

# Теоретичні основи розробки та експлуатації систем озброєння

УДК 355/359:001.89+623:658.562

В.И. Азаренков

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков*

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ СРЕДСТВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

*Рассмотрены основные факторы, обеспечивающие надежность разрабатываемой и выпускаемой промышленностью военной техники. Изложены результаты анализа методов проектирования конструкций аппаратуры и оптимизации её параметров с целью увеличения надёжностных характеристик. Предложен иной подход к процессу проектирования. Приведен анализ эффективности системы испытаний на надежность и устойчивость РЭА. Рассмотрены вопросы нормативно-методического и технического обеспечения испытаний новой техники и подготовки высококвалифицированных специалистов. Предложено создание испытательных подразделений для предприятий оборонного комплекса на основе высших учебных заведений, имеющих статус исследовательских учреждений.*

**Ключевые слова:** надёжность, проектирование, испытание, радиоэлектронная аппаратура, военная техника.

### Введение

**Актуальность.** Поддержание оборонного потенциала страны, боеготовности и боеспособности Вооруженных Украины, а также поставок вооружения иностранным государствам в рамках военно-технического сотрудничества предполагает постоянное развитие оборонно-промышленного комплекса по различным направлениям, в том числе разработку и производство новых систем и образцов вооружения и военной техники, испытание, обеспечение их боевого применения и эксплуатации, снабжение комплектующими изделиями и элементной базой. Стандартизация обеспечивает выполнение этих задач, выполняя функции повышения качества, обеспечения безопасности, упорядочения, нормотворчества, ресурсосбережения, информационную и доказательную функции.

Приоритетной задачей системы стандартизации всегда была стандартизация конструкторской и технологической документации на изделия машиностроения и приборостроения как основы технической совместимости и однозначности информации на всех стадиях и этапах жизненного цикла изделия. Поэтому одним из первых системных комплексов стандартов, разработанных и принятых в нашей стране, была Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – ГОСТ 2, решение о создании которой основывалось на постановлении Совета министров СССР от 11 января 1965 года. Головная организация – ВНИИНАШ.

Основной комплекс стандартов ЕСКД, разработанный в 1965 – 1968 годах, введен в действие с 1 января 1971 года. В период с 1971 года этот комплекс стандартов получил серьезное дальнейшее развитие.

В настоящее время ЕСКД содержит более 170 стандартов.

Основными задачами ЕСКД являются:

- нормативно-информационная поддержка ЖЦИ;
- установление единых требований, правил и норм выполнения конструкторской документации;
- единство терминологии;
- единство и сопоставимость информации;
- оптимальная комплектность документации;
- обеспечение оперативного поиска аналогов в целях применения ранее разработанных конструкций и документов в новых изделиях;
- взаимообмен документации без ее переформления;
- расширение унификации и стандартизации изделий;
- эффективное применение средств вычислительной техники и автоматизированных систем (САПР, АСУ, АСУТП, САД САМ и др.);
- создание условий для повышения качества и конкурентоспособности изделий и документов.

Сегодня надежности радиоэлектронной аппаратуры средств вооружения и военной техники (РЭА СВВТ) в условиях реального применения с учетом воздействия внешних факторов уделяется

особое первостепенное внимание [1 – 3]. Это объясняется тем, что современные РЭА СВВТ, их боевые и технические характеристики во многом определяются параметрами радиоэлектронной аппаратуры, являющейся неотъемлемой и важнейшей составной частью средств вооружения и военной техники.

В процессе обеспечения надежности РЭА важнейшими факторами являются проектирование (конструирование) и проведение достоверных испытаний. Вопросы ремонтпригодности и технического обслуживания техники рассматривать не будем.

**Постановка задачи.** Обозначить основные задачи и методы решения обеспечения надежности РЭА СВВТ на современном этапе разработки и производства радиоэлектронной аппаратуры средств вооружения и военной техники оборонными предприятиями Украины.

### Основной раздел

**Анализ состояния вопроса.** Определимся с основными причинами, существенно влияющими на надежность РЭА. На рис. 1 [3] приведено распределение доли отказов РЭА при испытаниях, а на рис. 2 – при эксплуатации СВВТ, обусловленных воздействием разных внешних и внутренних факторов. Анализ приведенных данных позволяет сделать следующие выводы:

– основным фактором, приводящим к отказам РЭА СВВТ, является суммарное воздействие температуры и теплового удара; при этом следует учесть и то, что большая часть электрических нагрузок приводит к отказу из-за чрезмерного выделения тепла на энергетически нагруженных элементах;

– на втором месте – механические нагрузки (вибрация);

– последним существенным фактором отказов является влага.

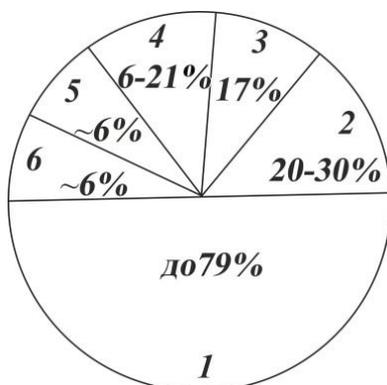


Рис. 1. Среднестатистическое распределение доли отказов РЭА при испытаниях, причина отказов: 1 – температура; 2 – вибрация; 3 – электрические нагрузки; 4 – влага; 5 – пыль, песок; 6 – остальные факторы

**Проектирование** новых образцов РЭА СВВТ, отвечающих современным требованиям к военной технике, базируется на научных исследованиях, научно-технических разработках и подготовке квалифицированных конструкторских кадров.

Рассмотрим более подробно вопрос проектирования радиоэлектронной аппаратуры более подробно.

Функциональные характеристики любого изделия РЭА могут быть описаны системой электрических  $E$  и системой конструктивных  $K$  параметров:

$$F=F(E, K).$$

При этом система электрических параметров состоит из двух подсистем:

$$E = E_1 \cup E_2,$$

где  $E_1$  – подсистема параметров, не зависящих от конструкции;

$E_2$  – подсистема параметров, определяемых конструкцией.

Декомпозиция параметров узла, определяющих систему  $F$  его функциональных характеристик, позволяет разделить всю задачу на последовательные этапы: схемотехническое проектирование, где синтезируются электрические параметры подсистемы  $E_1$ , конструкторское проектирование, где синтезируются конструктивные параметры системы  $K$ , и комплексное проектирование, где учитываются все параметры подсистем  $E_1$  и  $E_2$  и системы  $K$ . На повестке дня – решение задачи синтеза конструкции РЭА, в которой по заданным показателям надежности, массы, габаритов, экономичности и допустимых уровнях теплового и электромагнитного взаимодействия определяется оптимальный вариант конструкции и способ ее охлаждения.

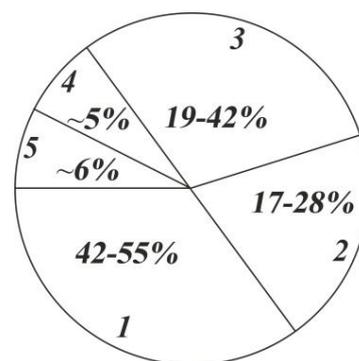


Рис. 2. Среднестатистическое распределение доли отказов РЭА при эксплуатации, причина отказов: 1 – температура; 2 – вибрация; 3 – влага; 4 – пыль, песок; 5 – тепловой удар, пониженное давление

Отметим особенности задач оптимального проектирования [4]:

1. Задачи такого класса являются многокритериальными, причем, как правило, не существует

такого выбора параметров, который одновременно оптимизировал бы все критерии. Следовательно, выбор наилучшего решения связан с компромиссом, а методов решения таких задач одновременно простых и надежных пока нет.

2. Процесс проектирования РЭА СВВТ, как правило, является итеративным, а способ формирования критерия – адаптивным. Постановка задач в этом случае осуществляется в процессе их решения, потому что конструктор, как правило, до проведения специальных расчетов или испытаний не может указать обоснованные значения всех ограничений. При этом в процессе проектирования зачастую целесообразно корректировать комплексный критерий оптимальности или отдельные его составляющие и ограничения по результатам испытаний или/и оптимизационных расчетов и промежуточных доработок конструкции.

3. Трудность выбора единого критерия. Этот вопрос и проблема его решения возникла из-за математической сложности решения задачи многокритериальной оптимизации. Причем сложность математических моделей конструкции настолько большая, что исключается возможность прямого («лобового») поиска оптимальных решений. Отметим некоторые весьма распространенные подходы к решению таких задач:

– замена многих критериев единым:

$$\Phi = \beta_1\Phi_1 + \beta_2\Phi_2 + \dots + \beta_n\Phi_n,$$

где  $\Phi$  – общий критерий;

$\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$  – различные критерии;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  – весовые коэффициенты, причем  $\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = 1$ .

Основная трудность здесь в определении коэффициентов  $\beta$ , другими словами, в установлении ранжирования критериев.

Последнее же до проведения расчетов или проведения испытаний, чаще всего, не представляется возможным;

– оптимизация главного из многих критериев. При таком подходе один из критериев, наиболее важный с точки зрения конструктора, объявляют в качестве единственного, а все остальные заменяют ограничениями. Но, как правило, указать главный критерий зачастую составляет собственную проблему;

– последовательная оптимизация всех критериев, реально представляющая бесконечный процесс последовательного улучшения изделия по каждому из критериев. Если учесть, что в большинстве реальных задач критериев много и среди них всегда есть антагонистические, то ясно, что процесс оптимизации будет сильно зависеть от конкретного подхода, последовательности оптимизации и квалификации конструктора.

Выход из создавшегося положения дел заключается в изменении методологии проектирования СВВТ и переходе на CALS-технологии (англ. Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла). Русскоязычный аналог понятия CALS – ИПИ (информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий).

CALS-технологии – современный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоёмкой продукции, заключающийся в использовании компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия. За счет непрерывной информационной поддержки обеспечиваются единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции, поставщиков/производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала. Информационная поддержка реализуется в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п.

Практикой доказано, что сегодня успех на рынке сложной технической продукции немислим вне технологий CALS.

Развитие CALS-технологий приводит к появлению так называемых виртуальных производств, в которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределён во времени и пространстве между многими организационно-автономными проектными бюро-подрядчиками. Среди несомненных достижений CALS-технологий следует отметить лёгкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Построение открытых распределённых автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности составляет основу современных CALS-технологий. Главная проблема их

построения — обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки её представления являются стандартизированными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделённых во времени и пространстве и использующих разные CAD/CAM/CAE-системы.

Одна и та же конструкторская документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация — адаптирована к разным производственным условиям, что позволяет существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства.

Кроме того, упрощается эксплуатация систем.

В ряде зарубежных источников данную аббревиатуру представляют, как Computer Aided Acquisition and Logistic Support. В 1985 году Министерство обороны США объявило планы создания глобальной автоматизированной системы электронного описания всех этапов проектирования, производства и эксплуатации продуктов военного назначения. За прошедшие годы CALS-технология получила широкое развитие в оборонной промышленности и военно-технической инфраструктуре Министерства обороны США. По имеющимся данным это позволило ускорить выполнение НИОКР на 30 – 40%, уменьшить затраты на закупку военной продукции на 30%, сократить сроки закупки ЗИП на 22%, а также в 9 раз сократить время на корректировку проектов. Через несколько лет все данные об этой системе были засекречены и изъяты из открытых источников.

Чуть позже в России была создана подобная система, получившая название «АСОНИКА®» – Автоматизированная Система Обеспечения Надежности и Качества Аппаратуры.

Одним из ярких примеров эффективного использования современных информационных технологий (CALS/ИПИ-технологий и др.) является создание на их основе системы нормативно-информационного обеспечения (СНИО) жизненного цикла изделия (ЖЦИ), начиная от научных исследований и маркетинга и заканчивая утилизацией изделия.

Основой изменения методологии проектирования РЭА СВВТ должна стать разработка новых методов конструирования, отличающихся от прижившихся сегодня тем, что искомые параметры элементов будущей конструкции определяются исключительно в результате расчетов (пусть даже приближенных), исходя из наложенных на изделие ограничения.

Примерами таких ограничений могут быть надежность, стоимость, габаритные размеры, вес, максимальная температура и пр.. Возникает традиционный вопрос: какое ограничение является более важным и должно приниматься во внимание в первую очередь?

Ответ становится очевидным, если проанализировать рис. 1 – температура, так как максимальное количество отказов происходит по её вине.

И такой подход к разработке РЭА уже есть [5 – 7]. Новый подход к вопросам проектирования конструкции РЭА [6] создан на основе общего аналитического решения уравнения теплопроводности анизотропного тела формы параллелепипеда с объёмным внутренним источником энергии  $W$  аналогичной формы, при нулевых начальных и граничных условиях III рода, полученного впервые [7]:

$$\begin{aligned} \vartheta(x, y, z, \tau) = & \\ = \sum_{a_x=1}^{\infty} \sum_{a_y=1}^{\infty} \sum_{a_z=1}^{\infty} & \frac{64WT_{a_i}(\tau)}{\sum_{i=x,y,z} \left(\frac{\mu_{a_i}}{L_i}\right)^2 \lambda_i + q} \times \quad (1) \\ \times \prod_{i=x,y,z} & \frac{\sin \mu_{a_i} \frac{p_i}{L_i} \cos \mu_{a_i} \left(\frac{i}{L_i} - \frac{1}{m_i}\right) \cos \left(\frac{r_i}{L_i} - \frac{1}{m_i}\right)}{\mu_{a_i} + \sin \mu_{a_i} \cos \mu_{a_i} \left(1 - \frac{2}{m_i}\right)}, \end{aligned}$$

где  $\vartheta(x, y, z, \tau)$  – перегрев, град ( $\vartheta = t - t_c$ );

$t, t_c$  – искомая температура и температура среды, град;

$W$  – удельная мощность рассеивания источника энергии, Вт/м<sup>3</sup>;

$T_{a_i}(\tau)$  – функция разогрева источника (при стационарном температурном режиме работы  $\tau \rightarrow \infty$  и  $T_{a_i}(\tau) = 1$ ):

$$T_{a_i}(\tau) = 1 - \exp \left( -\frac{\tau}{C\gamma} \left[ \sum_{j=x,y,z} \left(\frac{\mu_{a_j}}{L_j}\right)^2 \lambda_j + q \right] \right);$$

$q$  – коэффициент температурной зависимости источников тепла;

$\mu_i$  – корни характеристического уравнения

$$\operatorname{ctg} \mu_i = \frac{\mu_i^2 - Bi_{1i} Bi_{2i}}{\mu_i (Bi_{1i} + Bi_{2i})};$$

$Bi_i = \frac{k_i}{\lambda_i} L_i$  – критерий Био;

$Bi_{1i}, Bi_{2i}$  – критерии Био на противоположных гранях параллелепипеда вдоль  $i$ -й координаты;

$k_i$  – суммарный коэффициент теплообмена, Вт/м<sup>2</sup>град<sup>-1</sup>;

$\lambda_i$  – коэффициент эффективной теплопроводности, Вт/м град<sup>-1</sup>;

$L_i$  – соответствующий координате  $i$  размер параллелепипеда, м;

$i = x, y, z$  – координаты, м.

Решение получено путём замены независимых переменных, классических преобразований координат и функции температуры с использованием метода разделения переменных.

На основе (1) было получено обратное решение уравнения теплопроводности [7], сущность которого заключается в определении теплофизических и конструктивных параметров проектируемой РЭА по значениям температуры, заданной в выбранных точках внутри конструкции. Обосновано, что при разработке конструкции РЭА в качестве основного критерия проектирования необходимо брать тепловой режим и его основную характеристику – температуру перегрева. Все остальные показатели и критерии могут быть выражены через параметры конструкции, полученные исходя из условий обеспечения заданного температурного режима изделия, и могут выступать в качестве ограничений для искомых параметров конструкции. В основу предложенной методики проектирования РЭА положен расчет таких значений конструктивных параметров изделий, реализация которых в процессе проектирования позволяет гарантированно без доработок получить конструкцию изделия, отвечающую заданным требованиям по температурному режиму.

Важнейшим рычагом при решении перечисленных задач является выполнение конструкторской документации в электронной форме на основе технологий CALS/ИПИ-технологий.

В современных условиях конструкторская документация является наиболее ценным товаром, особенно если она выполнена в электронной форме. Электронная форма выполнения документации является важнейшим фактором повышения качества и конкурентоспособности изделий на отечественном и международном рынках.

Иллюстрацией ценности разработанной по стандартам ЕСКД конструкторской документации как товара может служить факт продажи Россией конструкторской документации только на планер самолета Як-130 множественного назначения (самолет-разведчик, учебно-тренировочный, легкий штурмовик, беспилотный разведывательный самолёт, беспилотный штурмовик) итальянскому авиационному концерну Alenia Aermacchi за 77 млн. долларов. Потребность в таких самолетах на рынке была оценена в несколько тысяч единиц.

**Испытания** – одна из наиболее трудоемких и дорогостоящих процедур программ обеспечения надежности РЭА СВВТ. Эффективность системы испытаний на надежность и устойчивость РЭА определяется следующими основными ее составляю-

щими – нормативно-методическим и техническим обеспечением и подготовкой высококвалифицированных специалистов в области планирования, проведения и технического обеспечения испытаний.

Оценку современного состояния нормативно-методического обеспечения системы испытаний на надежность и устойчивость к воздействию внешних факторов можно провести на основе анализа перспективных требований к испытаниям и методов испытаний РЭА на воздействие климатических и механических факторов, регламентированных комплексом государственных военных стандартов:

"Мороз-5" – система стандартов СССР 1976 г., определяющих требования к ВТ (ГОСТ В 20.39) и методы испытаний на соответствие этим требованиям (ГОСТ В 20.57).

"Климат-6" (ГОСТ В 20.39.4, ..., ГОСТ В 20.57.4, ...) – система стандартов СССР 1981 г., дополняющая и развивающая "Мороз-5".

"Мороз-6" – система стандартов 1998 г., определяющих требования к ВТ (ГОСТ РВ 20.39) и методы испытаний на соответствие этим требованиям (ГОСТ РВ 20.57).

"Климат-7" (ГОСТ РВ 20.39.4, ..., ГОСТ РВ 20.57.4, ...) – система стандартов 1997-98 г.г., дополняющая и развивающая "Мороз-5" и "Мороз-6".

В комплекс военных стандартов (КВС) "Мороз-6" (введен в действие с 01.01.99 г.) включены пять категорий контрольных испытаний (предварительные и государственные – для опытных образцов; периодические, приемосдаточные и типовые – для серийной продукции) и несколько десятков видов испытаний, в том числе 23 – на устойчивость к воздействию климатических и 18 – механических факторов, а также испытания на надежность – безотказность, долговечность и сохраняемость, испытания на устойчивость к биологическим и специальным средам, к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений и испытания на безопасность.

При этом для обеспечения требуемого уровня надежности режимы достоверных испытаний должны быть, с одной стороны, адекватны эксплуатационным, а с другой – за сравнительно короткое время подтверждать возможность выполнения заданных требований в течение всего установленного срока эксплуатации.

Однако нет необходимости доказывать, что затраты на проведение полноценных и достоверных испытаний окупаются за счет снижения числа отказов РЭА в эксплуатации, которые приводят, в лучшем случае, к незапланированным затратам на их устранение (в сотни раз превышающим стоимость испытаний), а в худшем – к срыву выполнения боевой задачи образцом ВВТ.

Эффективность системы испытаний на надежность и устойчивость РЭА определяется двумя основными ее составляющими – нормативно методическим и техническим обеспечением. Эти вопросы освещены в [1 – 3].

В новом КВС "Мороз-6" уделено повышенное внимание проведению исследовательских и отбраковочных испытаний. Исследовательские испытания, к которым относятся отработочные, доводочные, граничные, провоцирующие и другие, как правило, проводятся на стадии проектирования, при испытании макетов или составных частей и опытных образцов. Эти виды испытаний направлены на выявление "слабых" элементов и узлов, в ходе их отрабатывается конструкция РЭА, уточняются режимы контрольных и приемосдаточных испытаний.

Исследовательские испытания необходимы при отработке нового, особенно впервые разрабатываемого изделия, и проводятся Главным конструктором. По времени они не регламентированы и проходят, как правило, до тех пор, пока Главный конструктор не убедится в том, что выбранные им принципы проектирования и схемные решения позволят разработать изделие с параметрами, удовлетворяющими требованиям ТЗ. Он же определяет объемы и режимы этих испытаний. Кроме того, исследовательские испытания проводятся также и в случае значительной корректировки рабочей конструкторской документации и доработки опытных образцов по результатам государственных испытаний.

Оценку современного состояния технического обеспечения системы испытаний на надежность и устойчивость к воздействию внешних факторов можно провести на основе анализа обеспеченности испытательных баз предприятий оборонного комплекса техническими средствами испытаний (ТСИ) с целью проверки их соответствия современным требованиям стандартов КС "Мороз-6" и "Климат-7". Анализ показал:

– из-за сокращения объемов оборонного заказа существенно снизились объемы испытаний, и, как следствие, на предприятиях уменьшилась численность специалистов в области планирования, проведения и технического обеспечения испытаний, причем, в первую очередь, высококвалифицированных специалистов: в основном это сотрудники предпенсионного и пенсионного возраста;

– парк средств испытаний и метрологического обеспечения за последние 9 – 10 лет на предприятиях оборонного комплекса практически не обновлялся; многие технические средства находятся в нерабочем состоянии из-за отсутствия запасных деталей, а также из-за отсутствия персонала, способного отремонтировать и поверить эти средства;

– на ряде предприятий не используются ТСИ списываются или в лучшем случае продаются с целью получения дополнительного финансирования и избавиться от дополнительных затрат на обслуживание неиспользуемых основных средств. В результате создаются субъективные предпосылки для необратимого процесса развала служб испытаний.

## Выводы

Подводя итог результатам анализа современного состояния вопросов обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры средств вооружения и военной техники как основы увеличения жизненного цикла и устойчивости РЭА можно сделать следующие выводы:

– с целью использования современных информационных технологий требуют особого внимания, пересмотра и развития документы по стандартизации, устанавливающие требования к оборонной продукции;

– задача разработки научных основ конструирования РЭА и изменение методологии проектирования стоит на повестке дня очень остро и заключается, в отличие от традиционного подхода, в использовании методов синтеза конструктивных параметров аппаратуры исходя из заданных ограничений и переходе на CALS-технологии; данная задача неразрывно связана с современной подготовкой высококвалифицированных конструкторских кадров;

– современное нормативно-методическое обеспечение испытаний на надежность и устойчивость соответствует передовому отечественному и зарубежному опыту. Существует достаточно эффективная система требований и методов испытаний аппаратуры и электрорадиоизделий военного назначения, реализованная в виде стандартов КС "Мороз-6", "Климат-7" и нескольких десятков обеспечивающих документов второго уровня. Перспективным направлением развития можно считать разработку и внедрение расчетных методов оценки соответствия заданным требованиям отбраковочных испытаний;

– техническое оснащение испытательным оборудованием предприятий оборонного комплекса следует признать неудовлетворительным. Сложившаяся ситуация в значительной мере обусловлена недостаточным, а в последние годы практически полным прекращением целевого финансирования разработок и закупок технических средств испытаний, недостаточным вниманием руководства предприятий и представителей заказчика на местах вопросам переоснащения испытательной базы, а также отсутствием отечественной машинострои-

тельной базы разработки и производства технических средств испытаний;

– особую остроту приобретает проблема с кадровым обеспечением испытательных подразделений. На сегодня ситуация такова – при современном дефиците квалифицированных специалистов конструкторские и испытательные подразделения в ближайшие пять лет потеряют еще до 50% своего состава, причем наиболее опытных и подготовленных работников.

### Рекомендации

Вопросы технического обеспечения системы испытаний на надежность и устойчивость к воздействию внешних факторов требуют незамедлительного решения. Возможно, одним из путей его решения (по сути дела создания заново) является организация испытательных подразделений для предприятий оборонного комплекса на основе высших учебных заведений (гражданских и военных), имеющих статус исследовательских учреждений, например НТУ ХПИ. В этом случае ВУЗ получает постоянное дополнительное государственное финансирование по линии оборонной промышленности, позволяющее развивать науку, создавать и поддерживать современные испытательные лаборатории и готовить соответствующие гражданские и военные кадры высшей квалификации.

Результаты испытаний станут независимыми и достоверными.

### Список литературы

1. Швыдун В.В. Актуальные вопросы организации работ по метрологической экспертизе вооружения и

военной техники / В.В. Швыдун // ВОЕННАЯ МЫСЛЬ. – 2008. – № 2. – С. 55-58.

2. Животкевич И.Н. Надежность технических изделий / И.Н. Животкевич, А.П. Смирнов. – М.: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. – 472 с.

3. Писарев В. Система испытаний – основа обеспечения надежности РЭА / В. Писарев, М. Критенко, В. Постнов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2002. – № 5. – С. 32-35.

4. Азаренков В.И. Анализ методов обеспечения заданного теплового режима. Вопросы проектирования конструкции РЭА / В.И. Азаренков // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х.: «Технологічний центр», 2012. – № 4/4(58). – С. 50-56.

5. Азаренков В.И. Проектирование радиоэлектронной аппаратуры заданной надежности / В.И. Азаренков // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х.: «Технологічний центр», 2005. – № 4/2(16). – С. 17-21.

6. Азаренков В.И. Разработка методов синтеза конструктивных параметров РЭА по тепловому критерию / В.И. Азаренков // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тез. доп. XXII Міжнародної науково-практичної конференції. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – Ч. IV. – С. 4.

7. Азаренков В.И. Аналитическое решение уравнения теплопроводности в задачах анализа и синтеза температурных полей радиоэлектронной аппаратуры: Дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / В.И. Азаренков. – Х., 2015. – 190 с.

Поступила в редколлегию 16.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Рубан. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ ЗАСОБІВ ОЗБРОЄНЬ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

В.І. Азаренков

Розглянуто основні фактори, що забезпечують надійність розроблюваної і випускається промисловістю військової техніки. Викладено результати аналізу методів проектування конструкцій апаратури та оптимізації її параметрів з метою збільшення надійнісних характеристик. Запропоновано інший підхід до процесу проектування. Наведено аналіз ефективності системи випробувань на надійність і стійкість РЕА. Розглянуто питання нормативно-методичного та технічного забезпечення випробувань нової техніки і підготовки висококваліфікованих фахівців. Запропоновано створення випробувальних підрозділів для підприємств оборонного комплексу на основі вищих навчальних закладів, що мають статус дослідницьких установ.

**Ключові слова:** надійність, проектування, випробування, радіоелектронна апаратура, військова техніка.

### TO ENSURING RELIABILITY OF RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT VEHICLES WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

V.I. Azarenkov

The main factors to ensure the reliability of developed and manufactured military equipment industry. The results of the analysis of methods of structural design of equipment and optimization of its parameters in order to increase naděžnostnyh characteristics. We propose a different approach to the design process. The analysis of the effectiveness of the tests on the reliability and stability of the CEA. The questions of normative-methodical and technical support testing of new equipment and training of highly qualified specialists. It proposed the creation of test units to defense enterprises on the basis of higher education institutions having the status of research institutions.

**Keywords:** reliability, design, test, electronic equipment, military equipment.