

УДК 620.193

В.Н. ПОСТНОВ, кандидат
технических наук, старший
научный сотрудник

Е.И. ПОСЫСАЕВ, кандидат
технических наук, старший
научный сотрудник

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ И ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

В статье представлены основные этапы становления, развития и текущего состояния нормативно-технического обеспечения задания требований и методов подтверждения стойкости радиоэлектронных средств вооружения к воздействию механических и климатических внешних факторов, излучений ядерного взрыва, космического пространства и других источников естественного и искусственного происхождения.

***Ключевые слова:** стойкость; требования; методы испытаний; условия эксплуатации; внешние факторы; стандарты.*

В 1950-е гг. в нашей стране начались активные работы по оснащению вооружения и военной техники (ВВТ) радиоэлектронными средствами и комплектующими их электрорадиоизделиями (ЭРИ).

Соответственно возникла задача обеспечения работоспособности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) образцов ВВТ при эксплуатации и боевом применении, когда она подвергается воздействию множества внешних факторов (ВФ), в том числе и специальных факторов (СФ).

В организациях Минобороны СССР и промышленности начались первые исследования эффектов воздействия ВФ и СФ на РЭА и ЭРИ. В Минобороны СССР головной организацией по координации исследований по данному направлению был определен 22 Центральный научно-исследовательский испытательный институт (22 ЦНИИИ)¹.

Среди многих задач, требующих первоочередного решения, была задача проведения экспериментальных исследований стойкости РЭА и ЭРИ, созданных предприятиями оборонного комплекса.

¹ Московский А.М. Важнейшая задача научно-исследовательских организаций Минобороны на современном этапе и перспективу – разработка основных направлений обеспечения высокого технического и интеллектуального уровня вооружения и военной техники для кардинального повышения их боевых свойств // Военный парад. 2005. Октябрь. Спецвыпуск. – С. 1-2.

Для решения задач разработки требований стойкости, норм и методов испытаний требуется информация о составе и уровнях ВФ, воздействующих на электронные средства ВВТ при их эксплуатации и боевом применении. Проведение необходимых исследований осложнялось тем обстоятельством, что отсутствовали промышленно изготавливаемые средства для исследования ВФ в полевых условиях. Поэтому была создана телеметрическая подвижная (на базе автомашины ГАЗ-АА) лаборатория по измерению и анализу параметров ВФ. В дальнейшем в процессе выполнения работ по измерениям на объектах военной техники возникла необходимость в бесконтактной записи внешних воздействующих нагрузок. Для решения этой проблемы была создана радиотелеметрическая измерительная система с использованием стоящей на вооружении в то время радиостанции Р-109. Такая измерительная система была первой в отечественной практике. Впоследствии система радиотелеметрических измерений была промышленно освоена институтом измерительной техники (сегодня Научно-производственное объединение измерительной техники, г. Королев).

В эти годы специалистами Минобороны СССР и многих организаций оборонных отраслей промышленности были проведены экспериментальные исследования ЭРИ широкой номенклатуры и функциональных модулей на воздействие СФ в натуральных физических опытах и на моделирующих установках. В результате исследований были получены экспериментальные данные об эффектах, вызываемых в ЭРИ разных классов воздействием спецфакторов, и определены уровни стойкости изделий, на основе которых был составлен первый справочник по спецстойкости ЭРИ (1964 г.).

Главным результатом работ за этот период можно считать то, что была обоснована и экспериментально подтверждена необходимость исследований по проблеме обеспечения спецстойкости.

Первыми нормативными документами, устанавливающими требования стойкости электронных средств к воздействию ВФ и СФ, стали межведомственные нормативы, созданные в начале 1960-х гг. (комплект нормативов был условно назван «Мороз-2»). Впервые в отечественной практике в этих документах были сформулированы требования Минобороны СССР стойкости военной радиоэлектроники, классифицированы внешние факторы, определены их уровни при эксплуатации в составе

военной техники. Для разработки состава и уровней требований стойкости, адекватных реальным условиям эксплуатации в составе объектов вооружения и военной техники, специалисты 22 ЦНИИИ начали регулярно и планомерно проводить работы по исследованию внешних факторов на различных образцах вооружения в полигонных условиях.

С целью обеспечения единства правил и методов проведения указанных исследований, позволяющих проводить обобщение и анализ результатов измерений, были разработаны Руководства по измерению, анализу и обобщению параметров внешних факторов, действующих на аппаратуру объектов вооружения и военной техники в условиях эксплуатации. К выполнению работы были привлечены видовые институты Минобороны СССР и передовые, с точки зрения научного потенциала, организации промышленности.

В 1973 году в Военном издательстве Минобороны СССР было выпущено Руководство по измерению, анализу и обобщению информации о механических нагрузках и температурных режимах на объектах вооружения в условиях эксплуатации².

Именно это Руководство дало начало широкомасштабным работам не только на полигонах Минобороны СССР, но и во всем оборонном комплексе по исследованию условий эксплуатации аппаратуры вооружения и военной техники. Впоследствии подвижная лаборатория по измерению и анализу параметров внешних факторов была переоснащена более современной измерительной аппаратурой и размещена на базе новейшей автомашины того времени – ГАЗ-66.

С помощью подвижной лаборатории были исследованы более 100 образцов ВВТ не только в полигонных условиях, но и в войсках при проведении учений.

На рубеже 1970-х гг. произошли значительные перемены в оснащении Вооруженных Сил (ВС) СССР новыми средствами ВВТ, изменения коснулись и технологии их изготовления и облика (новые средства вооружения, новые типы брони, силовых установок и т.д.), что привело к изменению уровней ВФ, действующих на РЭА новых образцов ВВТ.

В то же время, требования спецстойкости РЭА и ЭРИ, представленные в межведомственных нормалях, разрабатывались на основе

² Руководство по измерению, анализу и обобщению информации о механических нагрузках и температурных режимах на объектах вооружения в условиях эксплуатации. М.: Воениздат, 1973.

результатов измерения параметров СФ в натуральных физических опытах. При этом ограниченные возможности существовавшей в то время измерительной аппаратуры не обеспечивали требуемую точность.

Результаты проведенных исследований позволили впервые создать и ввести в действие комплекс государственных военных стандартов (КГВС) «Мороз-5», регламентирующий требования стойкости Минобороны СССР к РЭА вооружения и военной техники (ВВТ) к воздействию ВФ и СФ, а также методы оценки соответствия заданным требованиям (1976 г.). Разработаны и введены в действие первые стандарты КГВС «Климат-6» по требованиям и методам оценки стойкости ЭРИ (1981 г.).

При разработке КГВС «Мороз-5» был учтен весь практический опыт применения отечественных нормативных документов (Нормалей издания 1962 года), зарубежной и международной стандартизации в области обеспечения надежности и стойкости средств радиоэлектроники, весь научно-практический задел по требованиям и методам испытаний, а также богатейший экспериментальный материал по результатам исследования видов и параметров внешних и специальных факторов, действующих на аппаратуру военной техники.

В 1980-х гг. продолжились исследования условий эксплуатации РЭА военной техники.

В 1988 году специальный измерительный комплекс был переоснащен с отечественных средств измерений (полевой комплекс весил порядка 150 кг) на компактный малоразмерный переносной комплект измерительной аппаратуры производства фирмы “Brüel & Kjær”, Дания, которая приведена на рисунке 1. Тем самым отпала необходимость размещения измерительной системы на специально выделенной автомашине.

По проблеме СФ проводились испытания широкой номенклатуры ЭРИ и функциональных модулей в 12 натуральных физических опытах и на моделирующих установках.

Для внедрения положений КГВС систем «Мороз» и «Климат» в практику работы заказывающих управлений и испытательных центров Минобороны СССР, организаций промышленности, занимающихся созданием РЭА и ЭКБ, удовлетворяющих требованиям стойкости, необходимо наличие нормативно-технических и методических документов по методам испытаний и оценке стойкости РЭА и ЭКБ, раскрывающих и конкретизирующих положения данных стандартов (руководящие до-

кументы, справочники, методические пособия, монографии и т.п.). Первое поколение таких документов разработано в 1970-е гг. В дальнейшем по результатам проведения многочисленных научно-исследовательских работ указанные документы периодически (до настоящего времени) обновляются и уточняются.

Начиная с конца 1970-х гг. заказывающие управления Минобороны СССР организовывали работу межведомственных комиссий по оценке правильности применения ЭРИ при разработке более 150 образцов РЭА военного назначения в части оценки технических решений, направленных на обеспечение спецстойкости. Осуществлялось военно-научное сопровождение разработки и создания важнейших образцов вооружения и военной техники в части стойкости (космического аппарата «Ямал», РЭА системы управления «Тополь-М», БТС «Вершина», космических аппаратов «Буран», «Ураган-5», «Горизонт», «УКС» и других). Принималось участие в испытаниях на спецстойкость самолетов МИГ-23МП, МИГ-29, СУ-30, ракетного комплекса «Точка», системы опознавания «Признак» на моделирующих установках, в натурных испытаниях ЭРИ на борту космических аппаратов серий «Молния» и «Космос». Один из образцов, прошедший натурные испытания в открытом космосе приведен на рисунке 2.

Организовывались лекции и инструктивно-методические занятия для представителей заинтересованных организаций Минобороны СССР и промышленности.



Рисунок 1 – Комплект измерительной аппаратуры фирмы “Brüel & Kjøer”



Рисунок 2 – Образец с космического аппарата Космос-1487

В 1984 году впервые разработаны общевидовые общие технические требования (ОТТ) Минобороны СССР по требованиям и методам подтверждения стойкости образцов ВВТ.

Освоение космического пространства, в том числе в военных целях, выявило проблему необходимости обеспечения возможности функционирования радиоэлектронного оборудования в условиях воздействия таких факторов космического пространства как естественные и искусственные радиационные пояса Земли, тяжелые заряженные частицы различного происхождения и другие. Соответственно проводился комплекс работ, по результатам которых был опубликован трехтомный сборник по условиям в околоземном космическом пространстве и их влиянии на космические аппараты (КА) [1]. Проводилось оператив-

ное сопровождение пилотируемых и межпланетных космических аппаратов («Венера», «Марс») в части прогнозирования условий на борту. Сборник «Модель околоземного космического пространства» по радиационным условиям в околоземном космическом пространстве периодически уточняется и переиздается. Факторы космического пространства включены в состав СФ в КГВС системы «Мороз» и «Климат».

По инициативе заинтересованных организаций Минобороны СССР были созданы Межведомственные центры испытаний РЭА и ЭРИ на воздействие спецфакторов по требованиям Минобороны СССР, секция №1 Межведомственного координационного научно-технического совета (МКНТС) по проблеме спецстойкости РЭА и ЭРИ. Под эгидой МКНТС разрабатывались предложения к пятилетним планам исследований по проблеме и проводились Всесоюзные конференции, на которых обсуждались полученные результаты и определялись направления дальнейших исследований, первоочередные задачи и пути их решения [2; 3].

В связи с перевооружением ВС РФ новыми образцами ВВТ, а также появлением новых видов ядерных боеприпасов и неядерного оружия продолжались работы по совершенствованию требований стойкости РЭА и ЭРИ. Разработаны и введены в действие стандарты нового поколения по требованиям, методам испытаний и оценки стойкости РЭА и ЭРИ (КГВС «Мороз-6» и «Климат-7», 1998 г.), в которых впервые введены требования стойкости к случайной вибрации, виброудару, ветровым и снеговым нагрузкам, а также непреднамеренному действию мощных электромагнитных полей и токов естественного и искусственного происхождения.

В 1993 году был создан Технический комитет (ТК) по военной стандартизации №319 «Надежность и стойкость ЭРИ и РЭА военного назначения». Состав подкомитета №2 был сформирован из ведущих специалистов Минобороны России и предприятий оборонного комплекса в области разработки требований и методологии испытаний радиоэлектронных средств военного назначения. Одним из первых нормативных документов, разработанных подкомитетом №2 ТК №319, стал руководящий документ Минобороны России по требованиям к ис-

пытательным подразделениям и порядку их аттестации³. Этот руководящий документ с 1993 года положил начало новому направлению проводимых работ. Впервые были разработаны единые для всех оборонных отраслей промышленности требования к компетентности, оснащению, составу и квалификации испытательных подразделений предприятий промышленности, производящих военную продукцию, а также порядок и правила аттестации этих подразделений. Работа по аттестации испытательных подразделений предприятий промышленности с одной стороны связана с необходимостью авторского надзора за внедрением новых методов испытаний, регламентированных КГВС «Мороз-6»⁴, а с другой стороны направлена на оказание помощи военным представительствам в обеспечении достоверности проведения испытаний на предприятиях оборонного комплекса [4; 5].

Научные результаты, полученные при разработке КГВС «Мороз-6», предопределили необходимость совершенствования общевидовых нормативных документов системы ОТТ Минобороны России, устанавливающих требования стойкости образцов ВВТ к внешним и специальным факторам, требования к методам государственных испытаний разработанных образцов ВВТ. Была разработана принципиально новая классификация образцов ВВТ, гармонизированная с классификацией РЭА, принятой в КГВС «Мороз-6», обоснованы состав и уровни требований стойкости образцов ВВТ, установлены требования к методам государственных испытаний опытных образцов ВВТ. Разработанные нормативные документы системы ОТТ к видам ВВТ введены в действие в 2000 году.

В 2020 году разработаны и введены в действие стандарты нового поколения по требованиям, методам оценки и обеспечения стойкости РЭА (КГВС «Мороз-7») и электронной компонентной базы (ЭКБ) («Климат-8»), в которых впервые введены требования стойкости к воздей-

³ РД В 319.02.03-93 Руководящий документ. Комплексная система контроля качества. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к испытательным подразделениям и порядок их аттестации. Мытищи: 22 ЦНИИИ, 1993.

⁴ ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. М.: Госстандарт России, 1998; ГОСТ РВ 20.57.305-98 Комплексная система контроля качества. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие механических факторов. М.: Госстандарт России, 1998; ГОСТ РВ 20.57.306-98 Комплексная система контроля качества. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие климатических факторов. М.: Госстандарт России, 1998.

ствию излучений лазерного и радиочастотного оружия, что было обусловлено появлением у вероятного противника опытных образцов данных видов оружия.

Масштабные исследования по проблеме стойкости позволили создать коллектив ученых и специалистов, способных решать возникающие сложные задачи. За прошедшие годы защитили докторские диссертации по данной тематике 9 человек, кандидатами наук стали 36 человек, удостоены звания лауреата Государственной Премии РФ в области науки и техники 12 сотрудников.

22 ЦНИИ Минобороны России в 2020 году был реорганизован в научно-исследовательский испытательный центр военной электроники и электротехники 46 ЦНИИ Минобороны России, который продолжает осуществлять контроль и сопровождение вопросов задания и подтверждения требований по стойкости РЭА и ЭКБ.

В настоящее время главной задачей в решении проблемы спецстойкости является создание научно-методического обеспечения внедрения новых редакций КГВС «Мороз-7» и «Климат-8» в этой части. Специалисты организаций Минобороны России, связанных с заказами стойких объектов ВВТ, их РЭА и ЭКБ, обеспечением контроля стойкости, принимают активное участие в создании Межведомственного распределенного центра радиационных испытаний ЭКБ, который обеспечит достоверную оценку соответствия ЭКБ, разрабатываемой для объектов вооружения военной и специальной техники и КА, заданным требованиям спецстойкости.

Кроме того, ближайшими задачами являются совершенствование требований стойкости к воздействию ВФ радиоэлектронной аппаратуры роботизированной военной техники и беспилотных летательных аппаратов. Для решения этой задачи необходимо проведение исследований условий эксплуатации и боевого применения РЭА, на основе которых предполагается разработка предложений по классификации, составу, уровням требований и методам испытаний.

Список использованных источников

1. Модель околоземного космического пространства / Под ред. С.Н. Вернова. В 3-х т. 2-е изд. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1966.
2. Герасимов В.Ф., Зинченко В.Ф., Улимов В.Н., Гончаров В.В., Малков С.Ю., Харитонов П.А. О совершенствовании нормативно-методической базы для задания, оценки подтверждения стойкости объектов ракетно-космической техники к действию спецфакторов // Сб. докладов VI межотраслевой конференции по радиационной стойкости, Саров, 2002 (14-20 октября). Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003. – С. 238-240.
3. Брянда О.Е., Герасимов В.Ф., Игнатов А.А., Майоров С.И., Телец В.А., Хаустов В.В. Исследования по проблеме обеспечения спецстойкости аппаратуры и ее электронной компонентной базы на современном этапе // Научно-технический сб. МИФИ. 2005. Вып.8 – Сб. докладов Российской научной конференции «Радиационная стойкость электронных систем – Стойкость-2005», Лыткарино, 2005 (7-8 июня). М.: МИФИ, 2005. – С. 5-6.
4. Писарев В.Н., Постнов В.Н., Степанов Ю.И. Аттестация лабораторно-испытательных баз – важнейший фактор обеспечения качества продукции // Вестник Военного Регистра. 2001. №8(8). – С. 5-10.
5. Борисов А.А., Писарев В.Н., Постнов В.Н. Обеспечение технической компетентности испытательных подразделений организаций оборонно-промышленного комплекса и Минобороны России // Вестник Военного Регистра. 2006. №6(66). – С. 14-21.