электроники «НИИ «Полюс» был создан в 1962 году, через год с небольшим после запуска первого в мире лазера. Инициативу по созданию специализированного института квантовой электроники проявил военный радиоинженер, специалист по радиоэлектронике Митрофан Фёдорович Стельмах. Он и стал первым директором института и возглавлял его 21 год. С 2001 года институт носит имя его основателя.

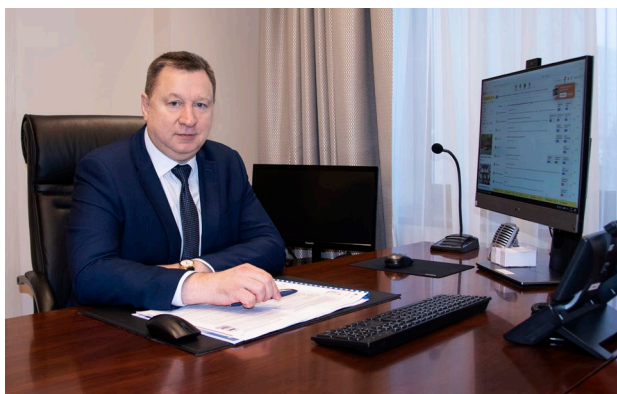
машиностроения. В значительной степени научно-исследовательские и разрабатывающие подразделения института укомплектованы выпускниками этих и других лучших технических вузов страны.

В первые годы работы института большое внимание придавалось разработкам в области лазерной технологии. После развёртывания масштабного производства лазерных технологических установок на Ульяновском радиоламповом заводе М. Ф. Стельмах с группой сотрудников получил в 1979 году Государственную премию СССР за работы по этому направлению.

Другим важным научным направлением, которым М. Ф. Стельмах продолжал заниматься до конца своих дней,



Стельмах М. Ф.



Кузнецов Е. В.

В марте 2022 года исполнилось 60 лет со дня основания института. За прошедшие годы институт завоевал прочные позиции в оборонном комплексе Советского Союза и Российской Федерации. В сложные годы перестройки удалось сохранить основные компетенции института и ведущих специалистов. Наши изделия работают во многих инновационных системах вооружения и военной техники.

При формировании коллектива института в абсолютно новой области техники его создатель М. Ф. Стельмах опирался на сотрудничество с виднейшими вузами столицы: уже в 1967 году в «НИИ «Полюс» была организована базовая кафедра Московского физико-технического института, а в дальнейшем были организованы базовые кафедры Московского института радиотехники, электроники и автоматики и Московского института электронного

была лазерная медицина. Эти работы носили пионерский характер. В 1970 году был создан, а с 1975 года стал выпускаться серийно первый отечественный «лазерный скальпель» на базе непрерывного углекислотного лазера, получивший название «Скальпель-1». Всего за годы СССР было выпущено и успешно работало в поликлиниках и больницах более 3000 лазерных медицинских аппаратов различных типов.

Направление полупроводниковых лазеров появилось в «НИИ «Полюс» практически одновременно с созданием института. Развитие технологий позволило создать полупроводниковые лазеры различных типов непрерывного и импульсного режимов, обеспечить полупроводниковыми лазерами взрыватели боеприпасов различного назначения, лазерные тренажёры и системы наведения высокоточного оружия, создать системы лазерной связи, медицинские лазерные аппараты.

Позднее технология жидкофазной эпитаксии полупроводниковых структур была успешно заменена на МОС-гидридную, что позволило выращивать квантоворазмерные гетероструктуры различных диапазонов длин волн, создавать новые мощные полупроводниковые лазеры, их линейки и матрицы для накачки твердотельных лазеров нового поколения, лазеры и передающие модули для волоконно-оптических линий связи. Оборудование позволяет создавать качественные слои полупроводников различного состава нанометровой толщины. Достижения института в области полупроводниковых лазеров отмечены Государственными премиями СССР и Российской Федерации.

Направление лазерной гироскопии также возникло в 60-х годах. Уже в 1964 году в институте заработал первый лазерный гироскоп. Оригинальное техническое решение с использованием эффекта Зеемана, до сих пор не имеющее прямых аналогов в мире, используется в институте и в настоящее время и является основой всех серийно выпускаемых современных приборов. В настоящее время направление лазерной гироскопии является самым крупным и важнейшим в институте.

Впервые в СССР институт овладел технологией выращивания кристаллов алюмоиттриевого граната с неодимом (это до сих пор самый перспективный кристалл для твердотельных лазеров). Новый кристалл позволил создать поколение лазерных дальномеров для Министерства обороны с существенно сниженными массогабаритными характеристиками. Институт первым в России разработал лазерные дальномеры безопасного для зрения диапазона длин волн – 1,5 мкм. Такие приборы до сих пор работают в космосе на борту международной космической станции.

В начале 80-х годов институт «Полюс» разработал лазерный целеуказатель-дальномер (далее – ЛЦД) для артиллерии сухопутных войск. Разработки ЛЦД создали репутацию институту как разработчику инновационной военной аппаратуры. Сейчас миниатюрные ЛЦД уже новых поколений размещают на беспилотниках для дистанционного наведения высокоточных боеприпасов. Когда в институте появились первые серийные приборы, остро встал вопрос о производственной базе. В 1977 году было создано научно-производственное объединение «Полюс» в составе головного института «Полюс», опытного завода и его филиала в городе Сергаче (Горьковская область), Владыкинского механического завода в Москве, Ульяновского радиолампового завода на Волге, Богородицкого завода теххимических изделий (Тульская область). В НПО «Полюс» работали более 20 тысяч человек.

С 1990 по 2012 годы институтом более 20 лет руководил ученик М. Ф. Стельмаха – Александр Аполлонович Казаков, при котором «Полюс» успешно преодолел бурные годы перестройки, сохранил основные компетенции и научные кадры, развернул широкое международное сотрудничество, существенно укрепил свои позиции в оборонном комплексе России.

С 2015 года институт возглавляет доктор технических наук, профессор, военный радиоинженер Евгений Викторович Кузнецов. Научные направления, заложенные М. Ф. Стельмахом, получили дальнейшее развитие. Зеемановские лазерные гироскопы стали основой навигационных комплексов важнейших систем вооружения, прошедших апробацию в боевых условиях последних лет.

Они также успешно используются в гражданской авиации, системах управления буровыми установками.

Полупроводниковые лазеры института стали основой нового научного направления – радиофотоники.

Новые миниатюрные твердотельные лазеры используются на беспилотниках в системах точечного поражения целей с земли и с воздуха. Продолжаются работы по выращиванию новых перспективных кристаллов для лазерной техники, созданию перспективных элементов лазерной техники: затворов, нелинейных преобразователей частоты, прецизионных зеркал.

В 2017 году в состав АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха» было введено ОКБ лазерных систем и комплексов «Гранат» (бывшее подразделение известного ГНЦ НПО «Астрофизика»). Это позволило существенно расширить компетенции института в части разработки лазерных и оптоэлектронных систем обнаружения наземных и воздушных объектов, мощных лазерных систем и комплексов на их основе, а также средств натурных испытаний разрабатываемых систем.

АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха» прочно занимает ведущее место среди предприятий холдинговой компании «Швабе» госкорпорации «Ростех». В 2016 году правительство Москвы и руководство госкорпорации «Ростех» создали на площадке АО «НИИ «Полюса» в Москве инновационный технопарк «Полюс», объединивший головной институт и более 30 профильных предприятий-резидентов малого и среднего бизнеса по лазерной тематике.

В институте в последние годы проведено масштабное техническое и технологическое перевооружение науки и производства современным оборудованием. Продолжают работать базовые кафедры МФТИ и МИРЭА, аспирантура, диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций, выпускается научно-технический сборник научных трудов по тематике предприятия.

За 60 лет научной и научно-производственной деятельности АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха» разработало и внедрило в серийное производство десятки уникальных приборов военного назначения, многочисленное лазерное медицинское и технологическое оборудование, целый ряд лазеров для научного приборостроения. На всех этапах развития института основным богатством были специалисты, которые с честью выходили из самых трудных положений и своим самоотверженным трудом создавали славу института. Десятки сотрудников получили правительственные награды Российской Федерации, стали лауреатами Ленинской и Государственных премий и премий правительства, получили стипендии Президента России для работников оборонно-промышленного комплекса.

Институт уверенно выполняет гособоронзаказ, участвует во многих международных выставках и форумах, ведёт международные контракты по лазерной тематике. Коллектив АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха» уверенно смотрит в будущее.

*Генеральный директор  
АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха»,  
доктор технических наук, профессор Е. В. Кузнецов*

**ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ, ИХ АКТУАЛИЗАЦИЯ И ПОДДЕРЖКА В ТЕЧЕНИЕ СТАДИЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

**THE ORDER OF DEVELOPMENT OF MODELS OF INNOVATIVE ELECTRONIC COMPONENT BASE, THEIR UPDATING AND SUPPORT DURING THE STAGES OF THE LIFE CYCLE**

**Дормидошина Д. А.**, заместитель генерального директора АО «ЦКБ «Дейтон», эксперт по стандартизации;  
+7 (925) 104–77–96, dormidoshina@deyton.ru

**Dormidoshina D. A.**, deputy General Director of JSC «Central Design Office «Deyton», expert on standardization;  
+7 (925) 104–77–96, dormidoshina@deyton.ru

**Аннотация.** *Одной из составляющих обеспечения правильности применения ЭКБ является автоматизация разработки РЭА. На этапе разработки РЭА крайне важно получать качественный результат по итогам первого цикла проектирования. Применение моделей в САПР позволяет сократить число итераций проектирования, проанализировать и оптимизировать поведение отдельных частей РЭА на ранних этапах проектирования, что существенно снижает сроки и затраты на разработку РЭА.*

*Модели обеспечивают системное единство САПР, определяющих объект проектирования в целом – РЭА, а также комплекс системных интерфейсов, обеспечивающих указанную взаимосвязь.*

*Модели относят к компонентам математического обеспечения САПР в совокупности с методами математического моделирования и процессами проектирования РЭА, алгоритмами решения задач в процессах проектирования. Взаимосвязи между компонентами математического обеспечения должны формализовывать процессы проектирования и их целостность.*

**Annotation.** *One of the components of ensuring the correct application ECB is the automation of the development of electronic equipment. At the stage of development of electronic equipment, it is extremely important to obtain a high-quality result based on the results of the first design cycle. The use of models in computer-aided design makes it possible to reduce the number of design iterations, analyze and optimize the behavior of individual parts of electronic equipment at the early stages of design, which significantly reduces the time and cost of developing electronic equipment.*

*Models provide the system unity of computer-aided design that determine the design object as a whole – electronic equipment, as well as a set of system interfaces that provide the specified interconnection.*

*Models are classified as components of computer-aided design software in conjunction with mathematical modeling methods and electronic equipment design processes, algorithms for solving problems in design processes. Relationships between software components should formalize the design processes and their integrity.*

**Ключевые слова:** электронная компонентная база, стадии жизненного цикла, модель, система автоматизированного проектирования, радиоэлектронная аппаратура.

**Keywords:** electronic component base, life cycle stages, model, computer-aided design system, electronic equipment.

### Введение

Модели разрабатываются, начиная с этапа подготовки к выпуску опытного образца электронной компонентной базы (далее – ЭКБ), актуализируются и поддерживаются на всех стадиях жизненного цикла (далее – СЖЦ). Для одного изделия может быть разработано и использоваться в различных системах автоматизированного проектирования (далее – САПР) несколько моделей. Их количество определяется интенсивностью применения



Дормидошина Д. А.

ЭКБ в различных условиях, в различной радиоэлектронной аппаратуре (далее – РЭА), в нескольких организациях, в различных САПР. Связанная совокупность моделей различных видов, описывающих, с требуемым уровнем адекватности, свойства и поведение ЭКБ, изменение характеристик и внутренних процессов в зависимости от решаемых задач и условий их выполнения, является «цифровым двойником» ЭКБ.

### Основная часть

#### Стадии жизненного цикла моделей

СЖЦ моделей представляют собой набор фиксированных состояний моделей в ходе их создания и применения, включающий совокупность явлений и процессов, которые определяются временем от постановки задачи на разработку модели. При необходимости могут создаваться новые версии модели.

Для одного изделия может быть разработано и использоваться в различных САПР несколько моделей. Их множественность определяется необходимостью применения ЭКБ в различных условиях.

Конкретный состав исследуемых свойств изделий, объём работ и степень детализации при моделировании

определяются для каждой модели индивидуально в зависимости от: типа изделия, СЖЦ, требований заказчика, сложности изделия.

Модель проходит жизненный цикл, который обычно состоит из нескольких фаз. Жизненный цикл начинается со стадии постановки задачи на разработку модели, на которой должно быть определено: для какого изделия и какого вида модель разрабатывается, для какой САПР, с какими свойствами.

СЖЦ модели:

- 1) постановка задачи на разработку модели;
- 2) исследование свойств моделируемой ЭКБ;
- 3) задание допустимого уровня адекватности модели;
- 4) создание модели;
- 5) верификация модели;
- 6) валидация модели;
- 7) разработка документации на модель.

Модели разрабатываются, актуализируются и поддерживаются в течение всех СЖЦ.

### 1. Постановка задачи на разработку модели

Постановка задачи на разработку модели включает:

а) сбор исходных материалов, объём и содержание которых определяется целью моделирования и имеющейся информацией об ЭКБ, находящейся в конструкторской и технологической документации, в т. ч. числе регламентирующей применение изделий (карты рабочих режимов, схемы включения, протоколы разрешения на применение, решения на применение). Исходными материалами также являются характеристики САПР, с помощью которой планируется проведение моделирования и материалы, определяющие требования к моделям;

б) выбор и обоснование критериев эффективности и качества разрабатываемой модели определяются степенью, с которой модель SPICE будет соответствовать заявленным характеристикам, требованиям в достижении целей и снижению рисков получения отрицательного результата;

в) обоснование необходимости разработки модели;

г) определение структуры входных и выходных данных;

д) предварительный выбор методов решения задачи;

е) обоснование целесообразности использования применяемых методов разработки модели;

ж) требования к программно-техническим средствам, необходимым для разработки модели;

з) обоснование принципиальной возможности решения поставленной задачи, которое базируется на экспертных оценках ранее выполненных работ, с учётом навыков и компетенций, опыта и знаний разработчиков и специалистов по тестированию результатов функционирования моделей;

и) определение требований к разрабатываемой модели:

– соответствие потребностям конструкторов РЭА;

– уровень адекватности модели;

– универсальность модели;

– надёжность;

– экономичность;

– простота;

– потенциальность;

– способность к конвертированию и миграции модели;

к) технико-экономическое обоснование разработки модели;

л) определение этапов и сроков разработки модели и описаний к ней;

м) выбор способов написания модели (алгоритмических и программных языков). Определяется предполагаемой к применению САПР.

### 2. Исследование свойств моделируемой ЭКБ

Свойства моделируемой ЭКБ как объективные особенности изделия могут проявляться на различных СЖЦ. В процессе исследований свойства выделяют, группируют по признакам и устанавливают связи между ними. Оценивается соответствие свойств установленным требованиям и возможностям построения математических зависимостей, отражающих функционирование изделия. По результатам оценки определяются обязательные для рассмотрения свойства и второстепенные, которыми можно пренебречь. При этом определяются допущения или ограничения модели, в рамках которых результаты моделирования можно считать корректными, а модель – соответствующей допустимому уровню адекватности.

### 3. Задание допустимого уровня адекватности модели

Задание допустимого уровня адекватности модели зависит от предполагаемых условий функционирования моделируемой ЭКБ. Эти условия характеризуются параметрами внешних воздействий и параметрами моделируемой ЭКБ. Для этих параметров выделяются допустимые отклонения и ограничения, для которых погрешность параметров меньше заданной предельно допустимой, определяемой уровнем адекватности модели.

### 4. Создание модели

Для каждого выделенного свойства изделия составляют уравнения или другие математические соотношения, являющиеся математическим описанием. Они описывают зависимость между исходными данными и искомыми величинами, а также отношения между выделенными свойствами изделия.

Для построения математических описаний используются:

– фундаментальные законы, которые признаны, доказаны опытом и являются базой для построения математических описаний;

– вариационные принципы, основанные на утверждениях о вариантах поведения моделируемого изделия, при этом выбирается вариант, максимально соответствующий заданным условиям функционирования изделия;

– принципы аналогии, когда невозможно выбрать фундаментальные законы или вариационные принципы, а также, когда подобные законы могут не существовать и описать их математически не представляется возможным;

– иерархии математических описаний, обобщающих предыдущие, как частные случаи. Описания нижнего уровня создаются простыми, типовыми, допускающими широкую унификацию и использование набора готовых выражений. При этом на этапе моделирования следует учитывать взаимосвязь элементов и уровней иерархических описаний;

– блочный принцип, предполагающий создание модели из отдельных логически законченных блоков, отражающих ту или иную сторону рассматриваемого процесса.

Блочный принцип позволяет:

а) разбить общую задачу построения модели на отдельные подзадачи и тем самым упростить её решение;

б) использовать ранее разработанные блоки из других моделей;

в) совершенствовать отдельные блоки и заменять их на новые.

Математическое описание модели SPICE представляет собой совокупность математических описаний отдельных блоков. Каждый блок модели может иметь различную степень детализации математического описания. Входные и выходные переменные всех блоков модели должны находиться во взаимном соответствии, что обеспечивает получение системы уравнений, описывающей модель в целом.

Современные методы анализа работы исследуемой ЭКБ основываются на приёмах, связанных с построением её эквивалентных схем. На практике такой подход позволяет получить наиболее точные результаты, которые дают современные средства моделирования. Они позволяют производить необходимые расчёты при наличии достаточных ресурсов вычислительной техники. Результаты расчёта процессов позволяют оценить соответствие схемы установленным требованиям и являются логическим развитием методов эквивалентной схемы или схем замещения ЭКБ. Схема замещения – это схема электрической цепи, отображающая свойства цепи при определённых условиях. Эквивалентная схема – это схема замещения электрической цепи, в которой величины, подлежащие рассмотрению, имеют те же значения, что и в исходной схеме замещения. Абстрагируясь от конкретной структуры, к примеру, определённые типы ЭКБ могут быть представлены в виде многополюсника, подключенного к источнику сигнала  $V_1$ , нагруженного на сопротивление  $Z_H$ , представленный на рис. 1.

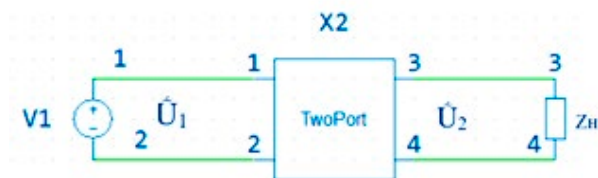


Рис. 1

Многополюсник представляет собой электрическую цепь, имеющую более двух выделенных выводов для соединения с другими цепями. Многополюсник применяется для проведения анализа и синтеза процессов и их декомпозиции в рамках системного подхода.

Для примера: использование многополюсника определило необходимые последовательности формул и логических операторов, представленные на рис. 2, которые характеризуют эквивалентную схему преобразователя, разработки АО «ГИРООПТИКА».

Модель базируется на алгоритмическом методе решения, представляющего последовательность алгебраических формул и логических операторов. При этом для одной модели могут существовать различные вычислительные алгоритмы. Они могут решаться как приближённым, так и численным методами, вследствие применения которых возникают погрешности, которые подразделяются на:

– неустранимые погрешности, связанные с неточным заданием исходных данных;

– погрешность метода, связанная с переходом к дискретному аналогу исходной задачи;

– погрешность округления, связанная с конечной разрядностью чисел в вычислительных средствах.

$$F_{(TD)} = \{(Td\_n\_bit * T\_t) / T\_n - (Td\_n\_bit * k1)\} / k2$$

Где:  $Td\_n\_bit$  – значение последовательности TD в битах при нормальной температуре;

$T\_t$  – текущее значение температуры;

$k1, k2$  – поправочные коэффициенты.

Зависимость отсчетов по оси абсцисс задаваемым значениями ускорения:

$$F(g) = \begin{cases} F(g1) \\ F(g1) + F(g2), \text{ots} = 2 \\ F(gn) + \dots + F(gn), \text{ots} = n \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{cases}$$

где:  $ots$  – количество точек измерения.

Рис. 2

Как численный, так и приближённый методы разработки моделей предполагают составление вычислительного алгоритма. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам:

– реализуемость – обеспечение решения задачи за допустимое время работы вычислительных средств;

– точность – получение решения задачи с определённой погрешностью и за конечное число операций;

– экономичность – выполнение меньшего числа действий для достижения заданной точности;

– устойчивость – исключение изменения погрешности в процессах моделирования.

Для создания наиболее точных вычислительных алгоритмов необходимо формировать их многочисленные модификации с учётом специфических особенностей конкретной задачи. Можно выделить следующие группы численных методов в зависимости от математических описаний свойств ЭКБ, к которым они применяются:

– интерполяция и численное дифференцирование – аппроксимация (приближение) зависимости, от которой берётся производная, интерполяционным многочленом;

– численное интегрирование – интегрирование функций, известных только в нескольких точках, полученных в результате измерений, методами: разбиения отрезка интегрирования на равные интервалы; разбиения отрезка интегрирования с помощью точек (формулы Гаусса); вычисление интегралов с помощью случайных чисел (метод Монте-Карло);

– отделение корней линейных и нелинейных уравнений;

– для задачи разработки моделей и моделирования используются только вещественные корни, определяется их наличие, количество и нахождение для каждого из них достаточно малого отрезка, которому он принадлежит;

– решение систем линейных уравнений;

– решение систем нелинейных уравнений;

– решение дифференциальных уравнений;

– решение краевых задач для дифференциальных уравнений – нахождение решения заданного дифференциального уравнения (системы дифференциальных уравнений), удовлетворяющего краевым (граничным) условиям в концах интервала или на границе области;



- решение уравнений в частных производных (уравнения Пуассона или Лапласа) – описывают стационарные процессы, волновое уравнение, колебательные явления, уравнение теплопроводности (описывает распределение температуры в заданной области изделия и её изменение во времени);
- решение интегральных уравнений.

Выбор конкретных методов определяется постановкой задачи на разработку модели для целей обеспечения наилучшей эффективности модели, устойчивости и точности результатов.

Полученные совокупности математических уравнений, однозначно описывающих ЭКБ как объект моделирования, необходимо проверить на корректность:

- размерности;
- порядка;
- характера зависимостей;
- правил предотвращения экстремальных ситуаций;
- граничных условий;
- физического смысла;
- анализа математической замкнутости.

Создание надёжного и функционального программного кода (текста) модели зависит от знания и умения применять алгоритмические языки, технологии и языки

- перечень компонентов, необходимых для моделирования;
- рабочие характеристики;
- возможности и ограничения;
- перечень команд;
- режимы работы;
- характеристики ввода/вывода;
- описания носителей данных;
- пошаговые инструкции для выполнения моделирования;
- диагностические сообщения;
- ошибки и требуемые действия по их устранению.

### 5. Верификация и валидация модели

Проверка адекватности модели проводится по тем свойствам ЭКБ, которые определены постановкой задачи. Адекватность модели оценивается в результате её верификации и валидации. Верификация модели предполагает проверку правильности структуры и логики текста модели, оценку соответствия структуры и логики действующим документам по стандартизации.

Структурно текст модели представляет собой комбинацию элементов: переменных; параметров; зависимостей; ограничений – которые являются составными частями текста модели и, при наличии

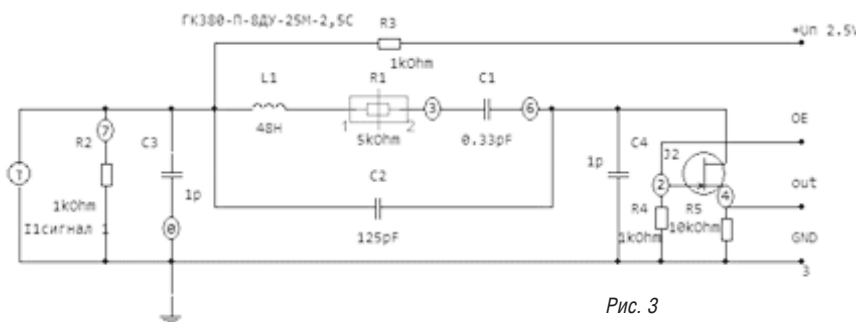


Рис. 3

```
.MODEL RES_DEFAULT_MODEL RES(
+R=1
+TCE=0
+T_ABS=undefined
+T_MEASURED=undefined
+T_REL_GLOBAL=undefined
+T_REL_LOCAL=undefined
+)
```

программирования, ресурсы технических средств, нормативные документы. Текст модели должен быть модульным, необходимо соблюдать его структуру, согласованность входных и выходных параметров.

Разработка текста модели выполняется в соответствии с требованиями стандартов, регламентирующих разработку программ и руководств по эксплуатации САПР.

В качестве программного обеспечения для создания текста моделей используются: текстовые редакторы, электронные формы, программные генераторы, средства конвертирования данных в формат модели. Указанное программное обеспечение может применяться в составе САПР, программ анализа и проверки схем, других программных средств.

К примеру, разработка модели SPICE позволяет вводить в редакторе текст модели, состоящий из строк, в т. ч. и директив о включении файлов других моделей, содержащих фрагменты схем или моделей, комплектующих ЭКБ и конвертировать их в САПР. В то же время другие САПР позволяют создавать модели SPICE автоматизировано с помощью электронных форм. На рис. 3 представлен пример электронной формы для формирования модели резистора (R1) эквивалентной схемы генератора, разработанного АО «Завод «Метеор».

Описание модели должно включать:

- конфигурации вычислительной системы и САПР, для которых применяется модель;

соответствующих связей, её образуют. Элементы объединены процессами взаимодействия и взаимосвязи для выполнения заданной функции моделью. Структура для видов модели может быть определена в документах по стандартизации. К примеру, фрагмент структуры модели IBIS согласно документу I/O Buffer Information Specification IBIS 7.0, который используется для написания данных о корпусах микросхемы, представлен на рис. 4.

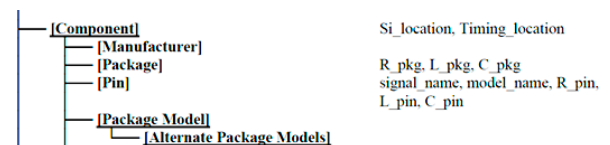


Рис. 4

Верификация обеспечивает адекватность модели. Оценка адекватности модели выполняется с помощью валидации путём использования других моделей и проведения экспериментов над моделью.

Валидация модели проводится по тем свойствам ЭКБ, которые определены постановкой задачи. Положительный результат валидации модели доказывается отражением заданных свойств выходных параметров модели и свойств ЭКБ с достаточной точностью совпадения значений. По таким совпадениям значений определяется адекватность модели, показатель которой зависит от предполагаемых условий функционирования ЭКБ.

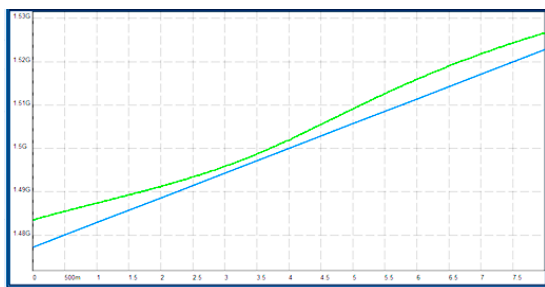


Рис. 5

На рис. 5 представлены результаты валидации модели управляемого напряжением генератора, разработанного АО «Завод «Метеор», – зависимость частоты от управляющего напряжения (нижняя линия) и измеренные значения (верхняя линия), проведенные с помощью САПР Delta Design.

- рабочие характеристики;
- возможности и ограничения;
- перечень команд;
- режимы работы;
- характеристики ввода/вывода;
- описания носителей данных;
- пошаговые инструкции для выполнения моделирования;
- диагностические сообщения;
- ошибки и требуемые действия по их устранению.

### Заключение

Для поддержания модели на СЖЦ ЭКБ должно учитываться, что при переходе ЭКБ на стадию серийного выпуска потребуется разработка новой версии модели и главными требованиями становятся расширение функциональных возможностей управления моделью и способность модели к проведению конвертирования.

| V    | F <sub>мод</sub> , Гц | F <sub>изм</sub> , Гц | Разброс, Гц | %    |
|------|-----------------------|-----------------------|-------------|------|
| 0,00 | 1477200000,00         | 1483454892,00         | 6254892,00  | 0,42 |
| 1,00 | 1482900000,00         | 1487388725,00         | 4488725,00  | 0,30 |
| 2,00 | 1488600000,00         | 1491240759,00         | 2640759,00  | 0,18 |
| 3,00 | 1494300000,00         | 1495847346,00         | 1547346,00  | 0,10 |
| 4,00 | 1500000000,00         | 1501960687,00         | 1960687,00  | 0,13 |
| 5,00 | 1505700000,00         | 1509101609,00         | 3401609,00  | 0,23 |
| 6,00 | 1511400000,00         | 1515923238,00         | 4523238,00  | 0,30 |
| 7,00 | 1517100000,00         | 1521771514,00         | 4671514,00  | 0,31 |
| 8,00 | 1522800000,00         | 1526637485,00         | 3837485,00  | 0,25 |

Рис. 6

Для доказательства с заданной точностью адекватности модели используется валидационный базис, как упорядоченная совокупность данных, содержащая результаты моделирования и измерения свойств ЭКБ.

Валидационный базис управляемого напряжением генератора, разработанного АО «Завод «Метеор», представлен на рис. 6. Данные показывают высокую степень адекватности модели. От адекватности модели зависит её аутентичность, надёжность, целостность и пригодность к использованию.

### 6. Разработка документации на модель

Документация на модель оформляется в виде электронного документа в соответствии с ГОСТ 2.051. Реквизитная часть электронного документа модели выполняется по ГОСТ 2.058. В документе допускается вводить дополнительные реквизиты. Модель может иметь графические представления, иллюстрирующие её структуру и взаимосвязи. Графические представления модели носят справочный характер и включаются как приложения в документ. Результаты верификации и валидации включаются в документацию на модель.

Документация на модель содержит её описание.

Описание модели должно включать:

- конфигурации вычислительной системы и САПР, для которых применяется модель;
- перечень компонентов, необходимых для моделирования;

### Литература

1. ГОСТ 2.052 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.
2. ГОСТ 2.056 Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали. Общие положения.
3. ГОСТ 23501.101 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения.
4. ГОСТ 23501.602 Системы автоматизированного проектирования. Правила разработки и применения типовых математических моделей при проектировании технологических процессов.
5. ГОСТ Р 2.057 Единая система конструкторской документации. Электронная модель сборочной единицы. Общие положения.
6. ГОСТ Р 57412 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения.
7. ГОСТ Р 57700.21 Компьютерное моделирование в процессах разработки, производства и обеспечения эксплуатации изделий. Термины и определения.
8. ГОСТ Р 57700.23 Компьютерные модели и моделирование. Валидация. Общие положения.
9. ГОСТ Р 57700.24 Компьютерные модели и моделирование. Валидационный базис.
10. ГОСТ Р 57700.25 Компьютерные модели и моделирование. Процедуры валидации.

УДК 544.541

**ТИПОВЫЕ ПОДХОДЫ К КОНТРОЛЮ И ОЦЕНКЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ  
В ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКТОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ****STANDARD APPROACHES TO CONTROL AND EVALUATE INTEGRATED CIRCUIT'S RADIATION RESISTANCE IN THE PRO-  
CESS OF DEVICE MANUFACTURING**

**Калашников О. А.**, к. т. н., **Ахметов А. О.**, к. т. н., **Никифоров А. Ю.**, д. т. н., **Боруздина А. Б.**, к. т. н.,  
АО «ЭНПО СПЭЛС»; oakal@spels.ru, aoahm@spels.ru, aynik@spels.ru, abbor@spels.ru; **Телец В. А.**, д. т. н.,  
**Яненко А. В.**, к. т. н., ЦЭПЭ НИЯУ МИФИ; vatelets@mephi.ru, avyanenko@mephi.ru

**Kalashnikov O. A.**, Candidate of Technical Sciences, **Akhmetov A. O.**, Candidate of Technical Sciences, **Nikiforov A. Yu.**,  
Doctor of Technical Sciences, **Boruzdina A. B.**, Candidate of Technical Sciences, JSC «ENPO SPELS»; oakal@spels.ru,  
aoahm@spels.ru, aynik@spels.ru, abbor@spels.ru; **Telets V. A.**, Doctor of Technical Sciences,  
**Yanenko A. V.**, Candidate of Technical Sciences, TSEPE NIYAU MEFPhI; vatelets@mephi.ru, avyanenko@mephi.ru

**Аннотация.** Электронная компонентная база (ЭКБ) отечественного и иностранного производства широко применяется в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА), эксплуатируемой в условиях воздействия ионизирующего излучения (ИИ). Источники ИИ могут быть как естественного (ИИ космического пространства), так и искусственного (техногенного или оружейного) происхождения (блоки атомно-энергетических и ядерных комплексов). Поэтому актуальной научно-технической задачей становится совершенствование и развитие методического подхода к оценке радиационной стойкости (РС) ЭКБ в процессе комплектования РЭА. В статье ИИ рассматривается без привязки к источнику излучения и его происхождению. Акцент делается на выработке базового методического подхода как к предварительной оценке РС выбранной ЭКБ, так и к процедуре рационального подтверждения её РС.

**Annotation.** Domestic and foreign electronics (integrated circuits) are widely used in radio electronic equipment, operated in radiation environment. Sources of radiation are able to be both natural (space radiation) and artificial (technogenic or weapons-grade) origin (blocks of atomic energy and nuclear complexes). Therefore, an urgent scientific and technical task is to improve and develop a methodological approach to assessing electronics radiation resistance in the process of devices manufacturing. The paper deals with radiation without reference to its source and origin. The emphasis is on a basic methodological approach development both to the preliminary assessment of the radiation resistance of the selected IC's (EEE), and to the radiation resistance rational confirmation procedure.

**Ключевые слова:** радиационная стойкость, ионизирующее излучение, электронная компонентная база.

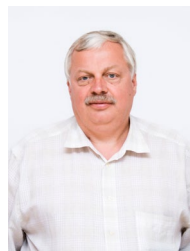
**Keywords:** radiation hardness, radiation resistance, ionizing radiation, electronics, integrated circuits.



Калашников О. А.



Ахметов А. О.



Никифоров А. Ю.



Боруздина А. Б.



Телец В. А.



Яненко А. В.

**Введение**

Нормативные документы (НД), регламентирующие выбор ЭКБ для комплектования РЭА, а также процедуру подтверждения уровня РС ЭКБ, разрабатываются головными научно-исследовательскими организациями различных федеральных органов исполнительной власти и госкорпораций (Минпромторг России, Минобороны России, РОСАТОМ, РОСКОСМОС и др.). К такой НД, в частности, относятся:

- комплексы государственных военных стандартов (КГВС) «Мороз-7» и «Климат-8»;
- положение о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) ракетных и космических комплексов РК-11–КТ.

Указанные НД регламентируют общий подход к оценке РС и, в отсутствие данных об уровне РС ЭКБ, требуют экспериментального (испытания образцов), расчётно-экспериментального или расчётного (расчётно-аналитического) подтверждения РС ЭКБ. В то же время НД не регламентируют конкретный методический подход и источники финансирования для проведения указанных работ, что зачастую приводит к диаметрально противоположным подходам предприятий-производителей РЭА к решению практической задачи установления и подтверждения уровня РС ЭКБ:

- первый подход: «экономический» и/или временной – заключается в игнорировании требований НД по РС ЭКБ. Установление и подтверждение уровня РС изделий

происходят только «на бумаге» на основе ложных посылов: «у нас много лет летает и всё хорошо», «нам ОКР надо сдать, а потом мы всё испытаем», «в datasheet на ЭКБ ИП указан уровень стойкости – мы в него верим» и т. п. Цена такого подхода – дорогостоящий отказ РЭА из-за «экономии» на испытаниях;

– второй подход: «испытывать надо всё», т. е. для подтверждения уровня РС надо испытывать все типы используемой ЭКБ;

– третий подход: достаточно проводить радиационные испытания ЭКБ в составе РЭА.

Специалистам в области радиационных испытаний и уполномоченной экспертной организации по оценке и контролю РС ЭКБ чаще приходится сталкиваться именно с первым подходом. А каким же должен быть типовый подход к оценке РС ЭКБ на основе действующих НД?

#### **Основная часть**

##### **Типовой методический подход к оценке РС ЭКБ ОП**

Выбор и обоснование применения ЭКБ отечественного производства (ОП) в РЭА в общем случае предполагают, что:

– разработчики и изготовители РЭА выбирают ЭКБ ОП согласно «Перечню электронной компонентной базы...» [1];

– уровень РС ЭКБ ОП, указанный в технических условиях (ТУ) на типы изделий, обеспечен стабильностью технологического процесса их изготовления, сопряженного с ним комплекса свойств используемых материалов и структур, критических технологических операций, элементарно-технологических базисов, а также топологических и схемотехнических решений, вида конструкторско-технологического исполнения;

– заявляемый и гарантируемый производителем или поставщиком ЭКБ ОП уровень РС обеспечивается проведением полного цикла радиационных испытаний по требованиям НД и подтверждается наличием и эффективностью действия системы менеджмента качества предприятий на этапах разработки, производства и поставки изделий.

Указанные в ТУ на типы изделий микроэлектроники, например, уровни РС устанавливаются при завершении ОКР в ходе квалификационных испытаний по группам К23–К25 ОСТ В 11 0998 и К15–К17 ОСТ В 11 1010. Уровень РС изделий подтверждают в процессе производства в ходе операций контроля партий пластин по подгруппе «Е» ОСТ В 11 0998 и ОСТ В 11 1010 или радиационной отбраковкой каждого образца изделия, исходя из статистического разброса уровней РС внутри производственной партии.

В случае изменений схемотехнического или конструкторско-технологического исполнения изделия, потенциально способных повлиять на уровень его РС, проводятся типовые испытания, в состав которых включаются испытания на РС.

Результаты радиационных испытаний (контроля, разбраковки) оформляются установленным порядком и представляются по запросам потребителей изделий.

Если указанные условия выполнены и в ходе идентификации подтверждена подлинность типа изделия, а заявленный в ТУ на тип изделия уровень РС соответствует заданным требованиям модели эксплуатации РЭА, то дополнительного подтверждения уровня РС изделия на этапе комплектования РЭА не требуется.

Если в ТУ на тип изделия сведения о РС приведены неполно (например, по составу характеристик); условия и режимы проведенных радиационных испытаний значительно отличаются от условий эксплуатации в РЭА), результаты контроля стабильности уровня РС в производстве отсутствуют, то для применения ЭКБ в РЭА необходимо провести дополнительные определительные испытания на РС с обеспечением их необходимой полноты, достоверности и информативности.

Конкретные режимы, схемы включения, состав и критерии параметров годности изделий при испытаниях могут отличаться от режимов и условий работы в РЭА, что может приводить к отличиям уровней фактической РС изделий в составе РЭА от указанных в ТУ на поставку или определенных при дополнительных радиационных испытаниях.

Если указанный в ТУ на тип изделия уровень РС не соответствует заданным требованиям в модели эксплуатации РЭА, то допускается проведение сертификационных радиационных испытаний в режимах и условиях, установленных для образца РЭА. В случае положительных результатов испытаний решение о допустимости применения конкретного типа изделия принимает предприятие разработчик или изготовитель РЭА.

##### **Типовой методический подход к оценке РС ЭКБ ИП**

Выбор и обоснование применения ЭКБ ИП в РЭА в общем случае предполагают оценку соответствия РС модели эксплуатации в РЭА по результатам сертификационных радиационных испытаний.

Объектом сертификационных радиационных испытаний является закупочная партия каждого типа ЭКБ ИП. Результаты сертификационных радиационных испытаний ЭКБ ИП для комплектования одного образца РЭА не могут быть априори распространены для комплектования другого образца РЭА в силу возможных различий в режимах и условиях работы, а также в моделях эксплуатации.

Для повышения технико-экономической эффективности разработок и производств РЭА на начальном этапе комплектования рекомендуется провести предварительный анализ модели эксплуатации в части требований РС и номенклатуры типов комплектующей ЭКБ ИП, определить рациональный объем и состав её испытаний.

В ходе предварительного анализа проводят оценку и прогнозирование уровней РС всей номенклатуры ЭКБ ИП. Оценку проводят по результатам ранее выполненных радиационных испытаний и исследований (при их наличии) или заключений экспертов, исходя из функциональной сложности и элементарно-технологического базиса изделий.

Для каждого типа изделий определяют предварительные (прогнозируемые) значения уровня РС  $U_{\text{ПРЕДВ}}$  по каждому виду радиационного воздействия согласно модели эксплуатации в РЭА. Необходимость проведения радиационных

испытаний определяют на основе соотношений между заданными уровнями требований

$U_{ТРЕБ}$  и прогнозными уровнями РС  $U_{ПРЕДВ}$  с учётом коэффициента запаса:

– при  $U_{ПРЕДВ} < K_{ЗАП} \times U_{ТРЕБ}$  – испытания необходимы, (а) (1)

– при  $U_{ПРЕДВ} > K_{ЗАП} \times U_{ТРЕБ}$  – испытания рекомендуются, но допускается не проводить при выполнении ряда условий. (б)

Коэффициент запаса  $K_{ЗАП}$  характеризует степень полноты и достоверности предварительной оценки и определяется экспертным способом. Например, согласно ОСТ 134–1034–2012  $K_{ЗАП}$  для уровня стойкости к воздействию ИИ КП по дозовым эффектам (поглощённая доза) должен составлять не менее трёх для подтверждения РС без испытаний и от одного до трёх для подтверждения РС с испытаниями.

В ходе предварительной оценки экспертами принимаются к сведению только те результаты радиационных испытаний, которые получены в отечественных испытательных центрах, аттестованных установленным порядком, а также официально предоставлены предприятиями-разработчиками (изготовителями) или квалифицированными поставщиками изделий в виде протоколов испытаний и справочных данных, указанных в спецификациях на типы изделий.

Для всей номенклатуры ЭКБ ИП, планируемой к применению в РЭА, производится анализ соотношения (1), по результатам которого выбирают способы оценки соответствия РС каждой партии (типа) ЭКБ. Согласно МР МЛКТ 3.21.1–2017 (Методические рекомендации. Контроль и оценка радиационной стойкости электронной компонентной базы в процессе комплектования радиоэлектронной аппаратуры) можно выделить пять способов оценки соответствия:

**Способ 1: по результатам испытаний.** Способ используется для оценки соответствия уровней РС и определения запасов по РС ЭКБ ИП с потенциально наибольшей чувствительностью к радиационным воздействиям.

Методы проведения радиационных испытаний – согласно ГОСТ РВ 5962–004.10.

**Способ 2: по результатам расчётно-экспериментальных оценок на основе ранее проведённых радиационных испытаний ЭКБ.** Способ предполагает, что в ходе предварительного экспертного анализа проводится идентификация ЭКБ путём визуального сравнения топологий и маркировок кристалла(ов) ЭКБ и кристалла(ов) ранее испытанных образцов ЭКБ того же типа.

В случае идентичности топологий и маркировок кристаллов и при выполнении условия (1, б) принимается решение о соответствии изделий требованиям РС, исходя из ранее полученных результатов радиационных испытаний. В случае

отличия маркировок кристаллов и/или топологии делается экспертное заключение о несоответствии ЭКБ ранее испытанным образцам того же типа, и для него рекомендуется проведение испытаний на РС. Стоит отметить, что в периферийной части кристаллов ЭКБ бывают технологические метки вне рабочей части кристалла и их отличие не является поводом считать кристаллы разными.

**Способ 3: по результатам ранее проведённых радиационных испытаний изделий-аналогов.** Способ используется для оценки РС ЭКБ ИП, для которой имеются данные о достаточном запасе по уровням РС их конструктивно-функциональных аналогов, т. е. выполняется условие (1, б).

Конструктивно-функциональные аналоги ЭКБ ИП – это ЭКБ одного изготовителя, изготовленные по одному и тому же технологическому процессу, которые используют идентичные схемотехнические решения, близкие по функциональному назначению, электрическим параметрам и эксплуатационным характеристикам.

Способ следует применять с осторожностью, поскольку невозможно достоверно подтвердить РС ЭКБ ИП, основываясь на результатах радиационных испытаний отечественного аналога.

**Способ 4: по результатам анализа конструктивно-технологических параметров ЭКБ ИП.** Способ применяется в случаях, когда конструктивно-технологические параметры ЭКБ заведомо обеспечивают стойкость к определённым характеристикам радиационных воздействий, например:

– КМОП микросхем к воздействию факторов 7.И с характеристиками 7.И1 и 7.С1 по структурным повреждениям до группы 4Ус и изделий на КНИ/КНС структурах до группы 5Ус на основании [2];

– КМОП микросхем, биполярных полупроводниковых приборов и микросхем с проектными нормами  $\geq 2$  мкм к воздействию тяжёлых заряженных частиц (ТЗЧ) и высокоэнергетичных протонов по тиристорным эффектам [3, 4];

– стойкость ЭКБ (кроме оптоэлектронной) к воздействию ИИ космического пространства (далее – КП) по эффектам смещения обеспечивается конструктивно-технологическими параметрами. Уровни РС изделий оптоэлектроники к воздействию ИИ КП по эффектам смещения определяют способами 1, 2, 3, 5;

– стойкость полупроводниковых диодов/стабилитронов (кроме высоковольтных (более 100 В)), резисторов, конденсаторов, моточной ЭКБ к воздействию ИИ КП по дозовым и одиночным эффектам до уровней 100 крад (Si) и 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг, соответственно.

**Способ 5: по результатам анализа официальных данных производителя или квалифицированного поставщика ЭКБ ИП.** Способ может использоваться в отношении ЭКБ ИП категорий Space, Military и RadHard при предоставлении данных о РС или результатах (протоколы) сертификационных испытаний, что возможно после снятия санкций в отношении поставки ЭКБ ИП указанных категорий. С другой стороны, для ЭКБ ИП категории Space, Military и RadHard

в большинстве случаев доступна подробная документация (SMD – standard microcircuit drawings), аналогичная отечественным ТУ, и РС может быть установлена при условии отсутствия признаков контрафакта и наличии положительных результатов входного контроля, в т. ч. функционального.

#### **Типовая последовательность подтверждения РС**

Последовательность действий при оценке РС ЭКБ ОП и ИП имеет следующие этапы:

1. Предварительный анализ модели внешних воздействующих факторов (ВВФ) и номенклатуры ЭКБ с целью выбора рациональных объёма и состава испытаний (способы 1...5).

2. Разработка и согласование общей программы-методики (программы и методики) оценки соответствия номенклатуры ЭКБ, комплектующей конкретный образец РЭА, требованиям РС.

2.1. На первом этапе рекомендуется исключить ЭКБ ОП и ИП, стойкость которой подтверждается способом 4.

2.2. На втором этапе рекомендуется исключить из дальнейшего рассмотрения ЭКБ ИП, стойкость которой подтверждается способом 5, а также ЭКБ ОП с уровнями стойкости в ТУ, соответствующими заданной модели ВВФ без испытаний.

2.3. На третьем этапе рекомендуется определить ЭКБ ИП, стойкость которой может быть подтверждена способом 2 с соответствующим коэффициентом запаса. При наличии вновь закупленной партии ЭКБ ИП, предназначенной для комплектования РЭА, рекомендуется провести идентификацию её кристаллов для сравнения с кристаллами ранее испытанной ЭКБ ИП. Это позволяет исключить ситуацию, когда кристаллы ЭКБ ИП отличаются от ранее испытанных и необходимы длительные (от нескольких месяцев до года) испытания ЭКБ ИП.

2.4. На четвёртом этапе рекомендуется определить ЭКБ ИП, уровень РС которой может быть подтверждён способом 3, при условии строго следования определению понятия «аналог» в области ЭКБ.

2.5. Соответствие заданным требованиям по РС оставшейся ОП и ИП может быть подтверждена только способом 1.

3. Подготовка испытаний ЭКБ ОП и ИП (способ 1), для которой выполняется условие (1, а), включающая разработку и согласование программ-методик (программ и методик) испытаний каждого типа ЭКБ ИП, разработку и изготовление (адаптацию) необходимого оборудования и оснастки, разработку программного обеспечения.

4. Идентификация образцов ЭКБ, проведение радиационных испытаний выбранных типов изделий, обработка результатов испытаний.

5. Разработка и согласование протоколов испытаний ЭКБ.

6. Оценка РС ЭКБ, не подлежащей испытаниям, для которой выполняется условие (1, б), если это не было сделано на этапе 2, разработка протоколов анализа соответствия и заключений по результатам оценок.

7. Разработка и согласование сводного заключения о соответствии всей номенклатуры ЭКБ ИП, используемой в РЭА, требованиям РС.

8. Доработка (при необходимости) РЭА по результатам испытаний ЭКБ. Например, для бортовой РЭА может быть применена конструкционная защита [5] для уменьшения локальных дозовых нагрузок (ЛДН) на ЭКБ, в случае если по результатам испытаний уровень стойкости к воздействию ИИ КП по дозовым эффектам меньше расчётного значения ЛДН. Доработка РЭА также может потребоваться в случае возникновения тиристорных эффектов и/или катастрофических отказов в ЭКБ при воздействии ТЗЧ [6].

#### **Заключение**

Представленный типовой методический подход развивает и дополняет положения МР МЛКТ 3.21.1–2017 с целью достоверного и рационального подтверждения РС ЭКБ ОП и ЭКБ ИП для комплектования РЭА с требованиями по РС в модели ВВФ.

#### **Литература**

1. Перечень электронной компонентной базы, предназначенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники.

2. Решение о порядке оценки соответствия микросхем интегральных и приборов полупроводниковых требованиям стойкости к воздействию факторов с характеристиками по ГОСТ РВ 20.39.414.2 от 07.02.2013 г.

3. Методические указания по обеспечению стойкости бортовой аппаратуры изделий к воздействию тяжёлых заряженных частиц и высокоэнергетичных протонов космического пространства. Часть 2. Методические указания по оценке и обеспечению сбоеустойчивости и отказоустойчивости бортовой аппаратуры.

4. Rudenkov A. E., Akhmetov A. O., Bobrovsky D. V., Chumakov A. I., Yanenko A. V., Uzhegov V. M. «The prediction for single event latchup sensitivity parameters of digital CMOS ICs based on its technological features», (2017) // Proceedings of the International Conference on Microelectronics, ICM, 2017, October. – pp. 287–290.

5. Akhmetov A. O., Sorokoumov G. S., Bobrovsky D. V., Boychenko D. V., Nikiforov A. Y., Chumakov A. I., Thomas J.-C., Maksimov A. U., Vasilenkov N. A., «The effectiveness of specialized IC packages: Experimental and monte-carlo simulation for basic orbits and spacecraft shielding», (2015) // Proceedings of the European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems, RADECS, 2015, December. – DOI: 10.1109/RADECS.2015.7365674.

6. Novikov A. A., Pechenkin A. A., Chumakov A. I., Akhmetov A. O., Mavritskii O. B., «SEE laser testing at different temperatures», (2015) // Proceedings of the European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems, RADECS, 2015, December. – DOI: 10.1109/RADECS.2015.7365661.

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ЦЕНТРА ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКБ И РЭА

### METHODOLOGICAL APPROACH TO SUBSTANTIATING THE CREATION OF AN INTEGRATED CENTER FOR THE ORGANIZATION AND CONDUCT OF ECB AND REA TESTS

**Булгаков О. Ю.**, к. воен. н., заслуженный работник связи РФ, АНО «Электронсертифика»; +7 (985) 725–73–68, bulgakov56@yandex.ru; **Подъяпольский С. Б.**, к. т. н., **Подъяпольский Б. С.**, ФГБУ «ВНИИР»; +7 (495) 586–17–21, psb@mniirip.ru, pbs@mniirip.ru; **Погосов Г. С.**, АО «НПЦ «МЕРА»; +7 (916) 128–48–34, pogosov.r@mail.ru

**Bulgakov O. Y.**, PhD of Military Sciences, honored Worker of Communications of the Russian Federation, ANO «Electroncertifica»; +7 (985) 725–73–68, bulgakov56@yandex.ru; **Podyapolskii S. B.**, PhD of engineering sciences, **Podyapolskii B. S.**, FSBU «VNIIR»; +7 (495) 586–17–21, psb@mniirip.ru, pbs@mniirip.ru; **Pogosov G. S.**; JSC «RPE «MERA»; +7 (916)128–48–34, pogosov.r@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос о функционировании предлагаемой структуры Интегрированного центра организации и проведения испытаний ЭКБ и РЭА. Рассматриваются основные задачи, решаемые Интегрированным центром, предлагается алгоритм его функционирования. Представлен объём решаемых Интегрированным центром задач, а также предложены функциональные блоки, отвечающие за обработку, хранение и предоставление участникам Интегрированного центра информации.

**Annotation.** The article considers the issue of the functioning of the proposed structure of the Integrated Center for the organization and conduct of ECB and REA tests. The main tasks solved by the Integrated Center are considered, the algorithm of its functioning is proposed. The directions of information functioning in the Integrated Center, the scope of solving the tasks of the Integrated Center are presented, and functional blocks are proposed that process, store and provide it to the customer and participants of the Integrated Center in an accessible and necessary form.

**Ключевые слова:** испытательная лаборатория (центр) (ИЛ(Ц)), электронная компонентная база отечественного производства (ЭКБ ОП), электронная компонентная база иностранного производства (ЭКБ ИП), радиоэлектронная аппаратура (РЭА), Интегрированный испытательный центр, функциональные блоки.

**Keywords:** The article considers the question of the functioning of the proposed structure: testing laboratory (center) (IL(C), electronic component base of domestic production (ECB DP), electronic component base of foreign production (ECB FP), radio electronic equipment (EE), Integrated test center, functional blocks.



Булгаков О. Ю.



Подъяпольский С. Б.



Подъяпольский Б. С.



Погосов Г. С.

### Введение

Качество выпускаемой радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА) напрямую зависит от качества комплектующей её электронной компонентной базы (далее – ЭКБ), а подтверждение заданных характеристик на соответствия требованиям нормативно-технических документов осуществляют компетентные для этой цели испытательные лаборатории (центры) (далее – ИЛ(Ц)) [1].

Как отмечено в [1, 2], существует ряд системных несоответствий требованиям, предъявляемым к ИЛ(Ц), причины которых кроются в неправильной организации

деятельности. Недостаточная координация, не оптимальное применение сил (инженерно-технический персонал) и средств, таких как испытательное оборудование (ИО) и средства измерений (СИ), приводят к отсутствию желаемого результата деятельности ИЛ(Ц).

Следующим логическим этапом должна являться разработка рекомендаций (предложений) по совершенствованию организации функционирования предлагаемой структуры и взаимодействия функциональных блоков в Интегрированном центре. В этом и заключается новизна рассматриваемого вопроса.

### Основная часть

В предыдущей статье [1] дано понятие Интегрированного центра и цели, достигаемые им. Исходя из этого, основными задачами, решаемыми Интегрированным центром, на наш взгляд, должны быть:

- разработка отраслевой автоматизированной системы информационного взаимодействия с предприятиями-изготовителями и потребителями ЭКБ и создание информационного пространства с распределёнными базами данных о наличии и состоянии ИО и СИ отечественных предприятий-разработчиков и изготовителей ЭКБ и ИЛ(Ц);
- онлайн-управление взаимодействием участников Интегрированного центра использованием цифровых информационных ресурсов базы с целью организации проведения испытаний и исследований, входного контроля и проверки наличия признаков контрафакта ЭКБ ИП у изготовителей РЭА ВВСТ;
- разработка и формирование базы нормативной и методической документации, её адаптация с учётом особенностей различных модификаций ИО и СИ;
- на основе формирования базы о наличии, состоянии и загрузке уникального ИО и СИ, а также специализированной измерительной оснастки и контактирующих устройств (КУ) целесообразно создание центра коллективного пользования ими;
- ведение реестра данных по наличию специализированной оснастки для проведения функционального контроля и различных видов климатических и механических испытаний, а также испытаний на надёжность и спецстойкость;
- формирование и ведение единой цифровой информационной базы о результатах проведения исследований ЭКБ ИП на отсутствие признаков контрафактного происхождения и соответствия её требованиям НД военного назначения;
- организация и проведение комплексных исследований и работ по обеспечению качества и надёжности ЭКБ, включая: мониторинг качества и

подготовку бюллетеней о качестве выпускаемой ЭКБ для ВВСТ, организацию и проведение работ по сертификации СМК предприятий-разработчиков и изготовителей РЭА, ЭКБ и материалов для них в обеспечение создания продукции оборонного назначения, анализ результатов рекламационной работы, участие в подконтрольной эксплуатации наиболее важных образцов ВВСТ, проведение технической экспертизы отказов ЭКБ;

- проведение независимых испытаний опытных образцов (контрольных партий, установочных серий) ЭКБ на соответствие техническим требованиям, требованиям стойкости и надёжности, анализ причин отказов ЭКБ, разработка предложений по повышению надёжности ЭКБ;
- проведение сравнительных испытаний, позволяющих повысить степень доверия деятельности ИЛ(Ц), входящих в Интегрированный центр;
- проведение метрологической экспертизы нормативной документации в части выбора контролируемых показателей ЭКБ, методов испытаний, испытательного оборудования и средств измерений;
- глубокая интеграция в области оперативного исследования проблем качества и надёжности ЭКБ во взаимодействии с предприятиями изготовителями и потребителями ЭКБ.

Для решения приведённых выше задач должна быть сформирована структура Интегрированного центра, на базе Испытательного центра головной научно-исследовательской организации Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, с привлечением подразделений других ИЛ(Ц), вошедших в создаваемую структуру. Вопрос формирования оптимальной структуры Интегрированного центра был уже рассмотрен в предыдущей статье [1].

Наряду с ИЛ(Ц), входящими в Интегрированный центр, безусловно могут быть любые организации, имеющие в своей структуре ИЛ(Ц), заинтересованные



Рис. 1. Функциональные блоки Интегрированного центра



во взаимодействии с ИЛ(Ц) и/или обеспечивающими их функционирование. Такие организации должны регистрироваться установленным порядком и активно участвовать в работе Интегрированного центра.

Информация, необходимая для решения задач Интегрированного центра, должна лежать в предлагаемых функциональных блоках, обрабатываться, храниться и предоставляться администратором участникам Интегрированного центра в доступном и необходимом виде (рис. 1):

А). Функциональный блок общей организации работ:

- администрирование участников системы;
- электронная база участников Интегрированного центра.

Б). Функциональный блок организации и проведения испытаний:

- информация о возможностях ИЛ(Ц), участников информационной площадки;
- информация о загруженности ИЛ(Ц), участников информационной площадки;
- информация о наличии в ИЛ(Ц) программ и методик проведения испытаний, участников информационной площадки;
- размещение заявок на испытания и заключения договоров.

В). Функциональный блок информационного обеспечения проводимых испытаний и работ:

- информация о состоянии ИЛ(Ц);
- информация о результатах испытаний ЭКБ ОП и ИП;
- информация о номенклатуре испытываемых ЭКБ ОП и ИП;
- информация о мероприятиях МО, в рамках проводимых НИОКР;
- информация о наличии в ИЛ(Ц) нормативно-технической документации;
- информация о проведении испытаний, в рамках НИОКР по созданию ЭКБ;
- обобщённая информация о стоимости проведения испытаний.

Управление, регулирование и обмен информацией между предложенными функциональными блоками должны осуществляться централизованно. В общих чертах алгоритм функционирования Интегрированного центра предлагается рассматривать в следующем порядке (рис. 2).

В качестве участников функционирования Интегрированного центра также целесообразно привлечение организаций и предприятий, предложенных в ранее опубликованных статьях [1, 2].

Создание и функционирование Интегрированного центра должно позволить и обеспечить [3, 4, 5]:

- организацию централизованного и эффективного проведения испытаний ЭКБ и РЭА;
- сокращение сроков и стоимости проведения испытаний ЭКБ и РЭА;
- владение обобщённой аналитической информацией ФОИВ, руководством ДРЭП по результатам проведённых испытаний ЭКБ и РЭА участниками Интегрированного центра;
- повышение качества планирования работ по созданию ЭКБ и РЭА;
- улучшение контроля за разработкой, производством и поставками отечественной и зарубежной ЭКБ;
- получение системной информации о наличии и состоянии ИО и СИ предприятий-разработчиков и изготовителей ЭКБ, ИЛ(Ц);
- получение информации участниками информационной площадки о загруженности ИЛ(Ц) для проведения требуемых видов испытаний;
- создание единого реестра данных по наличию испытательной оснастки;
- доступность при организации и проведении испытаний ЭКБ и РЭА к уникальному ИО и единичным СИ, необходимых для проведения единичных испытаний;
- определение ИЛ(Ц), способных осуществлять входной контроль, исследования ЭКБ ИП на отсутствие признаков контрафактного происхождения;

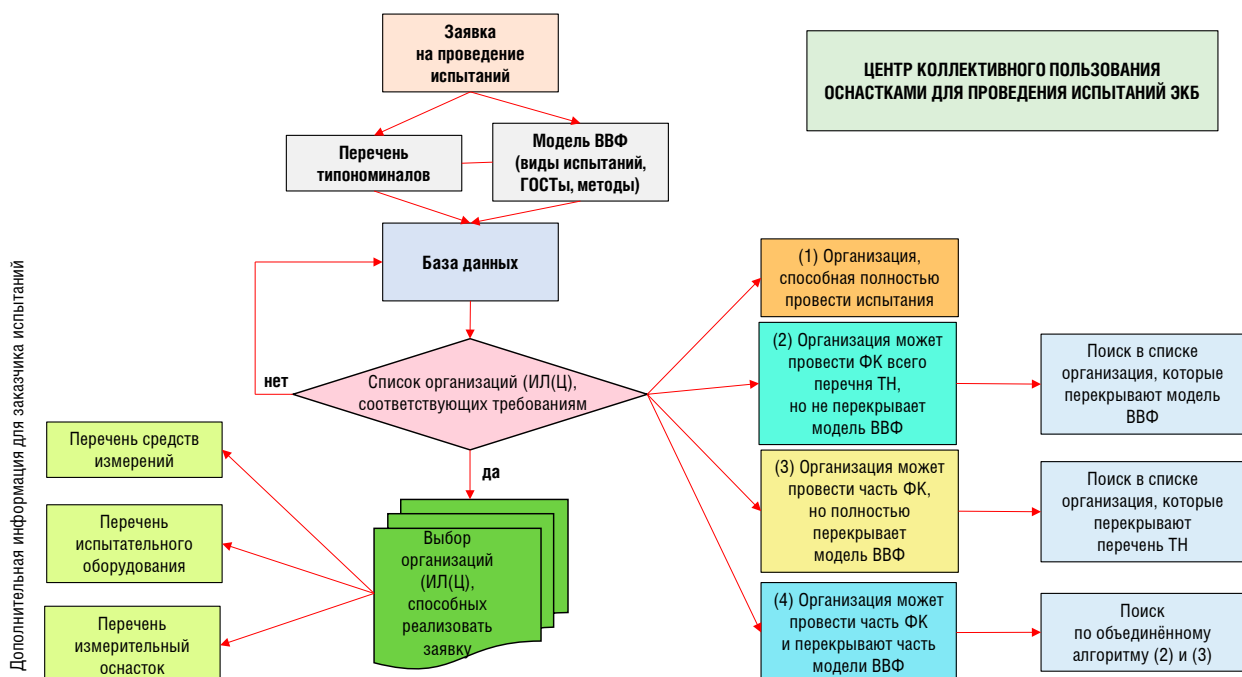


Рис. 2. Предлагаемый алгоритм функционирования и участники Интегрированного центра

– применение участниками информационной площадки имеющихся программ и методик проведения испытаний ЭКБ и РЭА;

– возможность оперативного доступа и использования в ходе организации и проведения испытаний ЭКБ и РЭА к нормативно-технической документации;

– планирование и управление проведением испытаний, разрабатываемых ЭКБ в рамках проводимых НИОКР;

– планирование проведения мероприятий метрологического обеспечения, а также проведения метрологической экспертизы проектной, конструкторской, технологической, эксплуатационной документации, методик измерений;

– понимание участниками информационной площадки финансовой составляющей при организации и проведения испытаний ЭКБ и РЭА.

#### Заключение

Рассмотренные подходы к функционированию Интегрированного центра, дальнейшее изучение и совершенствование этого направления должны обеспечить предприятиям радиоэлектронной отрасли организацию и проведение всех

видов испытаний ЭКБ и РЭА с оптимальными, достоверными и своевременными результатами.

#### Литература

1. Булгаков О. Ю., Подъяпольский С. Б. Методический подход к обоснованию создания интегрированного центра организации и проведения испытаний ЭКБ и РЭА. // «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», Мытищи, 2022. – № 1. – с. 10–14.

2. Куцько П. П., Булгаков О. Ю. Концепция создания Интегрированного центра испытаний ЭКБ и РЭА. // «Электроника. Наука. Технология. Бизнес», Москва, 2018. – № 10. – УДК 621.38. ВАК 05.27.06. – с. 76–78.

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

4. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

5. ЭС РД 005–2020 Требования к испытательным лабораториям (центрам).

УДК 62–523.8

### МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ В АО «СЕВЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «АРКТИКА»

#### MULTIPURPOSE TEST STATION IN JSC NORTHERN PRODUCTION ASSOCIATION «ARKTIKA»

**Душкин Ю. В., Мардаровский А. Ф., Прищепин Г. С.;** АО «СПО «Арктика»; +7 (8184) 58–40–18, +7 (921) 498–87–78, +7 (921) 485–10–55; dushkin@spoarktika.ru, maralexfel@yandex.ru, prishchepin.gs@spoarktika.ru

**Dushkin Yu. V. Mardarovskiy A. F. Prishchepin G. S.;** JSC «SPO «Arktika»; +7 (8184) 58–40–18, +7 (921) 498–87–78, +7 (921) 485–10–55; dushkin@spoarktika.ru, maralexfel@yandex.ru, prishchepin.gs@spoarktika.ru

**Аннотация.** В данной статье описан процесс создания и внедрения в производство многофункциональной испытательной станции, предназначенной для проведения испытаний электрооборудования как гражданского, так и военного назначений. В частности, рассматривается создание новой системы управления с программным обеспечением, что позволило выполнить частичную автоматизацию процесса испытаний с одновременным увеличением диапазонов регулирования и повышением точности установки частоты и напряжения источников питания, а также значительным повышением производительности испытательных работ.

**Annotation.** This article describes the process of establishing and putting into production a multifunctional test station intended for testing of electric equipment for both civilian and military purposes. In particular, the development of new control system with software is considered which made it possible to perform partial automatization of test process with simultaneous increase of adjustment ranges and increase in accuracy of setting the frequency and voltage of power supplies, as well as significant increase in performance of test works.

**Ключевые слова:** автоматизация процесса испытаний, тиристорный преобразователь, установка измерительная для прогрузки постоянным током, современная элементная база, объём приёмо-сдаточных испытаний, АО «СПО «Арктика».

**Key words:** automatization of test process, thyristor converter, measuring equipment for DC test, on a modern elemental basis, in the extent of delivery acceptance trials, JSC «NPA «Arktika».

#### Введение

Ремонт электрической части кораблей Военно-морского флота Российской Федерации в городе Северодвинске производится специалистами АО «Северное производственное объединение «Арктика». При этом приёмо-сдаточные испытания отремонтированного электрооборудования с 1980 года выполняются на

испытательной станции ремонтного цеха СПО «Арктика» для кораблей и судов, проходящих ремонт в АО «Центр судоремонта «Звёздочка», а также выполняется входной контроль нового электрооборудования, поступающего от АО «Производственное объединение «СЕВМАШ».

К 2012 году испытательная станция по конструктивным и эксплуатационным характеристикам значительно



Душкин Ю. В.



Мардаровский А. Ф.



Прищепин Г. С.

устарела, срок службы и ресурс электрических машин, коммутационной аппаратуры и кабеля, входящих в состав испытательной станции, были существенно выработаны. Возможности испытательной станции также были ограничены испытаниями электрооборудования кораблей, построенных до 1985 года [1, 2].

При этом недостатками ранее существовавшей испытательной станции при испытаниях электрооборудования гражданского и военного назначения являлись:

- недостаточно точное регулирование напряжения и частоты с помощью автотрансформаторов типа ЛАТР;
- ограниченность диапазонов регулирования напряжения и частоты;
- затруднения при фиксации значения параметра по стрелочному прибору;
- отсутствие автоматической стабилизации заданного

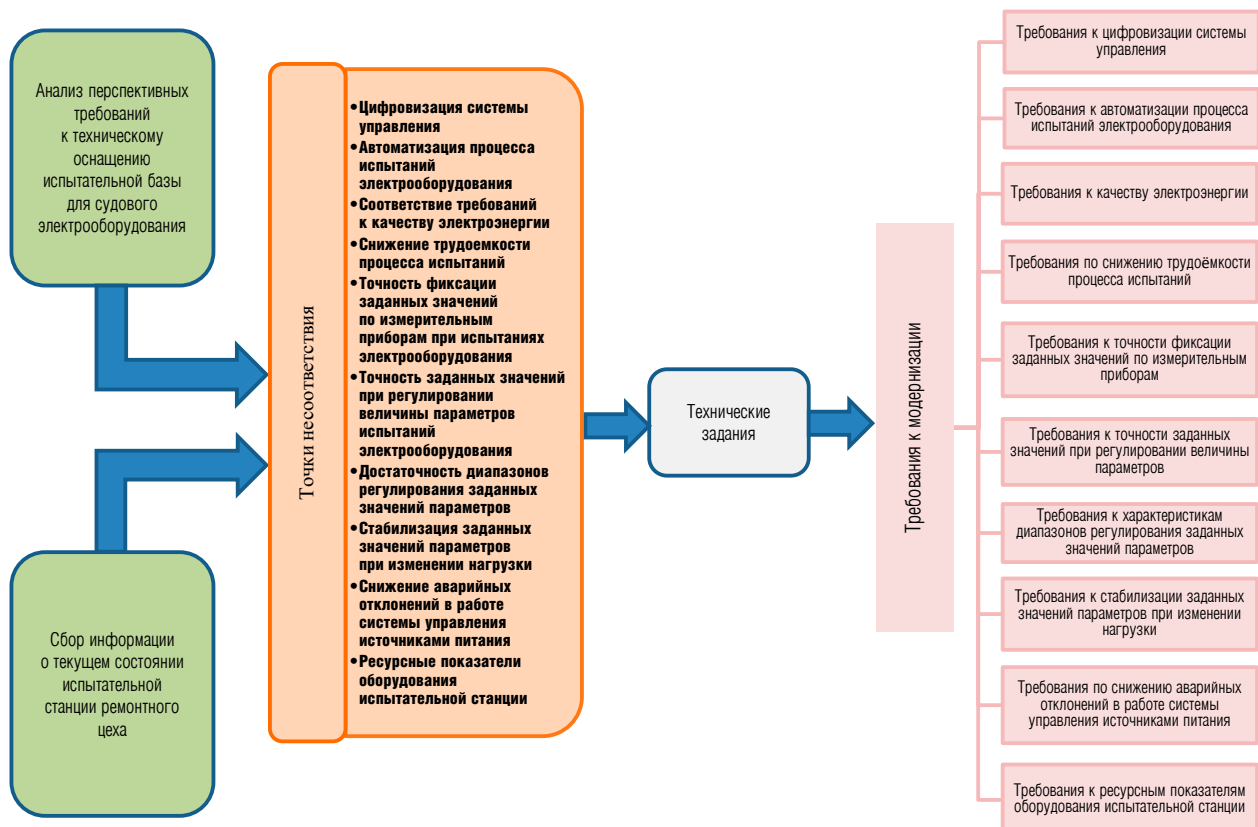
параметра при изменении нагрузки (выполнялась вручную);

- сбои в системе управления технически устаревшим электрооборудованием.

Имея в виду, что для приёмо-сдаточных испытаний электрооборудования современных кораблей необходима новая испытательная база, руководство СПО «Арктика» приняло решение о глубокой модернизации испытательной станции, находящейся в эксплуатации.

#### Основная часть

Для проектирования по сути новой испытательной станции в 2012 году было разработано техническое задание «Разработка конструкторской документации для модернизации испытательной станции электроремонтного цеха «СПО «Арктика». При разработке этого технического задания был обработан большой массив информации по следующему алгоритму:



На основании технического задания были разработаны и утверждены специалистами ООО «Инженерный центр «Энергосервис» проекты общей схемы станции, схем управления источниками питания (принципиальных схем, схем монтажных соединений, функциональных схем) и схемы заземления, а затем рабочие чертежи (более 200 чертежей форматов 5×A1, 2×A2, A2, 7×A3, 5×A3, A3, A4).

По результатам пуско-наладочных работ проектантом совместно со специалистами СПО «Арктика» были

доработаны рабочие экземпляры этих документов [3, 4].

Для наглядности на рис. 1 представлена разработанная функциональная схема управления двухмашинным агрегатом для модернизации испытательной станции.

В этой схеме применён тиристорный трёхфазный преобразователь типа ЭПУ1М-7В-1-3227 с цифровым управлением, встроенный в блок управления.

Принцип работы преобразователя представлен на упрощённой структурной схеме на рис. 2.

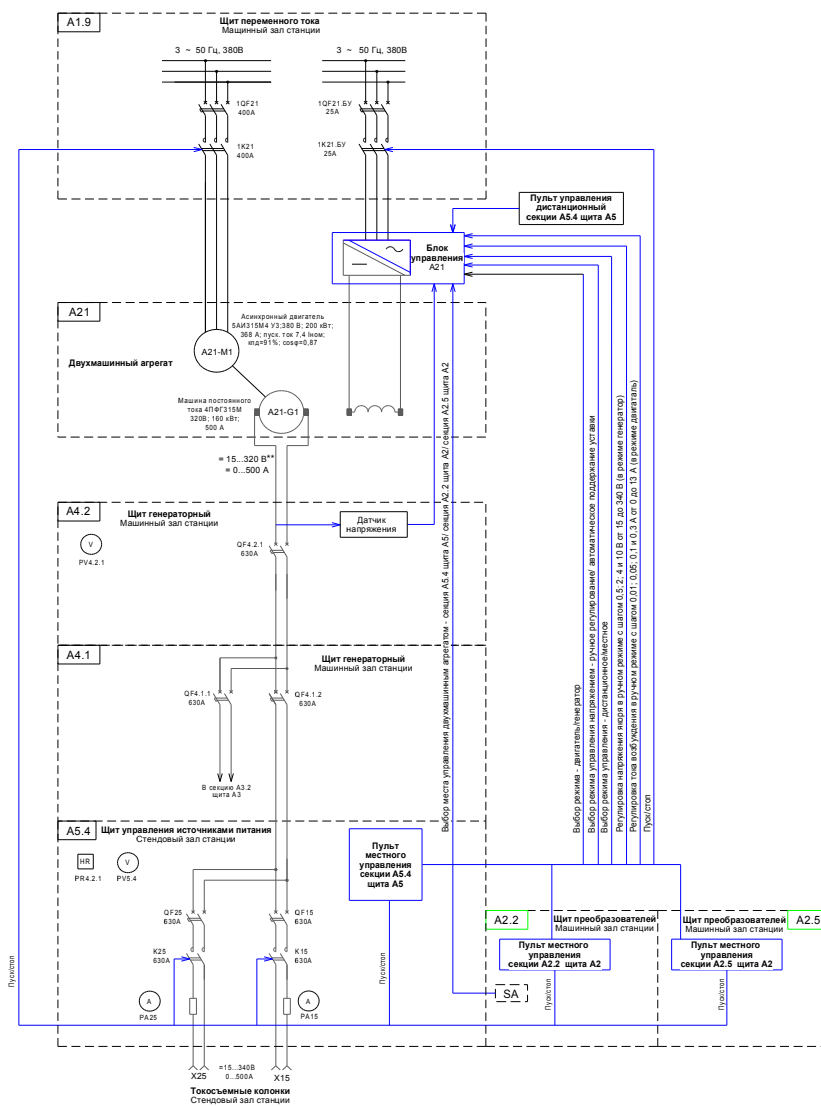


Рис. 1. Схема функциональная. Управление двухмашинным агрегатом

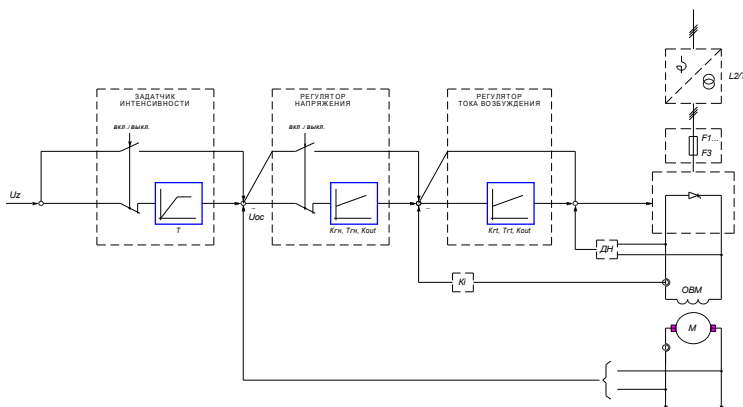


Рис. 2. Структурная схема преобразователя ЭПУ1М-7В-1-3227

Изготовленный по этой схеме блок управления сохраняет работоспособность:

- при отклонениях напряжения питающей сети от +10 % до -15 %;
- при отклонениях частоты питающей сети на 2 %;
- при кратковременных провалах мгновенных значений напряжения питающей сети.

А также имеет следующие электронные защиты:

- от недопустимого понижения (в т. ч. от обрыва фазы при сгорании предохранителей) сетевого напряжения в цепи управления;
- от перегрева возбудителя;
- от превышения допустимого времени токовой перегрузки;
- от пробоя тиристоров и от исчезновения сетевого напряжения в силовой цепи;
- от превышения максимального выпрямленного тока;
- от неправильного чередования фаз питающей сети в цепи управления.

Специалистами «СПО «Арктика» также были созданы: кабельные журналы силовых цепей и цепей управления, паспорт на испытательную станцию, методика первичной аттестации испытательной станции, руководство по эксплуатации испытательной станции [5].

В это же время были разработаны дополнительно технические задания для проектирования входящего в состав испытательной станции нового стенда испытаний щитов управления и автоматических выключателей. А именно: на проектирование и изготовление установок измерительных для прогрузки током автоматических выключателей постоянного тока и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, а также на разработку и изготовление щита испытаний пускорегулирующей аппаратуры.

Необходимо отметить, что модернизация испытательной станции выполнялась одновременно с производством основных работ по выполнению государственного оборонного заказа (в основном для АО «ЦС «Звёздочка») на одних и тех же производственных площадях. Поэтому во избежание срыва графиков выполнения основных работ специалистами АО «СПО «Арктика» был спроектирован, изготовлен и аттестован временный стенд испытания электрооборудования.

При модернизации испытательной станции в его машинном зале (закрытое помещение) были заменены на новые: система освещения, система пожаротушения и сигнализации, система вентиляции. Также отремонтировано и модернизировано оборудование схемы нагрузки на 500 кВт для приёмо-сдаточных испытаний мощных преобразователей.

Необходимо отметить, что для выполнения проверки и доводки вибрационных характеристик электрических машин с вращающимся ротором (неотъемлемая часть программы приёмо-сдаточных испытаний электрооборудования) в стендовом зале испытательной станции предусмотрены специальные фундаменты, виброизолированные от фундамента здания. Для снижения вибрационных нагрузок на фундаменты стендового зала от вибрации работающих электрических машин машинного зала в последнем часть фундаментов была заменена на новые, виброизолированные от фундамента здания. Также были установлены новые каскады амортизаторов между фундаментами и новыми электрическими машинами. В связи с этим существенно улучшилась точность определения вибрационных характеристик электрооборудования.

В состав новой многофункциональной испытательной станции входит следующее оборудование:

- в машинном зале станции: в качестве источников питания 6 индукционных регуляторов, 11 двухмашинных и трёхмашинных агрегатов, 9 преобразователей частоты и напряжения; а также щиты распределительные А1...А4 (51 секция), обеспечивающие электроэнергией стендовый зал;

- в стендовом зале станции: 12 виброизолированных фундаментов (для установки и крепления испытываемого электрооборудования), щиты управления и распределения электроэнергии А5...А10 (42 секции), 27 блоков управления и 5 шкафов управления, 91 токораспределительная колонка (для подключения испытываемого электрооборудования), 54 розетки (для подключения вспомогательных приборов и специальных средств технического оснащения).

Представлена фотография стендового зала многофункциональной станции.



Современный стендовый зал многофункциональной испытательной станции

На стенде испытания щитов управления и автоматических выключателей находится щит испытаний пускорегулирующей аппаратуры (7 секций).

В состав щита входит:

- установка измерительная для прогрузки первичным постоянным током 26 кА;
- установка измерительная для прогрузки первичным переменным током 50 Гц 19 кА;
- установка измерительная для прогрузки первичным переменным током 400 Гц 4 кА;
- секция источников напряжения постоянного тока;
- секция вводная;
- секция источников напряжения переменного тока 50 Гц;
- секция источников напряжения переменного тока 400 Гц.

В настоящее время испытательная станция является специально оборудованным производственным участком, предназначенным для проведения испытаний электрооборудования как гражданского, так и военного назначения [6].

Территориально новая станция разместилась на тех же производственных площадях общей площадью 1400 м<sup>2</sup>.

В результате модернизации испытательной станции добились следующего:

- частичная автоматизация процесса испытаний в связи с применением программного обеспечения в системах управления источниками питания: оператор (инженер-

настройщик) вносит в программу управления параметры испытываемого электрооборудования (тип, заводской номер и характеристики двигателя или генератора переменного или постоянного тока, преобразователя частоты или напряжения), а также устанавливает диапазон изменяющихся параметров (напряжения или частоты) или конкретную их величину;

– установка (или изменение) значений напряжения и частоты любого источника питания оператором выполняется дистанционно с пульта дистанционного управления (в дальнейшем ПДУ) рядом с испытываемым оборудованием или с пульта местного управления (в дальнейшем ПМУ) щита стендового зала испытательной станции. При этом оператор определяет место установки испытываемого электрооборудования на одном из 12 виброизолированных фундаментов с учётом соответствующих технических характеристик токораспределительных колонок, расположенных рядом с фундаментом;

– регулирование напряжения или частоты выполняется плавно на одном из четырёх выбранных шагов регулирования с необходимой точностью заданных параметров;

– увеличились диапазоны регулирования: напряжения постоянного тока до 400 В, напряжения переменного тока 50 Гц до 690 В, напряжения переменного тока 400 Гц до 240 В; аналогично и диапазоны регулирования частоты

Таблица 1

| № поз. | Наименование операции   | Комплексная оценка испытаний по годам<br>(требуемая/фактическая для 1980–2010 гг.) |              |              |              |           |                                |
|--------|---|--|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------------------------|
|        |   | 1980   | 1990         | 2000         | 2010         | 2020      | 2030                           |
| 1      | Ресурсные показатели испытательной станции  | 8/8  | 8/5          | 8/2          | 10/1         | 8         | 7                              |
| 2      | Отсутствие аварийных отклонений в работе испытательной станции  | 1/9  | 1/8          | 1/7          | 1/5          | 1         | 1                              |
| 3      | Достаточность диапазонов регулирования заданных параметров  | 7/7  | 7/6          | 9/4          | 10/2         | 10        | 9                              |
| 4      | Стабилизация заданных значений параметров при изменении нагрузки  | 4/4  | 4/3          | 6/3          | 10/2         | 10        | 9                              |
| 5      | Точность заданных значений при регулировании величины параметра   | 5/5  | 7/5          | 8/5          | 10/5         | 10        | 10                             |
| 6      | Точность фиксации заданных значений по измерительным приборам   | 7/7  | 8/6          | 8/6          | 10/5         | 10        | 10                             |
| 7      | Соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ   | 10/10  | 10/8         | 10/8         | 10/8         | 10        | 10                             |
| 8      | Повышение производительности труда на испытательной станции   | 1/5  | 3/5          | 5/6          | 5/6          | 9         | 9                              |
| 9      | Автоматизация процесса испытаний  | 0  | 0            | 5/0          | 5/0          | 6         | 8                              |
| 10     | Цифровизация системы управления   | 0  | 0            | 0            | 0            | 7         | 8                              |
| 11     | Применение искусственного интеллекта и нейросетей для обработки результатов и прогнозирования ресурсных показателей | 0  | 0            | 0            | 0            | 2         | 10                             |
|        | <b>Показатель эффективности работы испытательной станции (в баллах)</b>   | <b>43/55</b>   | <b>48/46</b> | <b>60/41</b> | <b>71/34</b> | <b>83</b> | <b>91<br/>(прогнозируемая)</b> |

переменного тока 50 Гц – 66 Гц и частоты переменного тока 400 Гц – 425 Гц, частоты переменного тока 1000 Гц – 1100 Гц. При этом нагрузка для испытываемого электрооборудования определена соответствующей токораспределительной колонкой и ограничена по величине блоком управления соответствующего источника питания;

– результаты испытаний отображаются на дисплее ПМУ (или ПДУ) и сохраняются в памяти компьютера, подключенного через интерфейс к соответствующему блоку управления, для последующего оформления протоколов испытаний соответствующей формы (формы протоколов указаны в методиках испытаний конкретных типов испытываемых изделий).

Испытания электрических машин выполняются как на холостом ходу, так и под нагрузкой, для чего в составе испытательной станции имеется необходимый комплект нагрузочных устройств для любого типа испытываемого электрооборудования.

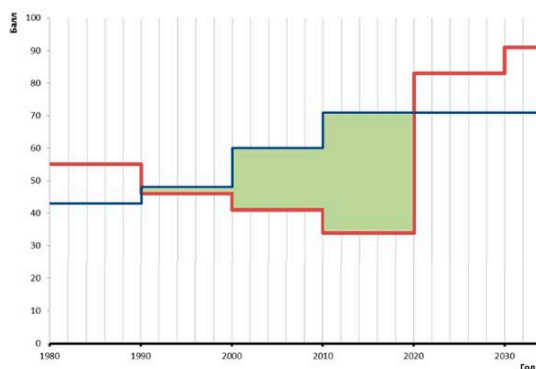
Испытание электрооборудования производится по соответствующим программам и методикам, разрабатываемыми в объединении для конкретного вида (типа) изделия и согласованными в обязательном порядке с заказчиком.

Оборудование испытательной станции создано на современной элементной базе и аттестовано в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 0008–002–2013, правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, правилами устройства электроустановок до 1000 В, требованиями безопасности в соответствии с ГОСТ Р 54585–2011, требованиями пожарной безопасности.

Здесь представлена оценка критериев соответствия технических требований к испытательной станции по отношению к выполняемым работам на испытательной станции за весь цикл её жизнедеятельности. Рассмотрим приведённую табл. 1.

На основании данных таблицы представлен график изменения технического уровня испытательной станции.

Окрашенная область графика – период и величина малоэффективной работы испытательной станции.



- – требуемый комплексный технический уровень испытательной станции.
- – фактический комплексный технический уровень испытательной станции.

Испытательная станция аттестована в 2016 году комиссией, в составе которой работали лицензированные представители автономной некоммерческой организации «Институт метрологии обороны и безопасности» и федерального государственного бюджетного учреждения «Главный научный метрологический центр» Минобороны России [6].

Испытательная станция введена в эксплуатацию с 01.01.2017 года.

### Заключение

Результатом модернизации испытательной станции стал качественный прорыв, обеспечивающий эффективное выполнение работ по испытанию современного электрооборудования кораблей и судов в объёме приёмо-сдаточных испытаний, регламентированных нормативной документацией производителей электрооборудования, и требований современных государственных и отраслевых стандартов.

Модернизация испытательной станции сделала более комфортной работу инженеров по наладке и испытаниям, увеличила её производственную мощность, что позволяет выполнять больший объём приёмо-сдаточных испытаний современного электрооборудования. При испытаниях отмечено существенное снижение количества аварийных ситуаций и выходов из строя испытываемого оборудования.

В результате модернизации повышена производительность собственных работ при испытании ЭО на 10 %, что положительно сказалось на стоимости ремонта ЭО.

### Литература

1. Проектирование автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами: справочник/ под редакцией В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1982 г.
2. Преобразовательная техника: учебное пособие для электротехн. спец. вузов/С. А. Васильченко, Н. Е. Дорюжкова, В. А. Соловьев – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2004 г.
3. Новая серия цифровых асинхронных электроприводов на основе принципов управления и формирования переменных/ Виноградов А. Б., Чистосердов В. Л., Сибирицев А. Н., Монов Д. А.//Электротехника. – № 12, 2001 г.
4. Новое поколение полупроводниковых преобразователей электрической энергии с изоляционным барьером между выводами управления и выводами для подключения регулируемого напряжения/ Култыгин, Горохов, Мирошников// Силовая электроника. – № 2, 2007 г.
5. Новое семейство преобразователей частоты для низковольтных асинхронных электроприводов производства ОАО Электровыпрямитель/ Клонов Алексей, Червенков Виталий, Шестоперов Георгий, Юнович Владимир, Ершков Андрей, Юртайкин Илья// Силовая электроника. – № 2, 2008 г.
6. Новые схемы статических преобразователей электрической энергии и их сравнительный анализ/ Серегин Дмитрий, Царенко Анатолий// Силовая электроника. – № 3, 2007 г.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА  
КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ (ЦЕНТРА)**

**THE METROLOGICAL SUPERVISION IN THE COURSE OF INTERNAL AUDIT  
AS AN INSTRUMENT OF TESTING LABORATORY (CENTER) IMPROVING**

**Быканов В. В.**, к. т. н., с. н. с., **Есакова М. М.**, **Тупицина А. В.**, ФГБУ «ВНИИР», +7 (903) 774–25–07, sertifbv@yandex.ru  
**Bykanov V. V.**, Ph.D. of engineering sciences, Senior Researcher Officer,  
**Esakova M. M.**, **Tupitsina A. V.**, FSBI «VNIIR», +7 (903) 774–25–07, sertifbv@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье исследованы вопросы, освещающие нормативно-правовые аспекты проведения внутреннего метрологического надзора при внутреннем аудите предприятий радиоэлектронной промышленности. Рассматриваются основные задачи, решаемые при внутреннем метрологическом надзоре на предприятии. Представлены направления деятельности метрологов предприятия при осуществлении метрологического надзора в рамках проведения внутреннего аудита.

**Annotation.** This article discusses the issues that highlight the legal aspects of internal metrological supervision in the course of enterprises of the radio-electronic industry internal audit. The main tasks are considered to be solved during internal metrological supervision at the enterprise. Presented directions of activities of enterprises metrologists in carrying out metrological supervision, which are included in internal audits.

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, внутренний аудит, метрологический надзор, электронная компонентная база.

**Keywords:** metrological assurance, internal audit, metrological supervision, electronic component base.



(слева направо) Есакова М. М., Тупицина А. В., Быканов В. В.

### Введение

Метрологическое обеспечение (далее – МО) на всех стадиях жизненного цикла разрабатываемых изделий электронной компонентной базы (далее – ЭКБ) представляет собой комплекс научно-технических и организационно-технических мероприятий, а также соответствующую деятельность предприятий и специалистов, направленную на обеспечение единства и точности измерений для достижения параметров функционирования ЭКБ, заданных в техническом задании (далее – ТЗ). В настоящее время МО рассматривается в теоретическом и прикладном плане раздельно.

Под МО в теоретическом плане понимают:

- теорию и методы измерений, контроля, обеспечения точности и единства измерений;
- организационно-технические вопросы обеспечения единства измерений (далее – ОЕИ), включая нормативно-технические документы (государственные стандарты,

методические указания, технические требования и условия), регламентирующие порядок и правила выполнения работ.

Решение вышеперечисленных научно-технических и организационно-технических мероприятий возложено на Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, определённое уполномоченным Федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере технического регулирования, стандартизации и ОЕИ, Росстандарт РФ и государственные научно-исследовательские институты, как ФГУП «ВНИИФТРИ», ФГУП «ВНИИОФИ», ФГБУ «ВНИИМС», ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России. Следует отметить, что сегодня нормативно-правовая база ОЕИ не в полной мере отвечает современным требованиям инновационной цифровизации по причине недостаточного оперативного добавления новой разработанной документации и проведения актуализации стандартов в области ОЕИ, введённых более двадцати лет назад.

В прикладном плане МО включает в себя:

- надзор за применением законодательно установленной системы единиц физических величин, обеспечение единства и точности измерений путём передачи размеров единиц физических величин от государственных эталонов к рабочим эталонам и от рабочих эталонов к рабочим средствам измерений (далее – СИ);
- разработку и надзор за функционированием государственных и ведомственных поверочных схем;
- исследование параметров и характеристик ЭКБ для определения требований к объёму, качеству и номенклатуре измерений и контроля;



– выбор СИ утверждённого типа. В случае отсутствия наличия необходимых СИ задаются требования для создания новых типов;

- поверку применяемых СИ;
- анализ технологических процессов с точки зрения определения номенклатуры и последовательности измерительно-контрольных операций, установления метрологических характеристик соответствующих СИ;
- обеспечение производства СИ утверждённого типа, своевременное обновление парка СИ на предприятии;
- совершенствование методик измерений (испытаний) параметров ЭКБ в процессе разработки;
- проведение метрологической экспертизы (далее – МЭ) технической (конструкторской и технологической) документации разрабатываемых ЭКБ;
- надзор за состоянием СИ на предприятии.

#### Основная часть

Из анализа вышеприведённых задач МО следует, что в процессе внутреннего аудита системы менеджмента качества (далее – СМК) на предприятии целесообразно проводить внутренний метрологический надзор (далее – ВМН), который решает большинство задач МО в практическом плане. Это подтверждается требованиями руководящих нормативно-правовых актов (далее – НПА) [2, 3].

В государственной системе ОЕИ разработан ГОСТ, содержащий рекомендации по метрологии

наличия несоответствий, выявленных во время надзорных действий.

ВМН может быть введён внесением соответствующего пункта в Положение о метрологической службе предприятия либо административным решением (приказом) руководителя предприятия с указанием сферы распространения лиц, ответственных за осуществление ВМН, их прав и обязанностей. Лица, ответственные за осуществление метрологического надзора, административным решением руководителя могут получать полномочия «инспектора по ОЕИ на предприятии».

Периодичность осуществления ВМН должна обеспечить его систематический характер с целью принятия своевременных мер по обнаружению, предотвращению и устранению нарушений.

Предполагаемая система проведения ВМН рассмотрена в следующем порядке, приведённом на рис. 1.

Объектами ВМН на основании данных НПА являются:

- состояние и применение СИ, эталонов, стандартных образцов, технических средств с измерительными функциями, испытательного и контрольного оборудования, средств допускового контроля;
- состояние и применение методик (методов) измерений при разработке и производстве ЭКБ;
- соблюдение метрологических правил и норм, установленных нормативными документами;

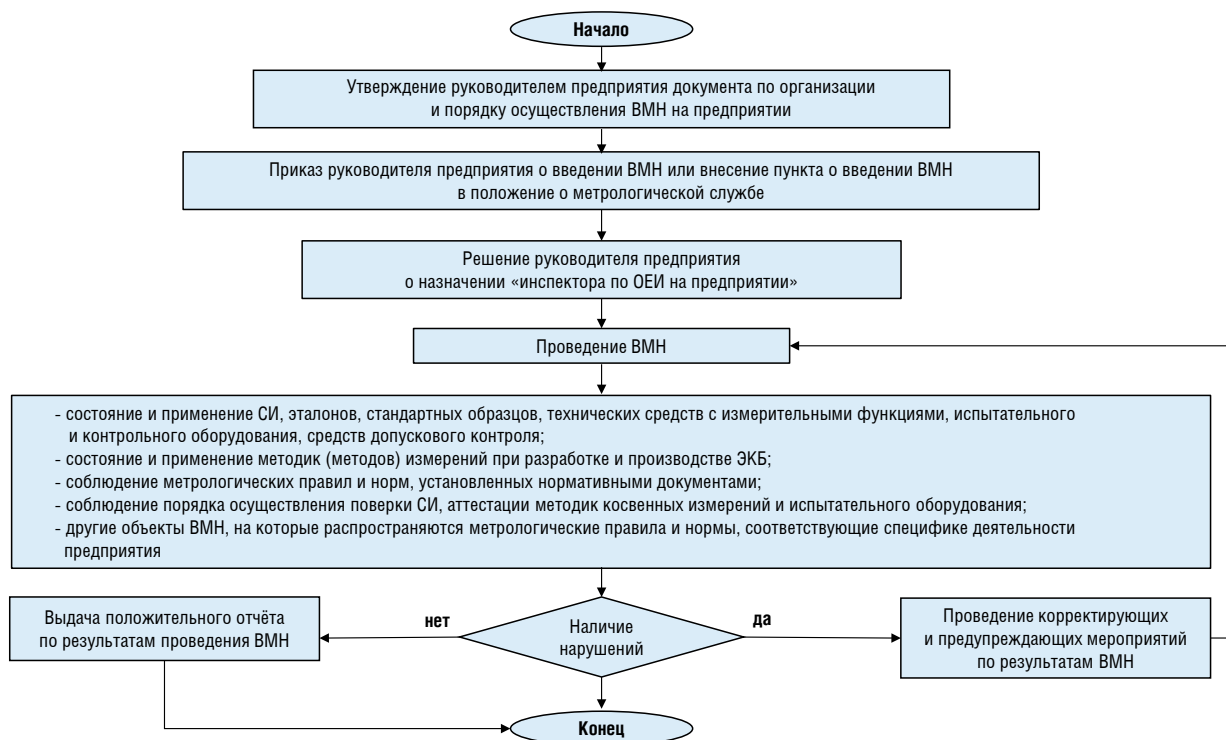


Рис. 1. Предполагаемая система проведения ВМН

[4] и регламентирующий ВМН, осуществляемый метрологической службой предприятия [5]. ВМН в данных НПА определён, как контрольная деятельность метрологической службы предприятия, заключающаяся в систематической проверке соблюдения метрологических требований. Требования проведения ВМН распространяются как в сферах, так и вне сфер государственного регулирования для предотвращения нарушений, принятия мер по их устранению в случае

– соблюдение порядка осуществления поверки СИ, аттестации методик косвенных измерений и испытательного оборудования;

– другие объекты ВМН, на которые распространяются метрологические правила и нормы, соответствующие специфике деятельности предприятия.

Среди объектов ВМН особое внимание следует уделять анализу состояния, разработки и применения методик косвенных измерений параметров ЭКБ, заданных в ТЗ.

В сфере государственного регулирования ОЕИ измерения должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений, за исключением методик (методов) измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений. Данному вопросу достаточно много внимания было уделено в работе [6]. Тем не менее, в настоящей статье акцентируем требования Росстандарта РФ.

Все методики косвенных измерений, независимо от их присутствия в стандартах, должны быть аттестованы в соответствии с руководящими НПА и иметь документы, подтверждающие проведение их аттестации. Сведения об аттестованных методиках (методах) измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ). Номер регистрации в ФИФ должен быть указан на титульном листе методики косвенных измерений. Отсутствие информации в ФИФ об аттестованной методике (методе) косвенных измерений, а также отсутствие информации в ГОСТ о регистрации в ФИФ применяемой методики косвенных измерений означают нарушение метрологических правил и норм. Соответственно, данная методика (метод) измерений не может быть использована для выполнения измерений в сфере государственного регулирования [7].

Следует отметить, что аттестация методик (методов) косвенных измерений проводится аккредитованными компетентными юридическими лицами в соответствии с национальным законодательством в области ОЕИ. Результаты аттестации должны быть изложены в заключении. При положительных результатах работ по аттестации методики заявителю выдаётся свидетельство об аттестации методики измерений. Применение аттестованных методик (методов) косвенных измерений допускается только после проведения их МЭ, осуществляемой аккредитованными юридическими лицами в соответствии с порядком, установленным национальным законодательством.

Особое внимание при ВМН методик косвенных измерений необходимо уделять оцениванию неопределённости измерений, т. е. должны быть определены модель измерения (составление уравнения измерений), оценивание входных, выходных величин и их неопределённости, составление бюджета неопределённости, представление результата измерений.

При ВМН методик (методов) измерений «инспектор по ОЕИ на предприятии» должен проверить:

- наличие перечня всех методик измерений, применяемых предприятием при реализации своей деятельности, с выделением методик измерений, применяемых в сфере государственного регулирования;
- наличие документов, регламентирующих методики (методы) измерений, со свидетельствами об аттестации;
- наличие информации о передаче сведений об аттестованных методиках (методах) измерений в ФИФ;
- соответствие применяемых СИ и других технических средств, условий измерений, порядка подготовки и проведения измерений, обработки и оформления результатов измерений указанным требованиям в документе, регламентирующем методику (метод) измерений;
- соблюдение требований к процедуре контроля показателей точности по выбранной методике (методу) измерений;

– соответствие квалификации специалистов, проводящих измерения, требованиям, установленным в документе на методику измерений;

– соблюдение требований по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности, регламентируемых методикой (методом) измерений.

Лица, получающие административным решением руководства предприятия полномочия «инспектора по ОЕИ на предприятии», должны:

- иметь высшее или среднее специальное образование;
- иметь стаж работы в области метрологии не менее трёх лет;
- знать нормативные правовые и организационно-методические документы, регламентирующие деятельность в области ОЕИ;
- знать основы контролируемого производства, роль и значение объектов ВМН при его осуществлении;
- пройти специальную подготовку по специализации «метрологический надзор»;
- быть аттестованными комиссией с участием главного метролога и представителей служб предприятия, применяющих объекты ВМН, в порядке, установленном на предприятии, на выполнение полномочий «инспектора по ОЕИ на предприятии»;
- иметь должностную инструкцию, в которой указаны функции по осуществлению ВМН на предприятии.

На предприятии должен быть разработан стандарт, регламентирующий организацию и порядок осуществления ВМН, который должен быть согласован с руководителями всех служб предприятия, применяющих объекты ВМН, и утверждён руководителем предприятия. Общие требования к содержанию документа, регламентирующего организацию и порядок осуществления ВМН на предприятии, изложены в [5].

#### **Заключение**

Рассмотренные подходы к организации осуществления ВМН при проведении внутреннего аудита предприятия являются важнейшими функциями метрологической службы и позволяют осуществить 100 % охват МО изделия ЭКБ на всех этапах жизненного цикла, что обеспечит гарантию качества выпускаемой продукции.

#### **Литература**

1. ГОСТ ИСО Р 9001–2015 Система менеджмента качества. Требования.
2. ГОСТ 0015–002–2020 СРПП. СМК. Требования.
3. ГОСТ Р 884–2015 ГСИ. Метрологический надзор, осуществляемый метрологическими службами юридических лиц. Основные положения.
4. Быканов В. В., Есакова М. М., Назаркина А. В. Основные метрологические проблемы разработки ЭКБ и РЭА. Пути их решения. // «Радиоэлектронная отрасль. Проблемы и их решения», 2021. – № 2. – с. 13–17.
5. Р 50.2.095–2015 ГСИ. Метрологический надзор, осуществляемый метрологическими службами юридических лиц. Основные положения.
6. Быканов В. В., Булгаков О. Ю., Назаркина А. В., Есакова М. М. Обязательная метрологическая экспертиза технической документации как решение вопроса обеспечения качества разрабатываемых ЭКБ и РЭА. // «Вестник метролога», 2020. – № 2. – УДК 006.91. – с. 11–15.
7. ГОСТ Р 8. 563–2009 ГСИ. Методики (методы) измерений.

**ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ БОЛЬШОЙ ЁМКОСТИ**  
**PROBLEMS OF MEASURING ELECTRICAL PARAMETERS OF HIGH-CAPACITY CERAMIC CAPACITORS****Фатюшкин С. А.**, технический директор АО «АКНИИПО»; +7 (916) 182–49–26, fatus@akniipo.ru**Fatyushkin S. A.**, Technical Director of JSC «AKNIIPPO»; +7 (916) 182–49–26, fatus@akniipo.ru

**Аннотация.** Проведён анализ проблем при испытаниях керамических конденсаторов большой ёмкости (с диэлектриком класса 2). Описаны основные причины, занижающие ёмкость как при испытаниях, так и при работе в приборах. Приведён перечень мер, необходимых для правильного измерения параметров в испытательных лабораториях и рекомендации для разработчиков.

**Abstract.** An analysis of the problems in testing high-capacity ceramic capacitors (with a class 2 dielectric) is carried out. The main reasons of the capacitance reducing, both during tests and when working in devices, are described. A list of measures necessary for the correct measurement of parameters in testing laboratories and recommendations for developers are given.

**Ключевые слова:** керамические конденсаторы, диэлектрик класса 2, старение конденсаторов, отжиг, неоригинальные (контрафактные) компоненты, автоматическое тестовое оборудование, средства измерения, испытания.

**Keywords:** ceramic capacitors, class 2 dielectric, capacitor aging, annealing, non-original (counterfeit) components, automatic test equipment, measuring instruments, tests.

**Введение**

Целью данной статьи является акцентирование внимания испытательных лабораторий и разработчиков на проблемы, связанные с измерением электрических параметров при испытаниях и с особенностями применения в радиоэлектронной аппаратуре (далее – РЭА) керамических конденсаторов большой ёмкости.



Фатюшкин С. А.

Статья основана на опыте компании АО «АКНИИПО» при проведении измерений электрических параметров конденсаторов при различных видах испытаний. По опыту компании, для правильного измерения параметров конденсаторов большой ёмкости, с ними необходимо производить подготовительные мероприятия, о чём будет рассказано ниже, и необходимо иметь специальное оборудование. Следует заметить, что компании АО «АКНИИПО» достаточно часто приходилось встречаться с такими конденсаторами, которые не соответствовали заявленным в документации параметрам, что говорит о необходимости проведения испытаний с контролем электрических параметров. Основные причины таких несоответствий следующие:

– на испытания поступила оригинальная электронная компонентная база (далее – ЭКБ), но в документации производителей содержатся ошибки или неточности (и которые производитель по каким-либо причинам не исправляет) или технология производства не обеспечивает выполнения заявленных в документации параметров;

– неоригинальные (контрафактные) компоненты, не соответствующие документации производителя. Поскольку очень много производителей ЭКБ имеют производства в странах Юго-Восточной Азии (далее – ЮВА), такие компоненты могут иметь разное происхождение.

Кроме этого, следует отметить, что поскольку уровень производства в странах ЮВА достаточно высок, могут быть неоригинальные (контрафактные) компоненты, соответствующие документации на оригинальные. Отличить такие от оригинальных по внешнему виду и электрическим параметрам невозможно. Чтобы избежать таких ситуаций, остаётся надеяться на прослеживаемость документации от производителей, честность дистрибьютеров и сертифицированных поставщиков.

Вообще, среди всех конденсаторов наиболее часто встречаются несоответствия у многослойных керамических конденсаторов большой ёмкости и танталовых конденсаторов. В статье обсуждать не будем, но упомянем, что для танталовых конденсаторов несоответствующим заявленным параметрам, как правило, является ток утечки, причём это касается как отечественных, так импортных изделий. Для керамических конденсаторов большой ёмкости (10 мкФ и более) импортного производства характерно несоответствие в виде недостаточной ёмкости или повышенного тангенса угла потерь. Тем не менее, возможны ситуации, которые нужно избегать, когда при измерениях параметров конденсаторов значение ёмкости ошибочно получается ниже допустимого. К этому

могут приводить две основные ошибки: неделанные подготовительные мероприятия и пониженное тестовое напряжение, на котором проводится измерение ёмкости.

#### Основная часть

##### Необходимые подготовительные мероприятия

Сначала рассмотрим какие диэлектрики применяются в конденсаторах. В зарубежной системе классификации используется деление керамических конденсаторов на три класса:

- класс 1 – точные термостабильные конденсаторы с практически линейной зависимостью температурного коэффициента ёмкости (далее – ТКЕ) от температуры;

- класс 2 – конденсаторы с меньшей температурной стабильностью, но, в основном, с большей объёмной ёмкостью;

- класс 3 – т. н. барьерные керамические конденсаторы имеют очень высокую диэлектрическую проницаемость и поэтому более высокую объёмную ёмкость, чем конденсаторы класса 2. Тем не менее, конденсаторы класса 3 считаются устаревшими, т. к. современная многослойная керамика класса 2 может обеспечить более высокую ёмкость и лучшие параметры в более компактном корпусе.

Для обозначения диэлектриков керамических конденсаторов за рубежом используются два стандарта: EIA RS-198 и IEC/EN 60384-8/21. Согласно этой системе, к первому классу принадлежат следующие диэлектрики (табл. 1 а, б).

По стандарту EIA RS-198 керамические конденсаторы класса 2 различаются по допустимому изменению ёмкости и рабочему диапазону температур.

Примеры обозначения одних из самых распространённых типов диэлектриков:

X7R – ёмкость изменяется на  $\pm 15\%$  в диапазоне от  $-55\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+125\text{ }^\circ\text{C}$ ;

X5R – ёмкость изменяется на  $\pm 15\%$  в диапазоне от  $-55\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+85\text{ }^\circ\text{C}$ ;

Y5V – ёмкость может измениться на  $+22\%$  или  $-82\%$  в диапазоне от  $-30\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+85\text{ }^\circ\text{C}$ .

Далее мы будем говорить только о конденсаторах класса 2.

Какие предварительные мероприятия при испытаниях следует проводить, разъясняется в ГОСТ IEC 60384-14-2015, приложение G [1].

Большинство керамических диэлектриков класса 2, используемых в керамических конденсаторах, демонстрируют наличие температуры Кюри (точка фазового перехода), ей соответствует температура порядка  $140\text{--}150\text{ }^\circ\text{C}$ .

Выше этой температуры такой диэлектрик приобретает высоко симметричную кристаллическую структуру, тогда как ниже температуры Кюри кристаллическая структура менее симметрична. Хотя в одиночных кристаллах этот фазовый переход резко выражен, в промышленной керамике он часто бывает размыт по конечному диапазону температур; тем не менее во всех случаях этот переход связывается с пиком кривой, отражающей зависимость ёмкости от температуры.

Под влиянием температурных колебаний ионы в кристаллической решетке перемещаются в позиции с низкой потенциальной энергией в течение длительного периода времени после прохождения диэлектриком температуры Кюри при охлаждении. Это порождает явление старения конденсатора, с развитием которого его ёмкость непрерывно уменьшается.

Однако при нагреве конденсатора выше температуры Кюри имеет место процесс, обратный старению, при котором потерянная в результате старения ёмкость восстанавливается, и с момента повторного охлаждения конденсатора процесс его старения возобновляется.

Таблица 1(а)

Диэлектрики класса 1

| Тип диэлектрика (согласно IES/EN 60384-8/21) | Тип диэлектрика (согласно EIA-RS-198) | Тип диэлектрика (согласно ГОСТ по ЕКЕ) | Температурный коэффициент ёмкости ( $10^{-6}/\text{K}$ ) | Допустимое отклонение ТКЕ на градус ( $10^{-6}/\text{K}$ ) |
|--|---------------------------------------|--|--|--|
| NP0  | C0G                                   | МП0                                    | 0  | $\pm 30$   |
| P100   | M7G                                   | П100                                   | 100  | $\pm 30$   |
| N33  | H2G                                   | M33                                    | -33  | $\pm 30$   |
| N75  | L2G                                   | M75                                    | -75  | $\pm 30$   |
| N150   | P2H                                   | M150                                   | -150   | $\pm 60$   |
| N220   | R2H                                   | M220                                   | -220   | $\pm 60$   |
| N330   | S2H                                   | M330                                   | -330   | $\pm 60$   |
| N470   | T2H                                   | M470                                   | -470   | $\pm 60$   |
| N750   | U2J                                   | M750                                   | -750   | $\pm 120$  |
| N1000  | Q3K                                   | M1000                                  | -1000  | $\pm 250$  |
| N1500  | P3K                                   | M1500                                  | -1500  | $\pm 250$  |

Таблица 1(б)

Диэлектрики класса 2

| Нижняя рабочая температура<br>(первый индекс) | Верхняя рабочая температура<br>(цифровой индекс)                                     | Допустимое изменение ёмкости<br>в температурном диапазоне (третий индекс)   |
|---|--|---|
| X = -55°<br>Y = -30°<br>Z = +10°              | 2 = +45°<br>4 = +65°<br>5 = +85°<br>6 = +105°<br>7 = +125°<br>8 = +150°<br>9 = +200° | A = ±1,0 %<br>B = ±1,5 %<br>C = ±2,2 %<br>D = ±3,3 %<br>E = ±4,7 %<br>F = ±7,5 %<br>P = ±10 %<br>R = ±15 %<br>S = ±22 %<br>T = +22 %; -33 %<br>U = +22 %; -56 %<br>V = +22 %; -82 % |

Известно, что после нагрева до точки Кюри, в течение первых четырёх часов охлаждения потеря ёмкости определяется нечётко, но затем начинает действовать логарифмическая зависимость, которая может быть выражена константой старения. Эта константа  $k$  зависит от материала диэлектрика и определяется как относительная потеря ёмкости по причине процесса старения диэлектрика за «декаду», т. е. за время, в течение которого «возраст» конденсатора увеличивается в 10 раз: например, с 1 до 10 часов.

Этот закон выражается математически следующим уравнением:

$$C_t = C_1 \left( 1 - \frac{k}{100} \lg t \right),$$

где:  $C_t$  – ёмкость по истечении  $t$  часов с момента начала процесса старения;

$C_1$  – ёмкость через 1 час после начала процесса старения;

$k$  – константа старения, выраженная в процентах за декаду (как было определено выше);

$t$  – время в часах, прошедшее с момента начала процесса старения.

Опытным путём установлено, что через время порядка 1000 часов дальнейшей потери ёмкости практически не происходит, а для большинства конденсаторов снижение ёмкости за это время составляет от 5 до 15 %.

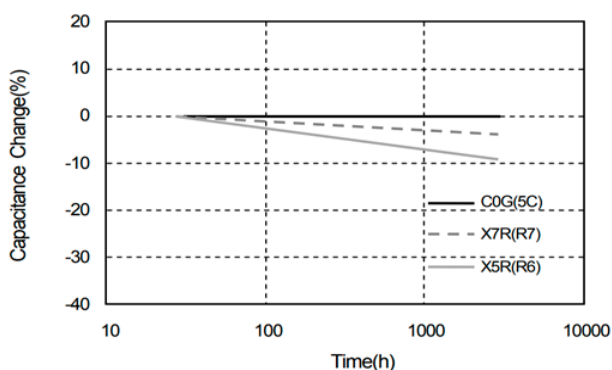


Рис. 1. Типовые характеристики снижения ёмкости из-за «старения» конденсаторов (из документации на конденсаторы Murata)

Для нейтрализации эффекта старения при проведении испытаний стандартами и производителями указывается необходимость проведения предварительной подготовки – отжига (annealing), но следует отметить, что производители иногда забывают при измерении некоторых параметров конденсаторов указывать на его необходимость.

Отжиг состоит в выдержке испытываемых конденсаторов в течение одного часа при повышенной температуре с последующей 24-часовой выдержкой при нормальных климатических условиях.

По ГОСТ IEC 60384-14 для конденсаторов с точкой Кюри диэлектрика выше верхней климатической категории температур (конденсаторы с допустимым диапазоном рабочих температур ниже 150 °С) рекомендуется проводить отжиг на ней из опасений того, что температура Кюри способна губительно влиять на герметизацию конденсатора. Такой нагрев не полностью нейтрализует эффект старения конденсатора, но всё же приводит его к состоянию, в котором его ёмкость не так жестко зависит от предыстории.

Однако производители (Yageo, Murata) этого не боятся, и для конденсаторов с рабочей температурой 85 °С (например, семейств GRM или CC06003) указывают в документации проводить отжиг на 150 °С. Отжиг должен проводиться перед измерениями ёмкости и тангенса угла потерь (D), перед испытаниями на воздействие нагрева при пайке и перед термоциклированием.

**Напряжение, на котором производится измерение**

Как следует из табл. 2, классифицироваться как, например, «X7R» могут совершенно разные диэлектрики, а значение погрешности в процентах обозначает лишь допустимое изменение ёмкости в диапазоне допустимых температур, но не от других воздействий. В документации компании Murata приведён график типовой зависимости ёмкости конденсатора от приложенного напряжения. Даже по нему видно, что в диапазоне рабочих напряжений ёмкость снижается на 50 %.

Sample: X7R(R7) Characteristics 0.1µF, Rated Voltage 50VDC

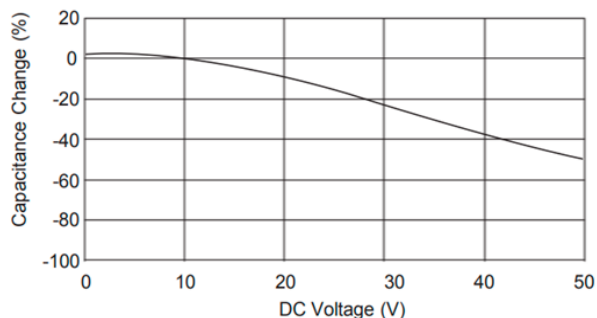


Рис. 2. Типовая характеристика снижения ёмкости конденсаторов при подаче напряжения (из документации на конденсаторы Murata)

Но это ещё очень хороший пример! Как указано в материале [2], «один из западных инженеров (Марк Фортунато) изучил документацию нескольких известных производителей (Murata, TDK) на предмет зависимости ёмкости от приложенного напряжения и типоразмера элемента и получил интересные зависимости».

Видно, что керамические конденсаторы меньшего типоразмера и с диэлектриком X5R больше подвержены снижению ёмкости при повышении приложенного напряжения – до 80 %, но даже самый «лучший» большой конденсатор при прикладывании напряжения значительно снижает свою ёмкость, далеко выходя за «температурные» границы допуска в 15 %. Хотя на графике (рис. 3) приведены зависимости ёмкости от постоянных напряжений, уже из них можно предположить, что зависимость параметров конденсаторов от напряжения будет и при воздействии переменным напряжением, на котором проводятся измерения параметров.

В методиках проверки конденсаторов, предлагаемых производителями, обычно указывается напряжение и частота, на которой надо проводить измерения параметров. Для большинства конденсаторов номинальной ёмкости до 10 мкФ включительно измерения следует проводить при частоте 1 кГц, а для ёмкостей больше 10 мкФ – на частоте 120 Гц

при тестовом напряжении 0,5 или 1 В. В методиках проверки на некоторые серии конденсаторов особо обращено внимание, что проверять ёмкость и тангенс угла потерь надо указанным переменным напряжением, приложенным к самому конденсатору. Большое количество приборов, измеряющих ёмкость, например, E7-20, Wayne Kerr 6500P, Wayne Kerr 6440B, позволяют задавать тестовое напряжение, которое является напряжением холостого хода. Под нагрузкой, которой является конденсатор, это напряжение снижается. Для конденсаторов малой ёмкости (меньше 1 мкФ) эта проблема не является существенной, т. к. реактивное сопротивление  $Z = 1/2\pi fC$  достаточно большое. А вот под нагрузкой, которой является конденсатор большой ёмкости, это напряжение значительно снижается для всех приборов. Чтобы обеспечить требуемое документацией тестовое напряжение на конденсаторе, нужно повышать задаваемое на приборе напряжение (напряжение холостого хода), контролируя внешним вольтметром фактическое напряжение на конденсаторе. Примеры для напряжений, которые необходимо задавать на Wayne Kerr 6440B, представлены в табл. 2 (на других приборах величины напряжений будут другие!).

Наш опыт показывает, что задание требуемого тестового напряжения на конденсаторе по сравнению с задаваемым напряжением холостого хода, при измерении ёмкости может увеличить измеряемое значение примерно на 10 % и значительно повлиять на измеряемое значение величины тангенса угла потерь (D).

Для разработчиков РЭА вышеизложенная информация означает, что номинальные ёмкости конденсаторов с диэлектриками класса 2 являются, скорее всего, маркетинговым ходом производителей. При применении в РЭА такие конденсаторы будут иметь ёмкости как минимум на 20 % ниже номинальной, а при применении в цепях постоянного тока – до 80 % ниже номинальной. (Обычно такие конденсаторы применяются как раз в таких цепях как фильтры по питанию, где нет необходимости точно выдерживать номинальное значение ёмкости, и это облегчает их применение).

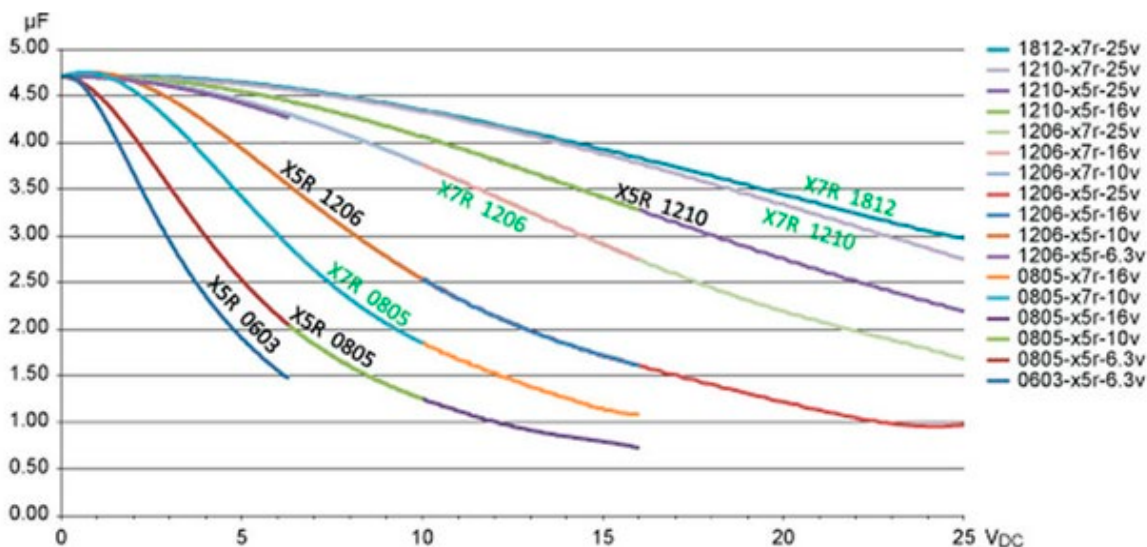


Рис. 3. Типовые зависимости снижения ёмкости конденсаторов в зависимости от диэлектрика и размера корпуса при подаче напряжения

Таблица 2

| Конденсатор       | Ёмкость, мкф | Тестовое напряжение, В | Тестовая частота, Гц | Задаваемое напряжение на WK 6440В, В |
|-------------------|--------------|------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| GRM188R60J476ME15 | 47           | 0,5                    | 120                  | 0,93                                 |
| GRM31CR61E226KE15 | 22           | 0,5                    | 120                  | 0,66                                 |
| CC0603KRX5R5BB106 | 10           | 0,5                    | 1000                 | 1,5                                  |

### Заключение

1. Разработчикам следует учитывать, что при работе в составе РЭА реальная ёмкость керамических конденсаторов с диэлектриком класса 2 будет существенно меньше номинальной по документации. Это вызвано как «старением», так и снижением ёмкости конденсатора при подаче на него постоянного напряжения.

2. Испытательным лабораториям при проведении измерений параметров во время испытаний (входного контроля, сертификационных испытаний) необходимо:

- учитывать снижение ёмкости из-за «старения» и принимать решение о проведении предварительной подготовки («отжига»), даже если она не указана в документации;

– использовать средства измерения, обеспечивающие на конденсаторах во время контроля параметров указанное в документации тестовое напряжение.

### Литература

- ГОСТ IEC 60384–14–2015 Межгосударственный стандарт. Конденсаторы постоянной ёмкости для электронной аппаратуры. Часть 14. Групповые технические условия: Конденсаторы постоянной ёмкости для подавления радиопомех и подключения к питающей магистрали.
- [https://chipinfo.pro/elements/capacitor/changing\\_ceramic\\_capacitors\\_capacitance.shtml](https://chipinfo.pro/elements/capacitor/changing_ceramic_capacitors_capacitance.shtml)

УДК 006.06

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВНЕДРЕНИЮ ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 И ЭС РД 005–2020 В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ (ЦЕНТРОВ) ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЭКБ НА СПЕЦИАЛЬНУЮ СТОЙКОСТЬ

## PRACTICAL APPROACHES FOR THE IMPLEMENTATION OF GOST ISO / IEC 17025–2019 AND RD 005–2020 IN ELECTRONIC DEVICES RADIATION TEST LABORATORIES (CENTERS)

**Ожегин Ю. А.**, к. т. н., **Фарафонов О. А.**, к. т. н., НИЯУ МИФИ; yaozh@spels.ru, oafar@spels.ru  
**Ozhegin Yu. A.**, PhD of Engineering Sciences, **Farafonov O. A.**, PhD of Engineering Sciences, NRNU MEPhI;  
yaozh@spels.ru, oafar@spels.ru

**Аннотация.** В 2019–2020 годах утверждён ряд нормативных документов в области аккредитации испытательных лабораторий (центров), что потребовало переработки руководящих документов системы менеджмента качества (СМК) предприятий и организаций, осуществляющих работы по испытаниям электронной компонентной базы (ЭКБ), в т. ч. на специальную стойкость. В статье приведён анализ сделанных изменений в руководящих документах в части СМК на примере испытательной лаборатории Центра экстремальной прикладной электроники (ЦЭПЭ) НИЯУ МИФИ и предложены меры по совершенствованию руководящих документов СДС «Электронсерт» с целью учёта особенностей аккредитации испытательных лабораторий (центров), работающих в области радиационной стойкости ЭКБ.

**Annotation.** In 2019–2020, a number of regulatory documents were approved in the field of test laboratories (centers) accreditation, which required the revising of quality management system (QMS) guidance documents of enterprises and organizations which carry out electronic devices testing including radiation testing. The article provides an analysis of the changes made in the guidance documents regarding the QMS on the example of the test laboratory of Center of Extreme Applied Electronics of the NRNU MEPhI. Improvements of the guidance documents of the «Electronsert» voluntary certification system were proposed in order to take into account the peculiarities of electronic components radiation test laboratories (centers) accreditation.

**Ключевые слова:** радиационная стойкость, испытательный центр, электронная компонентная база, система менеджмента качества.

**Keywords:** radiation resistance, test centre, electronics, quality management system.



Ожегин Ю. А.



Фарафонов О. А.

### Введение

Испытательная лаборатория (ИЛ), занимающаяся испытаниями радиационной стойкости ЭКБ, должна обеспечивать выполнение требований ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 [1] и ЭС РД 005–2020 [2], предъявляемых к испытательным лабораториям (центрам), и являться независимой, беспристрастной и компетентной в области аккредитации. Основной особенностью указанных документов, существенно отличающихся от предыдущих редакций, является концепция риск-ориентированного подхода.

Руководство ИЛ должно принять на себя обязательства и ответственность в обеспечении независимости и беспристрастности ИЛ при проведении испытаний и рассматривать риски, которые потенциально могут оказывать влияние на независимость и беспристрастность. Оценка рисков является новым требованием к деятельности руководства ИЛ, введённым вышеуказанными документами, и требует специального рассмотрения.

### Основная часть

В качестве рисков в деятельности ИЛ могут рассматриваться:

- зависимость от заинтересованных в результатах испытаний ЭКБ организаций и частных лиц;
- заинтересованность сотрудников в результатах испытаний и отсутствие объективности при их проведении.

С целью устранения и минимизации (снижения степени) указанных рисков необходимо осуществлять постоянную оценку рисков и гарантировать независимость и беспристрастность ИЛ при проведении испытаний на основе закрепления соответствующих положений и запретов в уставе организации (предприятия), положении об ИЛ, договорах с заказчиками, должностных инструкциях, приказах и распоряжениях по организации (предприятию) и в руководящих и нормативных документах. В качестве основных направлений минимизации рисков следует рассматривать в т. ч.:

- отсутствие административной, финансовой и юридической зависимости от заинтересованных в результатах испытаний ЭКБ организаций и частных лиц, что позволяет исключить возможность неподобающего давления и влияния на руководство ИЛ;
- исключение возможности оказания давления на персонал, осуществляющий работы по испытаниям ЭКБ, которое могло бы повлиять на выводы или результаты работы, в т. ч. со стороны руководства ИЛ;
- запрет сотрудникам ИЛ на работы по совместительству, трудовым соглашениям и договорам-подрядам

в организациях и на предприятиях, заинтересованных в результатах испытаний ЭКБ;

– привлечение к испытаниям ЭКБ только таких штатных и внештатных сотрудников, которые не заинтересованы в результатах этих испытаний;

– отсутствие деятельности по разработке и серийному производству ЭКБ, технологического оборудования и технологических процессов, выпускаемых или используемых на производстве, которые попадают под область аккредитации;

– проведение испытаний ЭКБ преимущественно при условии предварительной оплаты, которая не зависит от результатов испытаний.

Внедрение ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 [1] и ЭС РД 005–2020 [2] потребовало существенной переработки комплекта документов верхнего уровня, определяющих СМК организации, в первую очередь «Руководства по качеству испытательной лаборатории» (далее – РК). По существу, РК было написано заново, т. к. изменения затронули не только фактическое наполнение, но и структуру документа.

В меньшей степени изменения коснулись «Положения об испытательной лаборатории» ЦЭПЭ НИЯУ МИФИ. Из существенных изменений следует отметить увеличение обязанностей ИЛ. К новым обязанностям относятся:

– обеспечение ознакомления и соблюдения персоналом требований документации по охране труда и правил техники безопасности;

– уведомление Центрального органа СДС «Электронсерт» о любых изменениях в структуре и организации деятельности ИЛ, способных оказать влияние на уровень или область компетентности ИЛ;

– предоставление услуг по испытаниям образцов ЭКБ любому заказчику в пределах области компетентности (аккредитации) ИЛ, выполнение в полном объёме взятых на себя договорных обязательств, обеспечение достоверности и объективности их результатов, ведение учёта всех предъявляемых претензий (несоответствий) по результатам проводимых работ и инспекционного контроля;

– предоставление по запросу заказчика возможности ознакомления с ходом работ и испытаний, проводимых по договорам с ним;

– обеспечение учёта и хранения документов по испытаниям в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ ISO/IEC 17025 [1] и руководящими документами СДС «Электронсерт»;

– обеспечение финансовых расходов, связанных с осуществлением процедуры оценки компетентности, инспекционного контроля, участием в работе СДС «Электронсерт» и другой деятельностью, определённой порядком и правилами её функционирования.

Документы более низких уровней существенных изменений не претерпели, за исключением приведения в соответствие терминологии, использовавшейся в документах СМК организации, с терминологией, установленной внедрёнными стандартами и руководящими документами. Наиболее существенным изменением в терминологии является разграничение испытательных и измерительных оснасток и, как следствие – упрощение требований к измерительным оснасткам, используемым при проведении испытаний на радиационную стойкость.



По опыту внедрения стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 [1] и ЭС РД 005–2020 [2] можно выделить несколько направлений совершенствования документов, устанавливающих требования к СМК ИЛ.

Основным документом, устанавливающим требования к СМК организаций, является ГОСТ ИСО 9001. Этот стандарт применяется совместно с ГОСТ РВ 0015–002 [3], в котором содержится значительный объем дополнительных требований, применяемых к организациям и предприятиям, выполняющим работы в интересах обороны и безопасности государства.

В то же время требования к системе менеджмента ИЛ основываются только на требованиях международного стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025 [1], который не учитывает особенности национального законодательства при выполнении работ как в интересах обеспечения обороны и безопасности, так и в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Но руководящий документ СДС «Электронсерт» ЭС РД 005–2020 [2], содержащий требования к ИЛ, основан именно на ГОСТ ISO/IEC 17025 [1], что, по нашему мнению, порождает некоторые противоречия в применении и реализации требований указанных стандартов в деятельности ИЛ, выполняющей работы по гособоронзаказу.

Возникают нюансы в терминах «калибровка» и «поверка» средств измерений (СИ). Под требованием калибровки по ГОСТ ISO/IEC 17025 [1] в реалиях деятельности ИЛ в сфере обеспечения единства измерений мы вынуждены понимать требование поверки СИ.

Ещё большую неясность вносит требование по оценке неопределённости измерений, о которой в Федеральном законе от 26.06.2008 № 02-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» вообще ничего не сказано, в отличие от точности измерений. То есть подходы к оценке прослеживаемости и точности измерений через погрешность измерений, принятые в отечественной метрологической практике, и к оценке неопределённости измерений, принятые в иностранных стандартах, расходятся. Поэтому у ИЛ отсутствует чёткое понимание того, как одновременно удовлетворить и требования ГОСТ РВ по методам испытаний, в которых не требуется оценка неопределённости измерений, и требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025 [1], содержащим такие требования.

Следующий вопрос, требующий внимания, касается обособленных подразделений (далее – ОП) ИЛ.

По существу, обособленные подразделения – это такие же подразделения ИЛ, что и те, что расположены не обособленно. Целесообразно было бы разграничить эти обособленные подразделения, поскольку все они могут достаточно сильно различаться между собой по объёму осуществляемых функций. Например, некоторые из ОП могут в полном объёме выполнять функции «метропольной» организации. Но в большинстве случаев в ОП нет условий для работы, например, со сведениями, составляющими государственную тайну.

Таким образом, ОП – в большей степени понятие из терминологии фискальных органов. То есть ОП для ИЛ – обычное рабочее место, как и на основной территории ИЛ. Проверять каждое ОП при инспекционном контроле нецелесообразно, в т. ч. и потому, что в современных условиях многие организации вводят практику

удалённого режима работы сотрудников, и тогда сомнительна необходимость в рассмотрении каждого из этих удалённых рабочих мест, как ОП.

В этой связи можно обратиться к лицензионным требованиям к организациям и предприятиям, когда лицензия распространяется лишь на те адреса, где осуществляется лицензируемая деятельность, а не на все территории и ОП. Целесообразно тот же подход применять и в отношении ИЛ. У ИЛ возможно наличие множества различных рабочих мест, находящихся вне основной территории организации. Но если эти рабочие места управляются в соответствии с правилами, установленными документами СМК и СМ ИЛ, аналогичными для рабочих мест на основной территории, то, по нашему мнению, и проверку их достаточно проводить выборочно, так же как это проводится для рабочих мест на основной территории ИЛ.

На практике во многих случаях нет необходимости ведения большого количества журналов, что требует привлечения дополнительных ресурсов (человеко-часов) и приводит к удорожанию испытаний. Оправданно ли это?

Примером может служить требование всеобщей паспортизации: рабочих мест, оснасток, оборудования, приборов, документации оборудования, лабораторных журналов и т. д. и т. п. Современные тенденции таковы, что все эти паспорта возможно вести в виде записей в базе данных, при этом достаточно большая часть этих записей может вестись в автоматическом режиме.

По соблюдению требований к температуре и давлению, как правило, сложностей не возникает. Но давно известно, что с началом отопительного сезона в помещениях влажность падает до 25–30 %. При искусственном повышении влажности даже до требуемых 45 % находиться в помещениях становится как минимум не комфортно.

В профессиональном сообществе отсутствуют достоверные данные о влиянии влажности воздуха на радиационную стойкость ЭКБ при испытаниях. Тогда зачём профильным ИЛ навязывать это требование? Оно избыточно. Понятно, что этого влияния быть не должно, поскольку радиационная стойкость определяется процессами, не зависящими от влажности воздуха.

По нашему мнению, требование соблюдения условий по влажности воздуха при проведении радиационных испытаний является избыточным. По крайней мере, диапазон допустимой влажности может быть расширен до интервала 10...90 % при заданной в условиях проведения испытаний температуре и обычных мерах защиты от статического электричества.

### Заключение

Система нормативной документации, регламентирующей деятельность ИЛ, будет и дальше развиваться, появятся новые требования, связанные, например, с цифровизацией деятельности организаций и предприятий.

В связи с этим авторы выражают надежду, что при разработке этой нормативной документации будет учитываться большой накопленный опыт деятельности профильных ИЛ (центров), в частности, осуществляющих радиационные испытания ЭКБ.

### Литература

1. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
2. СДС «Электронсерт». ЭС РД 005–2020. Требования к испытательным лабораториям (центрам).

3. ГОСТ РВ 0015–002–2012. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества. Общие требования.

УДК 654.091, 338.245

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### IMPROVEMENT OF THE LICENSING PROCEDURE FOR RADIO-ELECTRONIC INDUSTRY ENTERPRISES IN THE PERFORMANCE OF THEIR PRODUCTION ACTIVITIES

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

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы оценки соответствия лицензионным требованиям предприятий радиоэлектронной промышленности, выполняющих задания государственного оборонного заказа по созданию оборонной техники.

**Abstract.** This article discusses the issues of assessing compliance with the licensing requirements of enterprises of the radio–electronic industry, performing tasks of the state defense order to create defense equipment.

**Ключевые слова:** лицензирование, военная техника, государственный оборонный заказ, радиоэлектронная промышленность.

**Key words:** licensing, military equipment, state defense order, radio–electronic industry.



Фенюк Ю. М.



Чужова А. С.

### Введение

Для предприятий, участвующих (или планирующих принять участие) в выполнении государственного оборонного заказа (далее – ГОЗ), обязательным условием является лицензирование деятельности, связанной с разработкой, производством, ремонтом и утилизацией военной техники. Учитывая высокую ответственность и значимость данных работ, лицензирование является действенным инструментом, позволяющим государственному заказчику выявить из числа потенциальных исполнителей ГОЗ заведомо несоответствующие организации и компании, допустив к выполнению только те предприятия, которые смогут обеспечить высокое качество изготавливаемой оборонной продукции и услуг по обеспечению её эксплуатации.

Особенности лицензирования, в т. ч. в части, касающейся порядка принятия решения о предоставлении

лицензии, срока действия лицензии и порядка продления срока её действия, приостановления, возобновления и аннулирования действия лицензии, определяются действующим законодательством Российской Федерации.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 2386 «Положение о лицензировании разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта, утилизации и реализации вооружения и военной техники, разработки, производство, испытаний, хранения, реализации и утилизации боеприпасов» определены следующие лицензионные требования, предъявляемые предприятию-лицензиату [2]:

- наличие принадлежащих ему зданий, сооружений, помещений, технической документации, испытательного, технологического оборудования, средств программного обеспечения и средств измерений;
- наличие специалистов, имеющих профессиональное образование;
- наличие структурных подразделений, обеспечивающих контроль качества выполнения работ (услуг);
- наличие системы менеджмента качества (далее – СМК);
- наличие условий для хранения документации, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, изделий (образцов) вооружения и военной техники, драгоценных металлов;
- выполнение требований по защите сведений, составляющих государственную тайну, мероприятий

в области защиты государственной тайны и мероприятий по противодействию иностранным техническим разведкам;

- соблюдение требований федеральных законов в части иностранных инвестиций.

В процессе производственной деятельности, состояние технических и кадровых возможностей, необходимые предприятию, могут изменяться и отличаться от условий, которыми организация обладала на момент проведения оценки соответствия лицензионным требованиям. В связи с этим необходим регулярный и объективный мониторинг соблюдения предприятиями требований, необходимых для осуществления лицензируемой деятельности.

#### Основная часть

ФГБУ «ВНИИР» были проведены исследования по совершенствованию механизмов организационно-методического сопровождения деятельности предприятий радиоэлектронной промышленности (далее – РЭП) при выполнении ими заданий ГОЗ, в т. ч. в области мониторинга соответствия лицензионным требованиям предприятий, занятых выполнением заданий ГОЗ [3].

В результате исследований был определён новый подход к проведению оценки соответствия лицензионным требованиям предприятий РЭП, определены формы и периодичность представляемой отчётности, а также ответственные за выполнение анализа и представление информации.

Предложенный подход предполагает расчётную оценку параметров необходимых условий для осуществления лицензионной деятельности предприятиями РЭП [1].

По результатам данного анализа оценивается расчётная готовность предприятий к выполнению заданий ГОЗ, а именно общий уровень соответствия каждого проанализированного предприятия лицензионным требованиям, выявляются наиболее проблемные организации и выдаются соответствующие рекомендации.

Разработанная форма сбора информации, необходимая для проведения расчётной оценки, включает в себя следующие количественные параметры:

- стоимость выполненных заданий ГОЗ по НИОКР;
- стоимость выполненных заданий ГОЗ по серийным поставкам и работам в обеспечение эксплуатации (ремонт, сервисное обслуживание, авторский и технический надзор, пуско-наладочные работы, модернизация);
- количество собственного и арендованного оборудования;
- количество собственных и арендованных средств измерения;
- площади объектов недвижимости (собственных и арендованных);
- кадровый потенциал предприятия (отдельно количество разработчиков и рабочих);
- другие условия (наличие на предприятии СМК и соответствующих структурных подразделений и условий для хранения документации, материалов, изделий; выполнение требований по защите сведений, составляющих государственную тайну, мероприятий в области защиты государственной тайны и мероприятий по противодействию иностранным техническим разведкам; соблюдение требований федеральных законов в части иностранных инвестиций).

Первичная информация, требуемая для проведения оценки соответствия лицензионным требованиям, предоставляется предприятиями и должна соответствовать сведениям, содержащимся в паспортах предприятий [3].

Для проведения оценки определяется перечень предприятий-лицензиатов РЭП, выполняющих задания ГОЗ, в отношении которых будет осуществляться мониторинг соответствия лицензионным требованиям. Предприятиям-лицензиатам, в отношении которых будет проводиться мониторинг, направляется указание о подготовке материалов в соответствии с утверждённой формой сбора информации. После получения заполненной формы проводится сбор, проверка, систематизация первичной информации, полученной от предприятий, и на её основе проводится анализ.

Анализ осуществляется путём оценки отклонений количественных показателей каждого предприятия-лицензиата от средних значений по отрасли, по оценке динамики их изменения, а также по наличию необходимых условий осуществления лицензируемой деятельности по следующим группам соответствия лицензионным требованиям:

- по обеспеченности механизмами и оборудованием;
- по обеспеченности помещениями;
- по обеспеченности квалифицированными работниками;
- по выполнению требований в части СМК, наличия условий хранения, защиты государственной тайны, противодействия иностранным техническим разведкам, иностранных инвестиций.

Результаты анализа оформляются в сводные формы статистической отчётности и представляются в адрес Минпромторга России с экспертными заключениями по соответствию предприятий РЭП лицензионным требованиям и необходимыми рекомендациями. При выявлении в организации значительного ухудшения уровня соответствия лицензионным требованиям в экспертном заключении рекомендуется проведение выездной проверки на предприятии для предотвращения рисков срыва выполнения заданий ГОЗ. Окончательное решение о проведении проверки принимается Минпромторгом России.

Общий алгоритм оценки соответствия лицензионным требованиям предприятий РЭП на основе объективных параметров приведён на рис. 1.

Вместе с тем отмечается, что объём расчётных задач, заложенных в предлагаемом к лицензированию подходе, необходимость обработки больших массивов информации, интенсивного информационного обмена между пользователями требует глубокой автоматизации процедур сбора, систематизации, обработки, хранения и передачи такой информации.

#### Заключение

Таким образом, применение данного подхода с использованием современных средств автоматизации позволит формализовать и систематизировать сбор и анализ сведений о соответствии лицензионным требованиям предприятий РЭП, объективно и оперативно оценивать уровень соответствия лицензионным требованиям для принятия дальнейших решений, в т. ч. о необходимости дополнительных проверочных мероприятий в отношении отдельных предприятий-лицензиатов.

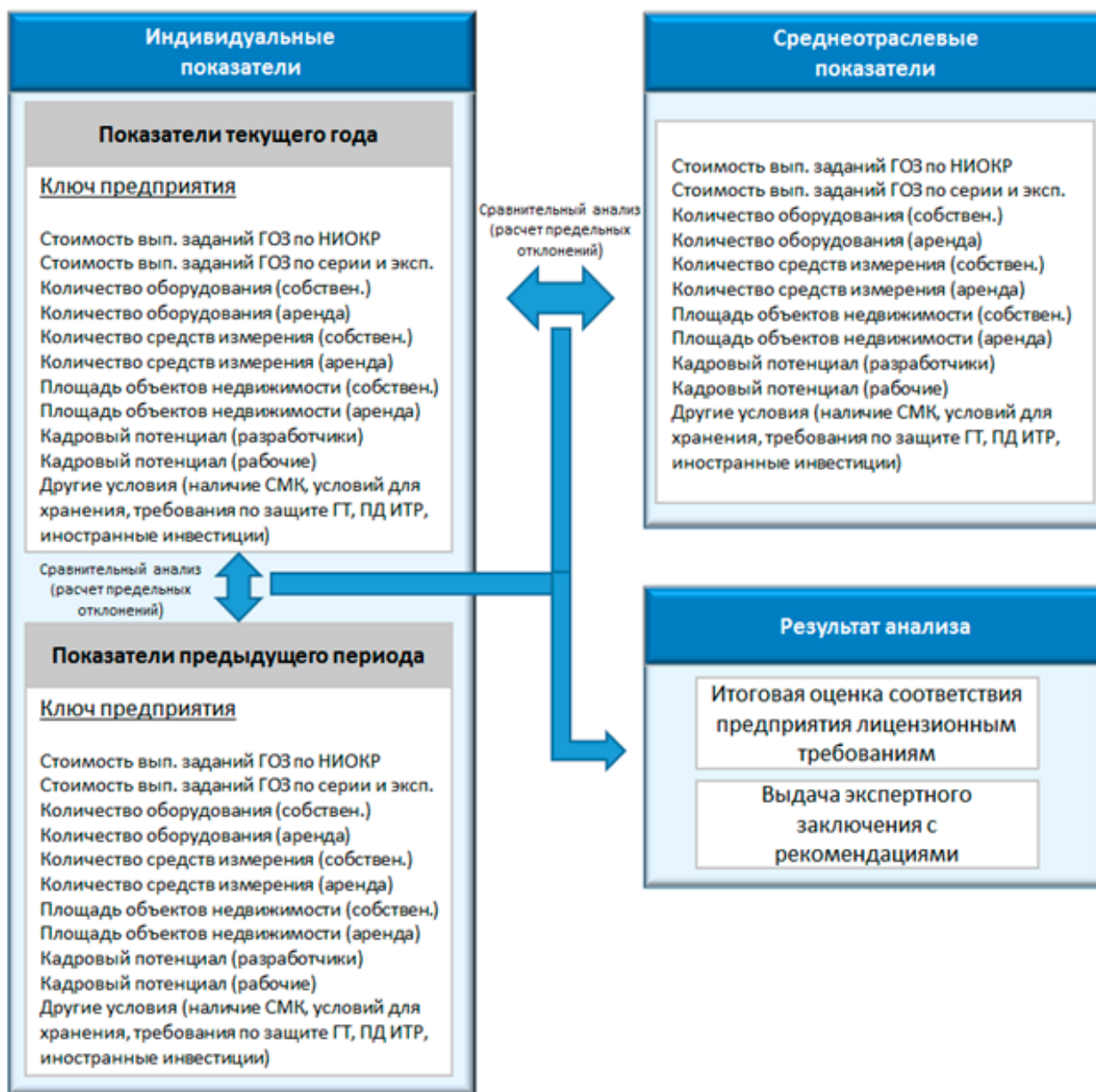


Рис. 1. Общий алгоритм оценки соответствия лицензионным требованиям предприятий РЭП на основе объективных параметров

### Литература

1. Жуков А. О., Фенюк Ю. М. Алгоритм мониторинга соответствия лицензионным требованиям предприятий радиоэлектронной промышленности при выполнении заданий государственного оборонного заказа // Вопросы контроля хозяйственной деятельности и финансового аудита, национальной безопасности, системного анализа и управления: Сборник материалов II Всеросс. науч.-практ. конф. г. Москва, 29 декабря 2016. – М.: ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2017. – С. 23–25.

2. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2021 г. № 2386 «Положение о лицензировании разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта, утилизации и реализации вооружения и военной техники, разработки, производство, испытаний, хранения, реализации и утилизации боеприпасов».

3. Приказ Минпромторга России от 7 мая 2015 г. № 1065 «О проведении паспортизации предприятий (организаций) оборонно-промышленного комплекса, находящихся в сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации».

## ВОПРОСЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ КОМПОНЕНТАМ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ

### ISSUES OF PRESENTATION OF INFORMATION ON ELECTRONIC COMPONENTS IN THE RADIO-ELECTRONIC INDUSTRY

Колядин А. И.; ФГБУ «ВНИИР»; +7 (495) 586–17–21, kolyadin@gmail.com

Kolyadin A. I.; FSBI «VNIIR»; +7 (495) 586–17–21, kolyadin@gmail.com

**Аннотация.** Обоснована необходимость формирования в радиоэлектронной отрасли единого представления совокупности всех данных и знаний по электронным компонентам. Описан концептуальный подход к формированию такого представления. Приведены и описаны UML диаграммы классов объектов предметной области и их связей. Сформулированы и обоснованы основные проблемы, стоящие на пути формирования единого представления информации по электронным компонентам.

**Abstract.** The necessity of forming a unified representation of the totality of all data and knowledge on electronic components in the radioelectronic industry is substantiated. A conceptual approach to the formation of such a representation is described. UML diagrams of domain object classes and their relationships are presented and described. The main problems that stand in the way of forming a unified presentation of information on electronic components are formulated and substantiated.

**Ключевые слова:** электронная компонентная база, единое представление информации, информационная система, онтология, информационное обеспечение.

**Keywords:** electronic component base, unified presentation of information, information system, ontology, information support.

#### Введение

Объём данных и знаний по электронной компонентной базе (ЭКБ) постоянно растёт, как и количество информационных систем (ИС), содержащих и использующих эти данные и знания (базы данных, системы автоматизированного проектирования, базы знаний и пр.). При этом мы наблюдаем своеобразный парадокс: лавинообразный рост объёмов информации по ЭКБ сопровождается информационным «голодом», связанным с трудностями поиска и выделения нужной информации. Несмотря на наличие многочисленных информационных ресурсов по электронным компонентам российского производства, для получения необходимой информации разработчикам радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) приходится покупать у правообладателей (производителей) технические условия (ТУ) на ЭКБ. Как правило, только получив ТУ, разработчик может принять обоснованное решение о возможности применения ЭКБ в РЭА. В настоящее время ни одна из существующих ИС не может обеспечить разработчика

РЭА достоверным и достаточным объёмом данных по ЭКБ как для принятия решения о возможности применения, так и непосредственно для проектирования РЭА. Практически не работает и такой приём, как объединение данных из нескольких ИС. Очевидно, что такую ситуацию с информационным обеспечением по электронным компонентам российского производства в радиоэлектронной промышленности РФ (РЭП) нельзя назвать хотя бы удовлетворительной.

Одной из причин подобной ситуации является синонимичность наименований технических характеристик (ТХ) или параметров (величина, характеризующая свойства или режимы работы интегральной микросхемы [1]). Широко распространённая практика употребления разных лексических единиц для идентификации одного концепта предметной области (ПрО) в части наименований ТХ ЭКБ существенно осложняет процедуру объединения информации из разных ИС [2]. В частности, эта причина не позволила ФГБУ «ВНИИР» решить задачу объединения данных по ЭКБ из двух ИС:

- БД ЭКБ: существует уже более 5 лет и содержит многократно выверенные данные по номенклатуре ЭКБ, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники [3];

- «ЭКБ Маркет»: ИС с изначально декларируемой функциональностью торгово-маркетинговой площадки по ЭКБ отечественного происхождения (данные в систему заносились при помощи организаций, ответственных за разработку и/или производство ЭКБ).

Объединение информации из многих источников означает, по сути, создание единого представления совокупности всех данных и знаний по рассматриваемым объектам, в рамках одной ПрО. Единое представление данных и знаний по ЭКБ также необходимо для формирования отраслевого объединённого информа-



Колядин А. И.

ционного пространства (ОИП) [4]. Такого представления в настоящее время в РЭП пока не сформировано. Конечно, можно не заниматься этой проблемой, опираясь на достаточно известную позицию: «Надо подождать. Если объект действительно важен, то в плановом порядке туда в своё время проложат асфальт...». Однако мне больше по душе подход, согласно которому тропинки сначала протаптывают, а только потом асфальтируют. Данная статья адресована тем, кто протаптывает тропинки на месте будущих автострад единого представления информации по ЭКБ.

#### Описание подходов

Концептуальный подход к составу и организации информации для отраслевой системы управления знаниями рассмотрен в [5, 6, 7]. Подход заключается в организации и описании знаний на основе онтологической модели их представления [8] с опорой на три базовых концепта (объекта) рассматриваемой ПрО: радиоэлектронные и информационные технологии (РЭИТ), РЭА и ЭКБ. На рис. 1 представлен фрагмент структуры ПрО с основными отношениями между базовыми концептами.

Данный подход соответствует весьма практичному правилу, что знания следует организовывать вокруг наиболее важных (основных) объектов ПрО [9].

На рис. 2 показано место онтологий в процессе формирования цифрового ОИП РЭП. Штрихпунктирные линии границ прямоугольников 2-го и 3-го уровней демонстрируют, что единое отраслевое представление данных и знаний по ЭКБ только формируется. Именно поэтому ни одна из существующих ИС (рис. 2, уровень 4) не может обеспечить разработчика достаточным объёмом данных и знаний по ЭКБ, необходимых для проектирования РЭА.

Напомним, что онтология по Груберу определяется как «спецификация концептуализации» [10] (подробнее об этом в [8]). Для формирования спецификаций необходимо определить концепты (объекты) ПрО и их отношения. Для этого будем использовать UML (Unified Modeling Language) – унифицированный язык моделирования, принятый в качестве стандартного для объектно-ориентированного анализа и проектирования ИС [11].

#### Результаты и обсуждение

Так как в данной статье мы обсуждаем только один из базовых объектов – ЭКБ, то для применения онтологической модели представления данных и знаний по ЭКБ необходимо обозначить вспомогательные (не основные) объекты ПрО и их отношения. Ниже представлены UML диаграммы классов объектов ПрО

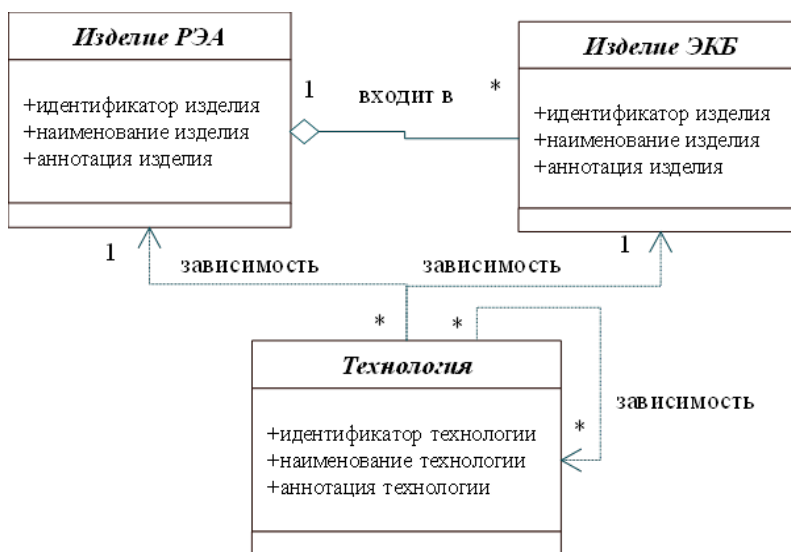


Рис. 1. Связь РЭА, ЭКБ и РЭИТ (UML диаграмма классов)

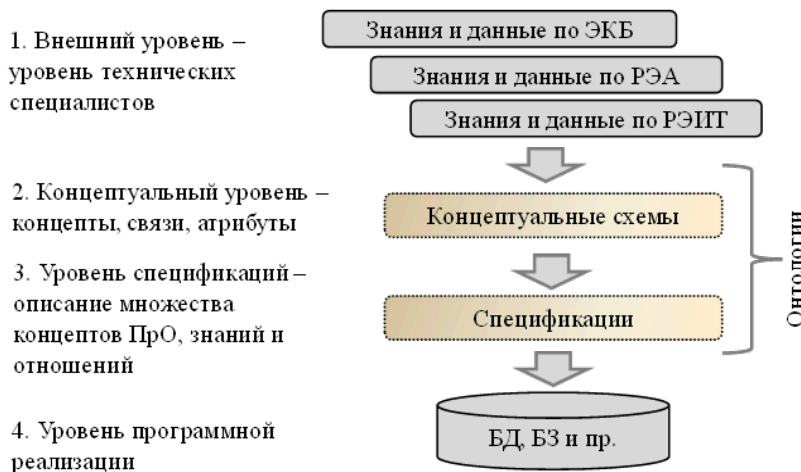


Рис. 2. Процесс формирования ОИП РЭП

ЭКБ и их отношений. Особенностью диаграммы классов ПрО ЭКБ является наличие классов (рис. 3): Тип ЭКБ и Типономинал ЭКБ. Класс Тип ЭКБ (рис.4) по существу является подгруппой классификатора ЭКБ. Класс Типономинал ЭКБ (рис. 5) – это класс экземпляра изделия ЭКБ, который входит в подгруппу Тип ЭКБ. Как правило, все экземпляры подгруппы Тип ЭКБ отличаются друг от друга значением какой-то одной ТХ (номинала). Из-за разных величин значений этой характеристики у каждого экземпляра изделия класса Типономинал ЭКБ, как правило, имеется своя индивидуальная поведенческая модель, но у всех экземпляров, входящих в множество Тип ЭКБ, одна и та же геометрическая модель. Например, условное множество Тип резистора, включает в себя типономиналы с разной величиной сопротивления, но с одинаковой геометрией и, следовательно, одинаковую для всех экземпляров геометрическую модель. Если не вдаваться в тонкости и не учитывать зависимость сопротивления от температуры и других факторов, то поведенческая модель для резистора – это закон Ома

$$I = \frac{U}{R} .$$

Так как ТХ (номинал), отличающая резисторы множества Тип резистора друг от друга это сопротивление, то поведенческие модели у всех экземпляров этого множества будут разными.

Чтобы не перегружать UML диаграммы, на рисунках представлены не все на практике используемые классы, например, нет класса Категория качества и др. Отсутствующие на диаграммах классы не так важны для разработчика, как классы, относящиеся к ТХ ЭКБ, которые непосредственно используются при проектировании РЭА. Поэтому остановимся на них подробнее.

На практике применяются следующие классы ТХ:

1) ТХ, заданные точечными значениями или отрезками значений, к примеру:

– «Предельная рабочая частота диода» – частота, при которой выпрямленный ток уменьшается на 30 % относительно своего значения, измеренного на низкой частоте [12];

– «Рабочий диапазон частот прибора СВЧ» – интервал частот, в котором параметры и характеристики прибора СВЧ сохраняются в установленных пределах при его работе в заданном режиме [13].

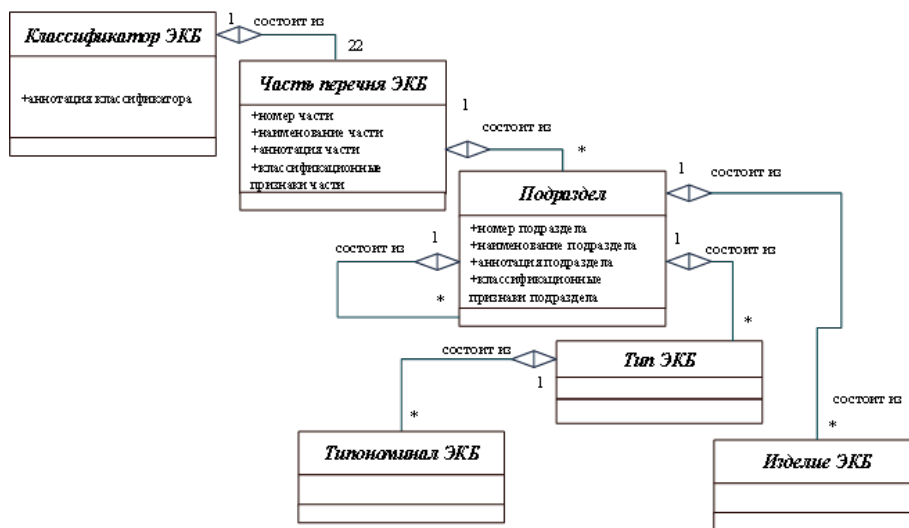


Рис. 3. ПрО ЭКБ (UML диаграмма классов)

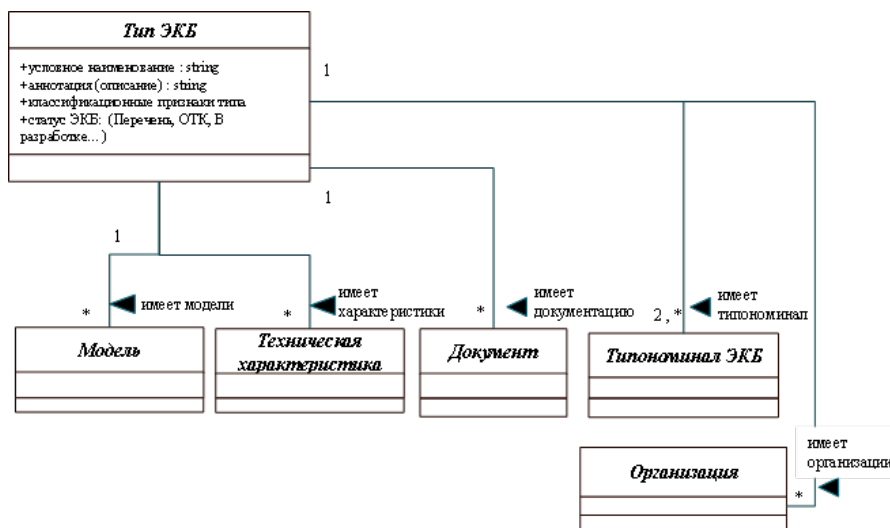


Рис. 4. Класс Тип ЭКБ (UML диаграмма классов)

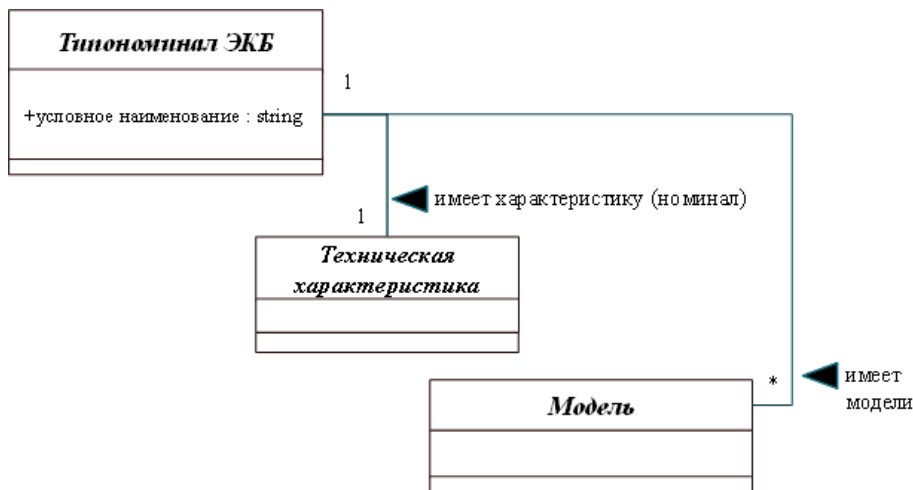


Рис. 5. Класс Типономинал ЭКБ (UML диаграмма классов)

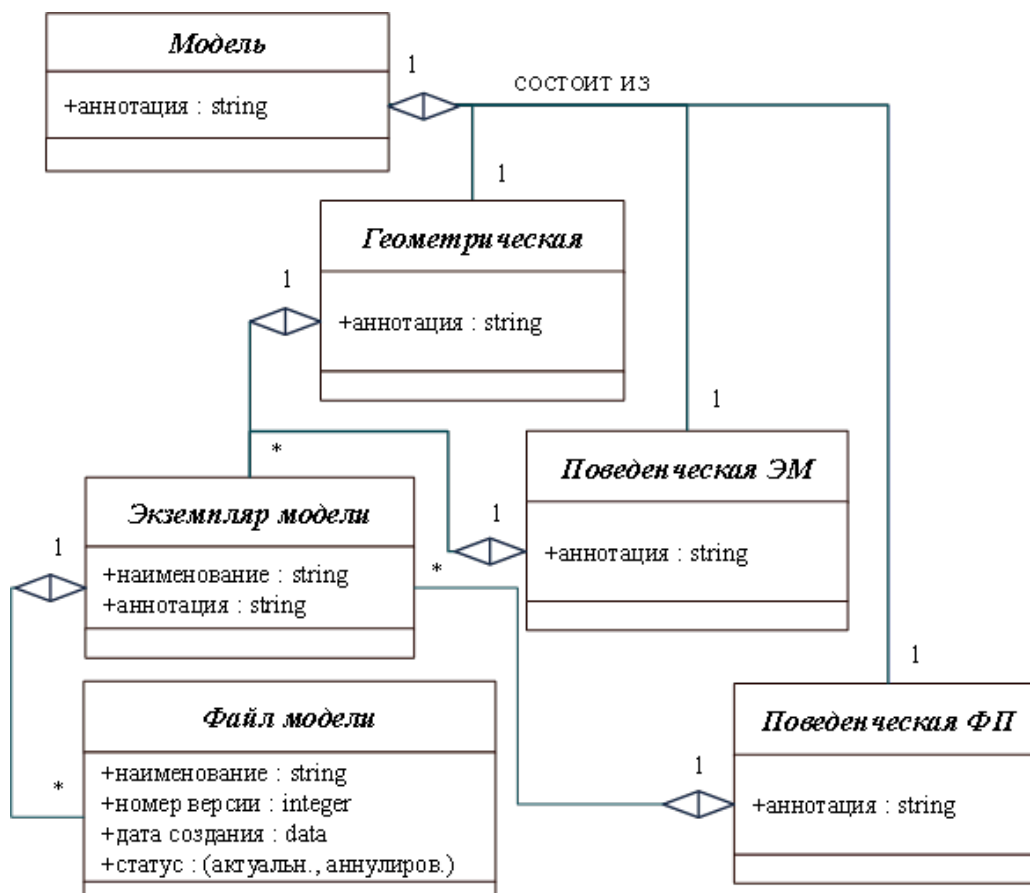


Рис. 6. Класс Модель ЭКБ (UML диаграмма классов)

2) ТХ, заданные функциональными зависимостями, к примеру «Зависимости коэффициента усиления напряжения, тока, мощности от частоты входного сигнала и напряжения питания» [14]:

$$A_{U,I,P} = f(f_I; U_{cc})$$

По сути это простейший вариант математической модели (модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений [15]).

3) ТХ, заданные математическими моделями. В настоящее время практически невозможно разработка РЭА без использования систем автоматизированного проектирования, которые в свою очередь требуют корректных математических моделей ЭКБ. Из класса ТХ, заданных математическими моделями (класс – Модель на рис. 6), можно выделить три подкласса:

- трёхмерные геометрические модели – используются для проектирования печатных плат;



– поведенческие электромагнитные модели – используются для моделирования работы электронных схем;

– поведенческие модели физических процессов – используются для моделирования работы изделий с учётом внешних воздействий (вибраций, ударов, тепла, электромагнитных полей, радиации и пр.).

Отметим, что все перечисленные выше классы можно также разбить на подклассы. К примеру, поведенческие электромагнитные модели, можно разделить на подклассы: SPICE, HDL, IBIS. Не будем далее раскрывать эту классификацию, т. к. это выходит за рамки статьи.

### Заключение

Рис. 2 наглядно демонстрирует причину того, что (как уже было отмечено) существующие ИС не позволяют обеспечить разработчика РЭА достоверным и достаточным объёмом данных по ЭКБ. Невозможно достигнуть приемлемого качества информационного обеспечения на 4-м уровне, не подготовив соответствующим образом 2-й и 3-й уровни.

Для формирования единого представления данных и знаний по ТХ ЭКБ (уровни 2 и 3 на рис. 2) необходимо решить следующие основные проблемы:

1) проблема синонимичности информации по ТХ, не позволяющая решать задачи объединения данных по ЭКБ из нескольких ИС [1]. На решение этой проблемы направлена работа ФГБУ «ВНИИР» по разработке комплекса национальных стандартов [16–22];

2) проблема оцифровки ТХ, заданных функциональными зависимостями. Необходима разработка соответствующих отраслевых нормативных документов, определяющих требования к этому классу ТХ;

3) проблема отсутствия единого по отрасли представления ТХ класса Модель (рис. 6) и недостаточного количества самих моделей. Необходима разработка соответствующих отраслевых нормативных документов, определяющих требования к этому классу ТХ и разработка моделей всех перечисленных выше классов для отечественной ЭКБ.

### Литература

1. ГОСТ 19480–89 Микросхемы интегральные. Термины, определения и буквенные обозначения электрических параметров.

2. Сучков К. И., Колядин А. И., Чупринов А. А. Вопросы организации (структурирования) информации по техническим характеристикам электронной компонентной базы. // Мытищи, ФГУП «МНИИРИП», Научно-технический журнал «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», 2021. – № 3. – с. 2–4.

3. Сайт ФГУП «МНИИРИП» – URL: <https://mniirip.ru/node/1798>(дата обращения: 24.11.2021).

4. Исаев В. М., Чупринов А. А. Объединенное информационное пространство как основа создания аппаратуры отечественного производства.// Международный форум «Микроэлектроника–2017», 3-я Научная конференция «Электронная компонентная база и электронные модули», 2017. – с. 28–30.

5. 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.

6. 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) // Тезисы докладов, Международный форум «Микроэлектроника–2018», 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули», Сборник тезисов. – Республика Крым, г. Алушта, Техносфера, 2018. – с. 50–51.

7. 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.

8. Колядин А. И. Вопросы выбора модели представления знаний в радиоэлектронной отрасли. // Мытищи, ФГУП «МНИИРИП», Научно-технический журнал «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», – 2022. – № 1(5), с. 36–40.

9. Системы искусственного интеллекта : учеб. пособие. В 2-х частях. / С. Н. Павлов. – Томск: Эль Контент. 2011. – Ч. 2. – 194 с.

10. Gruber T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. In J. A. Allen, R. Fikes, and E. Sandewell, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning – Proceedings of the Second International Conference. – pp. 601–602. – Morgan Kaufmann (1991).

10. Арлоу Д., Нейштадт А. / UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-е издание. – Пер. с англ. – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.

11. Полупроводниковые диоды. Параметры, методы измерений / Под ред. Горюнова Н. Н. и Носова Ю. Р. – Москва: Изд-во «Советское радио», 1968. – 304 с.

12. ГОСТ 23769-79 ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ И УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНЫЕ СВЧ. Термины, определения и буквенные обозначения.

13. ОСТ 11 0277-87 Микросхемы интегральные. Усилители (НЧ, ПЧ, ВЧ). Система параметров.

14. ГОСТ Р 57188-2016 ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Термины и определения.

15. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.027.21 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Микросхемы интегральные. Перечень технических характеристик ФГБУ РСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 47 с.

16. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.028.21 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Микросхемы интегральные. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам. / ФГБУ РСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 97 с.

17. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Мухин П. В. Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.029.21 Системы автоматизированного

проектирования электроники. Информационное обеспечение. Изделия СВЧ. Перечень технических характеристик / ФГБУ РСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 100 с.

18. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Мухин П. В. Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.030.21 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Изделия СВЧ. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам./ФГБУРСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 45 с.

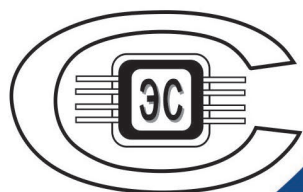
19. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Егоркин А. В. Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.031.21 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Приборы и модули полупроводниковые.

Перечень технических характеристик / ФГБУ РСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 107 с.

20. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Егоркин А. В. Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.032.21 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Приборы и модули полупроводниковые. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам. / ФГБУ РСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 74 с.

21. Савин М. Л., Корчагин А. И., Чупринов А. А., Колядин А. И., Проект ГОСТ Р 1.11.165–1.035.21 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Общие положения / ФГБУ РСТ, издание официальное, Москва, 2022. – 17 с.

## ФГБУ «ВНИИР»



Центральный орган  
Системы добровольной сертификации «Электронсерт»  
информирует об изменении регистрационного номера

Перерегистрация проведена в связи с реорганизацией ФГУП «МНИИРИП» в ФГБУ «ВНИИР» на основании Указа Президента Российской Федерации от 18 июня 2021 года № 371

В настоящий момент СДС «Электронсерт» имеет регистрационный номер № РОСС RU.В2618.04КМНО, внесённый Росстандартом в Единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации от 07.04.2022 года

Тел.: +7 (495) 583-17-21 (доб.1368) | E-mail: [sds2@vniir-m.ru](mailto:sds2@vniir-m.ru)



## АНО «ЭЛЕКТРОНСЕРТИФИКА»

начинает с апреля 2022 года обучение с выдачей Удостоверения о повышении квалификации по теме:

«Обеспечение надёжности, технического контроля, управление качеством и анализ причин отказов»

Тел.: +7 (495) 583-06-32 | E-mail: [elsert@bk.ru](mailto:elsert@bk.ru)



Общество с ограниченной ответственностью «НПЦ «Гранат» начало свою деятельность в 2005 году. Основными видами работ, выполняемых ООО «НПЦ «Гранат», являются:

- испытания электронной компонентной базы и электронных модулей отечественного и иностранного производства;
- выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе в интересах Министерства обороны РФ и государственной корпорации «Роскосмос».

## ОТДЕЛ НИОКР:

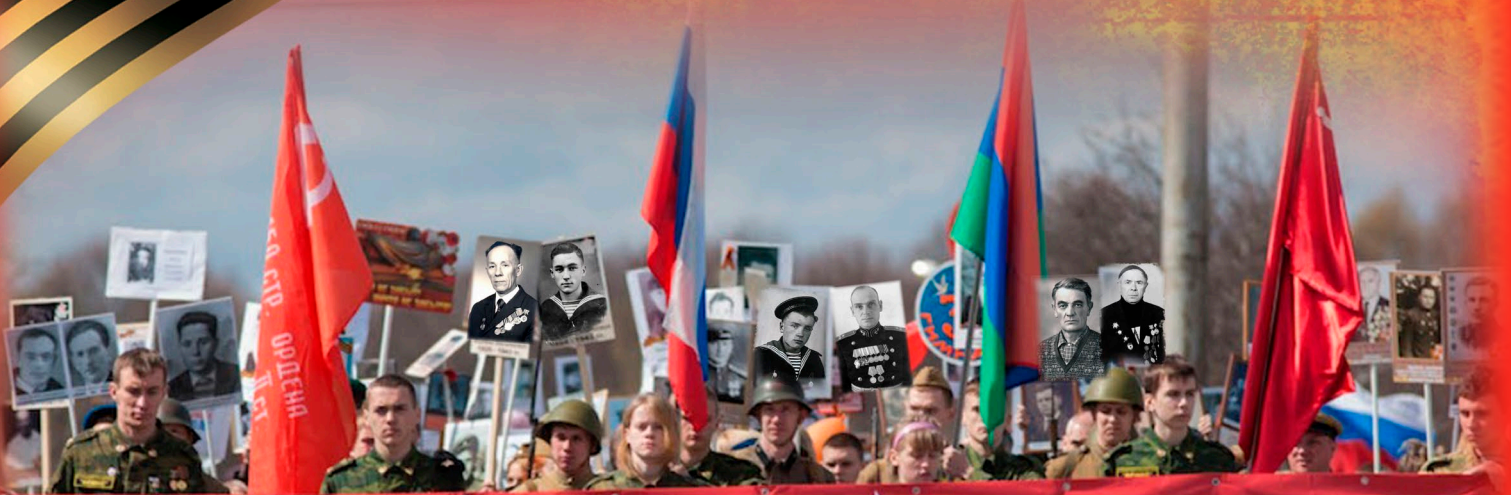
- ✓ Исследование, разработка, изготовление и гарантийное обслуживание радиоэлектронных и иных изделий и аппаратуры для стационарных и подвижных объектов.
- ✓ Разработка и изготовление бортовых комплексов (систем) и устройств, а также элементов конструкции космических аппаратов, в том числе и специальных.
- ✓ Исследование, разработка и производство нестандартных контрольно-измерительных систем, в том числе автоматизированных.



## ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ:

- СИНУСОИДАЛЬНАЯ ВИБРАЦИЯ;
- ШИРОКОПОЛОСНАЯ СЛУЧАЙНАЯ ВИБРАЦИЯ;
- МЕХАНИЧЕСКИЙ УДАР (МНОГОКРАТНОГО И ОДИНОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ);
- Пониженное и повышенное давление;
- СОЛЯНОЙ (МОРСКОЙ) ТУМАН;
- РЕСУРСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ;
- ПОВЫШЕННАЯ И ПОНИЖЕННАЯ ВЛАЖНОСТЬ;
- ПОВЫШЕННАЯ И ПОНИЖЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРА;
- ИСПЫТАНИЯ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ.

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ И ОТДЕЛ НИОКР ООО «НПЦ «ГРАНАТ» ГОТОВЫ ОРГАНИЗОВАТЬ ДЛЯ ВАС ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛНОГО ЦИКЛА НЕОБХОДИМЫХ РАБОТ



бессмертный  ПОЛК



9 мая



Хитрость  
Наступление  
Лето 1941  
Юра Кучер