

## МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗРК ПРИ СТРЕЛЬБЕ ПО ОДИНОЧНОЙ ЦЕЛИ

А.А. Зверев

(представил д.т.н., проф. Б.Н. Ланецкий)

*Предлагается модель надежности функционирования зенитного ракетного комплекса, учитывающая неодновременность использования его средств и различную кратность их резервирования.*

**Постановка задачи.** Функционирование средств зенитного ракетного комплекса (ЗРК) (многоканальной станции наведения ракет (МСНР), аппаратуры подготовки зенитных управляемых ракет (ЗУР) и управления их стартом, пусковых установок (ПУ) и др.) происходит по определенному технологическому циклу с неодновременным их использованием. Кроме того, в зависимости от решаемой задачи боевого использования (б.и.) ЗРК (стрельба по одиночной цели, групповой цели, по потоку целей из состава заданного удара СВН и др.) меняется кратность резервирования его средств. Для сравнительного анализа конкурирующих вариантов ЗРК на этапе их разработки или модернизации необходимо корректно учитывать вышеназванные особенности функционирования средств ЗРК, что требует, в свою очередь, разработки соответствующих моделей надежности.

**Анализ литературы.** Известные модели надежности ЗРК, в том числе [1 – 3], не учитывают разновременность использования его различных средств и получены, в основном, для фиксированных требований к их работоспособности, не изменяющихся в зависимости от режимов б.и. При этом получаемые оценки показателей надежности (ПН) ЗРК малочувствительны к технологическому процессу функционирования средств ЗРК, что, в свою очередь, не позволяет проводить сравнительный анализ различных вариантов построения проектируемых ЗРК или их модернизации.

**Цель статьи.** Разработать модель надежности для средств ЗРК при стрельбе по одиночной цели, учитывающую неодновременность их использования и различную кратность резервирования.

При решении задач боевого использования с учетом уровней резервирования ЗРК с точки зрения функциональных особенностей целесооб-

разно представлять в виде МСНР и стартовых средств и рассматривать их функционирование в режиме ожидания б.и. и режиме б.и. Последний режим определяется различными требованиями к работоспособности средств ЗРК, что характеризуется соответствующими уровнями резервирования.

Режим б.и. разделяется на следующие временные интервалы – интервал от момента выдачи целеуказания по назначенной для обстрела цели до момента пуска ракет и интервал от момента пуска ракет до момента окончания оценки результатов стрельбы.

В предлагаемой модели надежности ЗРК разработаны структурные схемы надежности МСНР и стартовых средств применительно к режимам б.и. на примере зенитной ракетной системы С-300В1 [4].

В ЗРК наименее надежным элементом является МСНР.

В структурной схеме надежности МСНР необходимо учитывать особенности конструктивно-функционального исполнения устройств МСНР и условий их работоспособности, а также режимов функционирования.

В связи с этими особенностями функционирования устройств МСНР и условий их работоспособности структурную схему надежности МСНР можно представить в виде последовательного соединения двух элементов, эквивалентным составным частям МСНР: СЧ-1 и СЧ-2, где СЧ-1 включает в себя радиопередающее устройство (РПУ), антенно-волноводное устройство (АВС), систему управления лучом (СУЛ), радиоприемное устройство (РПрУ) и вычислительный комплекс (ВК), а СЧ-2 – устройства обработки информации о целях (УОИЦ) и ракетах (УОИР).

Очевидным является неизменность условий работоспособности СЧ-1 для всех рассматриваемых режимов функционирования МСНР. Для СЧ-2 условия работоспособности зависят от режимов функционирования МСНР и этапов боевой работы.

В режиме ожидания боевого использования структурная схема надежности МСНР представлена в виде последовательно соединенных УОИЦ и УОИР, каждый из которых состоит из последовательно соединенных элемента общеканального устройства и группы из  $n$  основных элементов канальной части и нагруженного скользящего резерва из  $m = N - n$  элементов. При этом каждый из резервных элементов заменяет любой из отказавших основных элементов путем дополнительных переключений.

На этапе б.и. после пуска ракет замена основного целевого канала в случае его отказа (в отличие от предыдущего этапа б.и.) невозможна, поэтому работоспособность канальной части УОИЦ обеспечивается одним основным каналом без резервирования.

Работоспособность канальной части УОИР в режиме б.и. после пуска ракет обеспечивается работоспособностью одного из двух используемых ракетных каналов, а второй рассматривается как постоянный резерв.

Структурная схема надежности УОИЦ СЧ-2 в режиме б.и. до пуска ракет представлена на рис. 1 в виде последовательно соединенных элемента 1 общеканальной части и группы из одного основного элемента 2 канальной части и нагруженного резерва замещением  $m_{ц}$  элементов 2, а структурная схема надежности УОИР – в виде последовательного соединения элемента 3 общеканальной части и группы из двух основных элементов 4 каналов и нагруженного скользящего резерва из  $m_p$  элементов 4.

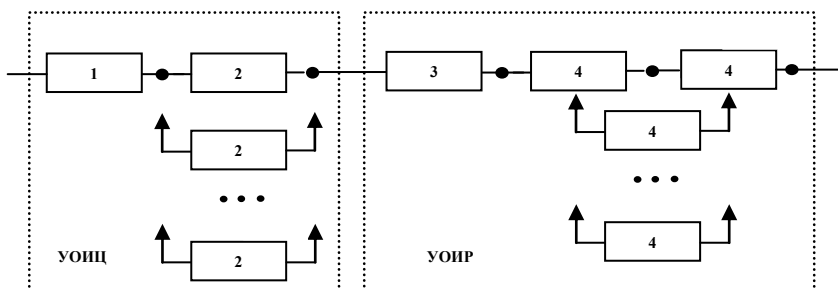


Рис. 1. Структурная схема надежности СЧ-2 МСНР в режиме боевого использования до пуска ракет при стрельбе двумя ракетами по одиночной цели

Структурная схема надежности СЧ-2 МСНР в режиме б.и. после пуска ракет при стрельбе очередью из двух ракет по одиночной цели представляется в виде: для УОИЦ в виде системы из последовательно соединенных элементов 1 (общеканальной части) и 2 (целевого канала канальной части УОИЦ); для УОИР в виде последовательно соединенных элементов 3 (общеканальной части) и дублированной системы из элементов 4 (ракетных каналов УОИР) с кратностью резервирования 1:1.

Структурная схема надежности стартовых средств определяется условиями работоспособности в различных режимах функционирования и вариантами назначения каналов ПУ на обстреливаемую цель, которые зависят от количества используемых ПУ и количества ракет, поставленных на предстартовую подготовку.

Структурную схему надежности стартовых средств в режиме ожидания б.и. можно представить в виде последовательного соединения элемента общеканальной части и системы со скользящим резервированием из  $n_{ПУ}$  основных элементов и  $m_{ПУ} = N_{ПУ} - n_{ПУ}$  резервных в нагруженном режиме.

В режиме б.и. условия работоспособности и структурные схемы надежности стартовых средств будут зависеть от количества используемых ПУ и количества ракет, поставленных на предстартовую подготовку.

Математические модели надежности ЗРК представляют собой расчетные соотношения показателей надежности ЗРК, получаемые с использованием метода структурных схем надежности (ССН). Структурные схемы надежности средств ЗРК в различных режимах функционирования представляют собой последовательно-параллельное соединение элементов с нагруженным резервированием с различным способом включения резерва: постоянным, замещением и скользящим, поэтому расчет ПН ЗРК сводится к определению основных ПН по известным ПН его элементов с помощью метода ССН [1].

**Выводы.** Таким образом, представлена адаптированная к различным режимам боевого использования и заданным условиям обстрела цели модель надежности функционирования для средств ЗРК, которая совместно с известным методом расчета надежности позволяет более полно учитывать неодновременность их использования и различную кратность резервирования. Учет данных особенностей позволяет более обоснованно предъявлять требования к ПН ЗРК, проводить сравнительный анализ различных вариантов ЗРК на этапах их проектирования или модернизации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ланецкий Б.Н. Основы теории надежности, эксплуатации и ремонта радиоэлектронной аппаратуры зенитных ракетных систем: Справочные материалы. – Х.: ХВУ, 1998. – 400 с.
2. Ковтуненко А.П. Основы теории надежности, технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники. – Х.: ВИРТА, 1992. – 170 с.
3. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. – М.: Воениздат, 1980. – 294 с.
4. Муращенко Н.К., Насонов Г.И., Криворучко С.В. Общие сведения о ЗРС 9К81-1 и МСНР 9С32: Учебное пособие. – К.: КВЗРИУ, 1988. – 144 с.

Поступила 30.04.2003

**ЗВЕРЕВ Алексей Алексеевич**, адъюнкт Научного центра Войск ПВО. В 1997 году окончил ХВУ по программе ВИРТА ПВО. Область научных интересов – эксплуатация, надежность и эффективность в технике.