

**ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ СИСТЕМНОГО ОБОСНОВАНИЯ
ТРЕБОВАНИЙ К ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ С ЗРК**

д.т.н., проф. Б.Н. Ланецкий, А.А. Зверев

Рассматриваются общие положения методики системного обоснования требований к надежности радиоэлектронных средств зенитных ракетных комплексов, включающей обоснование выбора номенклатуры нормируемых показателей надежности и их величин для радиоэлектронных средств зенитного ракетного комплекса (ЗРК) и его составных частей.

Постановка проблемы. Вопросы задания обоснованных требований к надежности ЗРК остаются в числе важнейших и сложных проблем, решаемых при определении облика ЗРК, разработке технического задания (ТЗ) и технических предложений или при модернизации ЗРК, и являются особенно актуальными.

В действующих государственных стандартах, разработанных в разное время применительно к различным изделиям военного назначения (ИВН), указанные вопросы не рассмотрены достаточно полно и четко, что не позволяет однозначно и обоснованно выбирать номенклатуру и уровень показателей надежности (ПН) конкретных ИВН. Понятно, что такие задачи должны решаться отраслевыми стандартами применительно к конкретным видам ИВН, например к ЗРК.

Процесс проектирования ЗРК, как и другой сложной технической системы, рассматриваемый как процесс проектных решений, можно разбить на три этапа: "внешнее проектирование", "формирование облика ЗРК", "внутреннее проектирование". В процессе внешнего проектирования основной проблемой является конкретизация целей и задач, которые должен решать комплекс, и предъявление требований к характеристикам и показателям качества ЗРК, обеспечивающим достижение этих целей, в том числе и к показателям надежности.

Задачей внутреннего проектирования по существу является реализация (в виде комплекса технических средств, узлов, агрегатов) основных конструктивных параметров ЗРК (облика), придающего ему требуемое качество. "Формирование облика" служит целям корректной "увяз-

ки“ требований ”внешнего проектирования“ с технологическими и конструкторскими возможностями ”внутреннего проектирования“. Одной из основных задач этапа ”формирования облика“ является генерирование (на уровне конструктивных параметров) множества альтернативных вариантов проектируемого ЗРК, с одной стороны, учитывающего возможности ”внутреннего“ проектирования, с другой стороны, удовлетворяющего (в рамках этих возможностей) требованиям ”внешнего“ проектирования. Фактически на этапе ”формирования облика“ строится корректное в вышеназванном смысле множество вариантов ЗРК, среди которых следует искать вариант, обеспечивающий достижение целей, поставленных на уровне внешнего проектирования.

Для корректного решения задачи обоснования требований к ПН ЗРК необходимо располагать соответствующей методикой, позволяющей решать эту задачу совместно с обоснованием требований к другим ГТХ ЗРК, что, в свою очередь, требует применения методов системного анализа, исследования операций и др.

Анализ литературы. Современные методы проектирования ЗРК при обосновании показателей функционального назначения, структурно-функциональной схемы, решении других задач проектирования применяют методы системного анализа [1, 2]. Однако известные методы и методики обоснования требований к надежности РЭС ЗРК практически не используют системные принципы. Как правило, задают требования к техническим показателям надежности РЭС ЗРК (средняя наработка на отказ, среднее время восстановления), исходя из заданной величины стационарного коэффициента оперативной готовности (КОГ) ЗРК, которая, в свою очередь, задается по допустимому снижению эффективности функционирования ЗРК при стрельбе по одиночной цели. При этом учитываются только режим ожидания использования ЗРК по назначению во включенном состоянии и собственно боевое использование в течение фиксированной продолжительности боевой работы, как правило, равной продолжительности цикла стрельбы ЗРК. Другие режимы использования ЗРК по назначению: свертывание и перемещение на новую огневую позицию (ОП), развертывание, продолжительное пребывание в режиме ожидания использования по назначению в выключенном состоянии, периодические контроли функционирования и др. не учитываются. Используемый при обосновании ПН стационарный КОГ не полностью учитывает основные особенности использования ЗРК по назначению в группировке ЗРО и является практически нечувствительным к изменению показателей назначения ЗРК, что в частности, не позволяет кор-

ректно проводить сравнительный анализ эффективности и надежности конкурирующих вариантов ЗРК.

Для учета перечисленных выше факторов и корректного решения названных выше задач необходима разработка методики системного обоснования требований к показателям надежности РЭС ЗРК применительно к разрабатываемому или модернизируемому ЗРК.

Цель статьи. Разработать общие положения методики системного обоснования требований к показателям надежности радиоэлектронных средств зенитного ракетного комплекса, обеспечивающей решение этой задачи совместно с обоснованием требований к другим ТТХ ЗРК и сравнительный анализ конкурирующих вариантов ЗРК.

Основные положения методики. В предлагаемой методике ЗРК представлен сложной технической системой, которая, в свою очередь, является подсистемой более высокого уровня иерархии – группировки зенитной ракетной обороны (ЗРО); цели функционирования проектируемого ЗРК подчинены целям ЗРО, а сам ЗРК – рассматривается как средство их достижения.

Требования к характеристикам ЗРК формулируются, исходя из назначения ЗРК в целом. При этом выполняется декомпозиция группировки зенитной ракетной обороны, как правило, состоящей из разнотипных ЗРК, а анализируемый ЗРК выделяется из группировки с учетом связей с соседними уровнями иерархии (рис. 1).

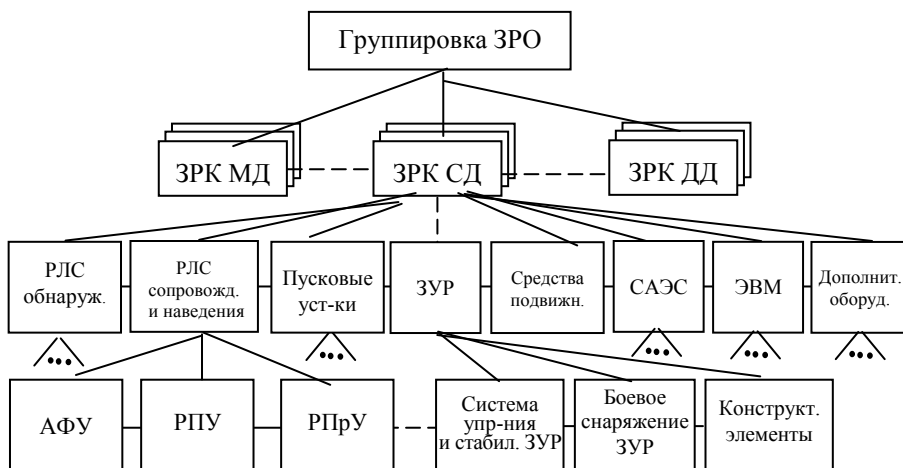


Рис. 1. Декомпозиция многоуровневой системы для разрабатываемого ЗРК

На рис. 2 приведена разработанная блок-схема методики системного обоснования требований к показателям надежности зенитных ракетных комплексов, которая предполагает многошаговую процедуру.

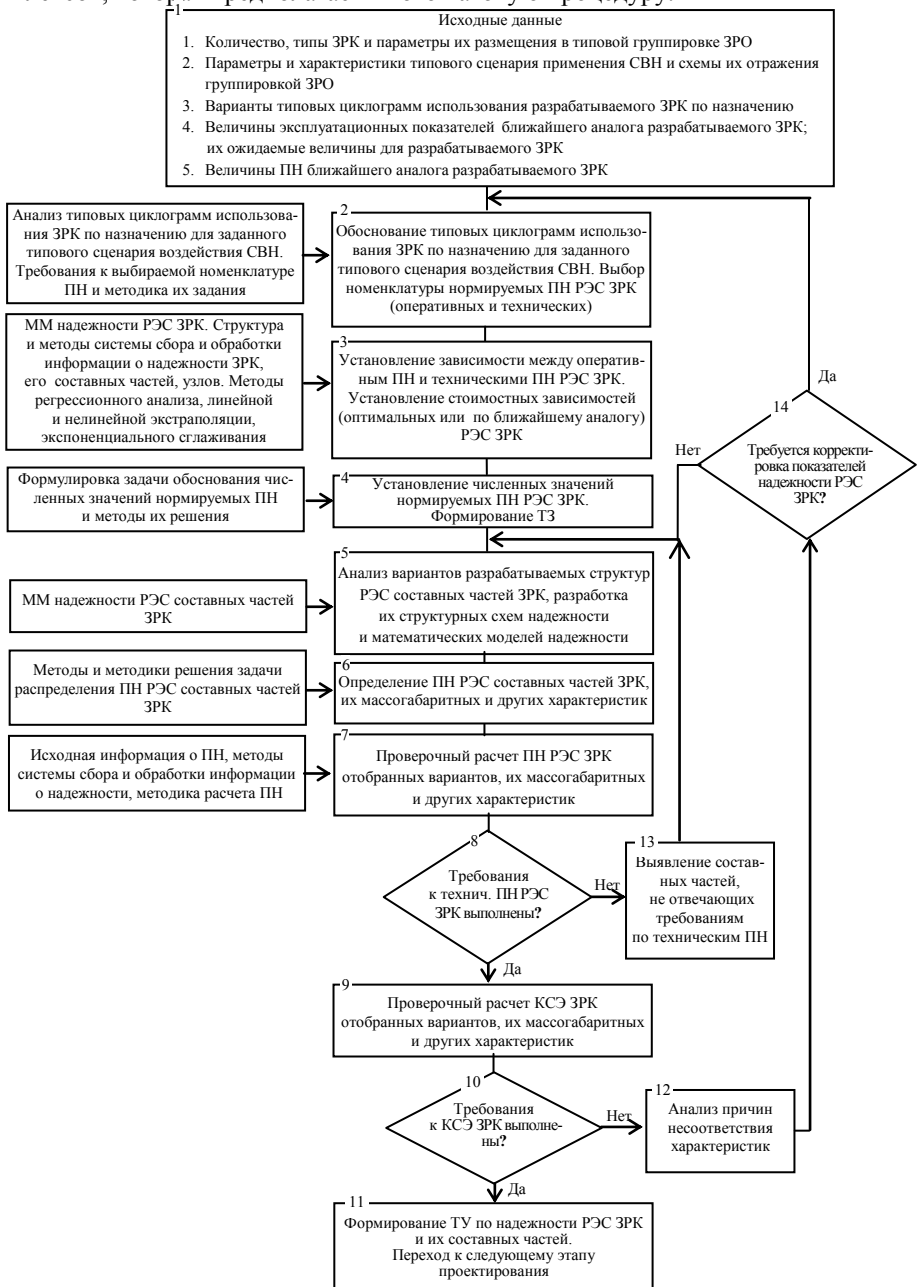


Рис. 2. Блок-схема методики системного обоснования требований к показателям надежности РЭС ЗРК

Значения характеристик и параметров, замещающих связь с уровнем группировки, задаются при определении тактико-технических требований на ЗРК. Задание тактико-технических требований к ЗРК производится путем решения задачи оптимизации облика группировки ЗРО по критериям этого иерархического уровня. При этом реализуется принцип системного анализа, предусматривающий согласование параметров отдельного ЗРК с параметрами группировки ЗРО. На этом этапе (бл. 1 – 4 рис. 2) обосновываются типовые циклограммы использования ЗРК по назначению для заданного типового сценария воздействия СВН, выбирается номенклатура нормируемых ПН РЭС ЗРК, устанавливаются зависимости между оперативными и техническими ПН РЭС ЗРК и зависимости $C(R)$ стоимостных показателей РЭС ЗРК от ПН (оптимальные или по ближайшему аналогу), численные значения нормируемых ПН РЭС ЗРК, формируется ТЗ.

Далее формулируются основные задачи, которые должны выполняться разрабатываемым ЗРК, и необходимая последовательность их решения. ЗРК рассматривается как сложная техническая система, в состав которой входят подсистемы: РЛС обнаружения и сопровождения воздушных целей и наведения ЗУР, пусковые установки для подготовки и управления пуском ЗУР, САЭС, средства подвижности вооружения (транспортировки) и др. Функционирование ЗРК разбивается на отдельные подзадачи, которые необходимы и достаточны для выполнения основных задач, составляется схема взаимодействия подсистем, реализующих выше сформулированные подзадачи, а затем сетевая модель их взаимодействия. Сетевая модель решения основных задач ЗРК представляет собой конечный ориентированный граф, ребра которого отражают отдельные этапы функционирования ЗРК (подзадачи), вершины графа – события, соответствующие окончанию решения определенной подзадачи. При этом выделяются два события: начальное (начало функционирования ЗРК) и конечное (окончания функционирования ЗРК). Составление сетевой модели необходимо для определения перечня подзадач и последовательности их выполнения, основных временных соотношений. На основании этой модели разрабатывается структурно-функциональная схема ЗРК, определяющая основные функциональные подсистемы ЗРК, их тип, компоновку. В качестве различных вариантов структурных схем ЗРК рассматриваются варианты систем управления наведением ЗУР и сопровождением цели, варианты размещения элементов ЗРК на одном или нескольких средствах подвижности и др.

На основании сетевой модели и структурно-функциональной схемы ЗРК составляется таблица, в которой каждой строке соответствует подсистема, а число элементов в строке равно числу принципиально возможных вариантов подсистем. Далее строятся принципиально возможные варианты ЗРК. Так как на степень выполнения основных задач ЗРК наложены определенные требования, то не все подсистемы могут быть “состыкованы”. Основная задача этого этапа – определение требований к функционированию отдельных подсистем, участвующих в работе ЗРК, исходя из степени их значимости для выполнения основных задач. При этом решается задача о принципиальной возможности построения ЗРК и задача распределения требований к ПН РЭС ЗРК по подсистемам. Далее рассматривается этап построения вариантов ЗРК с учетом технической реализации, т.е. строятся варианты технически реализуемых подсистем, которые, в свою очередь, позволяют построить варианты ЗРК. Для отобранных вариантов технических реализаций подсистем проводится расчет их ПН (бл. 5 – 8 рис. 2). При этом реализуется итерационный метод обоснования ПН подсистем ЗРК и выбор множества вариантов ЗРК, удовлетворяющих допустимым значениям по всем критериям, учитываемым при проектировании. Из отобранного множества вариантов выбирается компромиссный вариант проектируемой системы по совокупности критериев. Если такого множества не существует, то осуществляется переход на этап корректировки ТЗ.

Под корректировкой ТЗ понимается изменение допустимых значений ТТХ хотя бы по одному из заданных критериев. Если корректировка ТЗ произведена, то повторяются соответствующие этапы исследования; в противном случае – изменяются требования к ЗРК и его подсистемам; предлагается разработка новых подсистем, либо элементов их технической реализации.

При анализе вариантов разрабатываемых структур РЭС составных частей ЗРК осуществляется проверочный расчет ПН, массогабаритных и других характеристик ЗРК отобранных вариантов (бл. 7, 9 рис. 2), формируются технические условия по надежности РЭС ЗРК и их составных частей (бл. 11 рис. 2).

В качестве оперативного ПН ЗРК предложен коэффициент сохранения эффективности и разработана математическая модель его расчета. Предложен перечень нормируемых технических ПН РЭС ЗРК, включающий в себя: среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления, вероятность безотказного включения и вероятность безотказного маневра.

В методике используются разработанные математические модели надежности РЭС ЗРК в целом РЭС составных частей ЗРК [3, 4], а также известные методы регрессионного анализа, линейной и нелинейной экстраполяции, экспоненциального сглаживания, информация о надежности ближайших аналогов РЭС ЗРК и его составных частей.

Таким образом, предложенная методика определяет набор исходных данных, основные задачи, последовательность их решения, совокупность моделей, используемых при обосновании, и выходные данные методики.

Выводы. Разработанная методика системного обоснования требований к показателям надежности РЭС ЗРК, в отличие от известных, использует принципы системного анализа, обеспечивает совместное согласованное обоснование требований к показателям надежности РЭС ЗРК в целом и его составных частей при фиксированных затратах на разработку и функционирование ЗРК и максимальном коэффициенте сохранения эффективности функционирования ЗРК группировки ЗРО или минимальных затратах с выполнением требований к КСЭ. Данная методика позволяет обосновывать требования к ПН ЗРК совместно с другими ТТХ, проводить сравнительный анализ надежности различных вариантов ЗРК на этапах их проектирования или модернизации и осуществлять выбор компромиссного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалевич В.С., Волкович В.Л. *Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем.* – М.: Наука, 1982. – 287 с.
2. Эйрес Р. *Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование.* – М.: Мир, 1971.
3. Ланецкий Б.Н., Зверев А.А. *Математическая модель надежности радиоэлектронных средств мобильного ЗРК // Системы обработки информации. Зб. наук. пр. – Х: ХВУ. – 2003. – Вып. 1. – С. 183 – 186.*
4. Зверев А.А. *Модель надежности функционирования ЗРК при стрельбе по одиночной цели // Системы обработки информации. Зб. наук. пр. – Х: ХВУ. – 2003. – Вып. 3. – С. 180 – 183.*

Поступила 18.09.2003

ЛАНЕЦКИЙ Борис Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ХВУ. Область научных интересов – эксплуатация, надежность и эффективность в технике.

ЗВЕРЕВ Алексей Алексеевич, инструктор-инженер учебной лаборатории кафедры ХВУ. Область научных интересов – эксплуатация, надежность и эффективность в технике.