

КОЭФФИЦИЕНТ СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗРК И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО РАСЧЕТУ

Б.Н. Ланецкий, А.А. Зверев, С.Н. Донцов
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Введено понятие коэффициента сохранения эффективности (КСЭ) зенитного ракетного комплекса (ЗРК), приведены его частные определения за различные интервалы эксплуатации и основные положения по расчету КСЭ

зенитный ракетный комплекс, коэффициент оперативной готовности, коэффициент сохранения эффективности, модель надежности

Постановка проблемы. На всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) (исследования и обоснования разработки, разработки, производства, эксплуатации и ремонта) необходимо решать различные задачи научно-технического сопровождения (НТС) ЗРК, связанные с заданием требований к ЗРК, контролем их выполнения и, при необходимости, последующей корректировкой. Опыт решения задач НТС и, в частности, обоснования и контроля выполнения требований к показателям качества ЗРК показывает, что большие погрешности решения задач “задание требований” и их контроля на последующих стадиях ЖЦ приводят к нерациональным затратам средств на обеспечение заданных требований на последующих стадиях ЖЦ ЗРК, либо на устранение ошибок, допущенных при задании требований [1]. Одна из причин этого – использование на этапах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и др. коэффициента оперативной готовности (КОГ) ЗРК, модели для расчета которого недостаточно полно учитывают типовые циклограммы использования ЗРК по назначению (ц.и.п.н.), особенно самоходного, основные режимы его эксплуатации и другие специфические особенности разрабатываемого ЗРК, которые становятся известными по мере его проектирования и разработки. Повысить качество решения задач НТС ЗРК можно, разработав новые комплексные показатели качества ЗРК и модели для их расчетов, позволяющие устранить вышеназванные недостатки.

Анализ литературы. В нормативно-технических документах и научно-технической литературе задание требований на этапе научно-исследовательских работ и контроль их выполнения на последующих стадиях ЖЦ проводится с использованием стационарного КОГ либо ко-

эffициента сохранения эffективности (КСЭ) ЗРК за продолжительность цикла боевой стрельбы, который фактически представляет собой стационарный КОГ [2, 3, 4, 5]. Эти показатели недостаточно полно характеризуют основные эксплуатационные состояния и режимы функционирования ЗРК, особенно самоходного, и в том числе режимы ожидания боевого использования (б.и.) в выключенном и включенном состояниях, режим б.и., режимы свертывания, перемещения на новую огневую позицию (ОП) и развертывания, приведения в готовность к б.и. из различных эксплуатационных состояний и др. Как правило, требования к безотказности и ремонтпригодности ЗРК с использованием этих показателей задаются завышенными, что, в свою очередь, приводит к неоправданным затратам на их обеспечение и подтверждение.

Цель статьи – конкретизировать понятие гостированного ПН “коэффициента сохранения эffективности” применительно к ЗРК различной степени мобильности для повышения качества решения задач их НТС и разработать общие положения по его расчету. При этом модель для расчета КСЭ ЗРК должна учитывать основные эксплуатационные состояния и режимы функционирования ЗРК, в том числе самоходного ЗРК, характеризующегося большим многообразием режимов использования по назначению.

Основной материал. Согласно [3] КСЭ объекта определяется как отношение показателя эffективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают. Применительно к ЗРК, эffективность количественно можно характеризовать как величину выходного эffекта, усредненную за определенную продолжительность функционирования, как правило большую, чем продолжительность цикла стрельбы по одиночной цели.

Конкретизируем понятие КСЭ для следующего варианта боевого применения самоходного ЗРК: ЗРК на каждой ОП применяется однократно по g -й группе средств воздушного нападения (СВН) s -го налета l -го массивованного удара (МУ), затем совершает маневр на новую ОП и применяется однократно по одной из групп СВН $s+1$ -го налета l -го МУ и т.д. (рис. 1).

Тогда КСЭ ЗРК группировки зенитной ракетной обороны (ЗРО) при однократном использовании по назначению (и.п.н.) на каждой ОП можно определить как отношение

$$K_{\text{эф}}^{\text{одн}} / \ell_{\text{sr}} = \frac{M \left[\begin{matrix} \xi \\ \zeta \\ \ell_{\text{sr}} \end{matrix} \right]_{\text{одн}}}{M_0 \left[\begin{matrix} \xi \\ \zeta \\ \ell_{\text{sr}} \end{matrix} \right]_{\text{одн}}}, \quad (1)$$

где $M[\xi_{\ell_{SR}}^{\text{ОДН}}]$ – математическое ожидание (м.ож.) числа уничтожаемых СВН $\xi_{\ell_{SR}}^{\text{ОДН}}$ из состава типового налета за рассматриваемый ℓ_{SR} -й интервал и.п.н.; $M_0[\xi_{\ell_{SR}}^{\text{ОДН}}]$ – номинальное значение этого показателя, вычисленное при условии, что ЗРК к началу интервала и.п.н. своевременно развертывается и обеспечивается требуемым количеством боеготовых ЗУР, работоспособен и в течение этого интервала не отказывает.

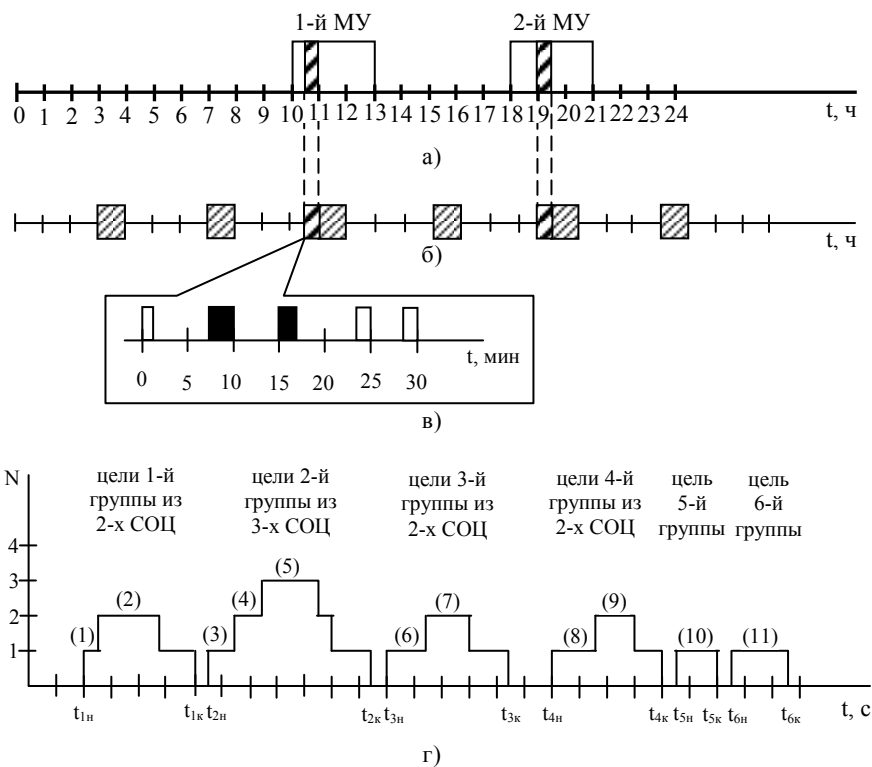


Рис. 1. Пример задания типового сценария воздействия СВН и циклограммы использования ЗРК по назначению:

- а) фрагмент типового сценария МУ СВН;
- б) циклограмма использования ЗРК по назначению при заданном типовом сценарии воздействия СВН;
- в) фрагменты налетов СВН в составе 1-го типового МУ СВН;
- г) временные параметры $[t_{ин}, t_{ик}]$ СВН s -го налета l -го МУ, в отражении которого принимает участие ЗРК (N – число целей в группе СОЦ; (1) – (11) – номера целей в группе СОЦ)

Можно показать, что величина $K_{\text{эф}}^{\text{одн}} / \ell_{\text{sr}}$, характеризует вероятность того, что ЗРК окажется в работоспособном состоянии в момент времени начала боевой работы по g -й группе совместно обстреливаемых целей (СОЦ) из состава l -го налета, при известном его состоянии (работоспособном или неработоспособном) в момент окончания КФ, проведенного в связи с объявлением боевой готовности к отражению l -го налета, или нестационарный полный КОГ ЗРК [2].

Введем понятия КСЭ для более длительных интервалов его эксплуатации: КСЭ ЗРК за g -й интервал и.п.н. l -го налета ($K_{\text{эф}}(l_{\text{sr}})$), КСЭ ЗРК за s -й налет l -го МУ ($K_{\text{эф}}(l_s)$), КСЭ ЗРК за l -й МУ СВН ($K_{\text{эф}}(l)$), КСЭ за интервал $(0, t_{\text{б.д.}})$ ($K_{\text{эф}}(t_{\text{б.д.}})$), включающий в себя несколько МУ, в отражении которых рассматриваемый ЗРК принимает участие многократно.

КСЭ ЗРК за вышеназванные интервалы определим как отношение соответствующих м.ож.:

$$K_{\text{эф}}(l_{\text{sr}}) = \frac{M[\xi_{l_{\text{sr}}}]}{M_0[\xi_{l_{\text{sr}}}]}, \quad (2)$$

$$K_{\text{эф}}(l_s) = \frac{M[\xi_{l_s}]}{M_0[\xi_{l_s}]}, \quad (3)$$

$$K_{\text{эф}}(l) = \frac{M[\xi_l]}{M_0[\xi_l]}, \quad (4)$$

$$K_{\text{эф}}(t_{\text{б.д.}}) = \frac{M[\xi(t_{\text{б.д.}})]}{M_0[\xi(t_{\text{б.д.}})]}, \quad (5)$$

где $\xi_{l_{\text{sr}}}$, ξ_{l_s} , ξ_l , $\xi(t_{\text{б.д.}})$ – случайное число СВН, уничтожаемых рассматриваемым ЗРК в составе группировки ЗРО, за g -й интервал б.и. l -го налета, за l -й налет, за l -й МУ и за интервал $(0, t_{\text{б.д.}})$ ведения боевых действий соответственно.

Расчет величин $M_0[\xi_{l_{\text{sr}}}]$, $M_0[\xi_{l_s}]$, $M_0[\xi_l]$ и $M_0[\xi(t_{\text{б.д.}})]$ предлагается осуществлять применительно к известной модели налетов СВН, совершаемых в составе МУ по заданному сценарию, и к конкретному типу ЗРК в составе группировки ЗРО по известной методике [1, 6] при идеальных характеристиках живучести и в предположении, что ЗРК своевременно развернут, работоспособен к началу отражения МУ и безотказно функционирует в течение его отражения. Для расчета номинальных значений м.ож. используются графоаналитические методы. При этом, в отличие от известных методик, налет разбивается на группы СОЦ. Под группой совместно обстреливаемых зенитным ракетным комплексом целей понимаются цели, по которым в рассматриваемом интер-

вале времени непрерывно выполняется одна из операций стрельбы, т.е. ЗРК в процессе обстрела целей из группы СОЦ не простаивает.

Количество групп СОЦ в составе l -го налета, их состав, потенциально реализуемое количество стрельб ЗРК по СВН l -го налета и интервалы $\left[t_{\text{ГН}}^{(l/s)}, t_{\text{ГК}}^{(l/s)} \right]$ боевой работы ЗРК по g -й группе СОЦ из состава l -го налета (рис. 1) определяются методом “протяжки” трасс СВН через зоны обстрела (зоны поражения) ЗРК группировки ЗРО. Показатели эффективности функционирования ЗРК по каждой цели из состава группы СОЦ рассчитываются с учетом занятости целевых и ракетных каналов и условий стрельбы.

Расчет величины м.ож. числа уничтоженных СВН с учетом надежности осуществляется по формуле полной вероятности, т.е. как сумма произведений вероятностей гипотез на условные м.ож. числа уничтожаемых СВН из состава соответствующих групп СОЦ l -го налета при выдвинутых гипотезах. При этом в качестве гипотез рассматриваются состояние полной работоспособности и состояния частичной неработоспособности боевых средств ЗРК в момент начала и в процессе обстрела соответствующих групп СОЦ. Для расчета вероятностей этих гипотез разрабатывается совокупность моделей надежности (МН) для различных интервалов эксплуатации, а именно: на интервалах между плановыми контролями функционирования (КФ) и техническими обслуживаниями; на интервалах ожидания б.и. в выключенном состоянии; на интервалах ожидания б.и. во включенном состоянии; на интервалах б.и. по группе СОЦ; на интервалах свертывания по окончании б.и. или по окончании максимального времени пребывания ЗРК на одной позиции; на интервалах перемещения на новую ОП и развертывания на ней и др.

Как правило, модели надежности на выделенных интервалах эксплуатации представляют собой полумарковское описание процессов отказов, восстановлений, периодических КФ и ТО, плановых использований ЗРК по назначению, боевого использования и др.

Предлагаемые МН ЗРК, в отличие от известных, описывают процессы эксплуатации мобильного ЗРК применительно к моделям налетов СВН, совершаемых по заданному сценарию МУ СВН, на интервалах эксплуатации, включающих один или несколько типовых циклов использования ЗРК по назначению с учетом множества эксплуатационных состояний (при нахождении на одной огневой позиции, при свертывании, перемещении и развертывании и др.) и соответствующих режимов эксплуатации.

КСЭ за рассматриваемые интервалы эксплуатации рассчитываются по соотношениям (1) – (4), т.е. как отношение вычисленных значений м.ож. M и M_0 .

Выводы. Для повышения качества решения задач НТС ЗРК предложено использовать оперативно-тактический показатель – КСЭ ЗРК, конкретизировано его понятие для различных интервалов эксплуатации. Разработаны общие положения по его расчету, включающие в себя совокупность МН, которые описывают основные режимы эксплуатации самоходного ЗРК для различных интервалов эксплуатации до объявления боевой готовности (на интервалах между плановыми КФ и ТО) и после ее объявления для отражения налетов СВН в группировке ЗРО и расчет величин м.ож. с учетом показателей назначения и показателей надежности. Сравнительный анализ результатов расчетов показателей эффективности функционирования ЗРК по стационарному КОГ и предлагаемому КСЭ показывает целесообразность использования предлагаемого КСЭ при решении задач НТС ЗРК, связанных с заданием требований к ЗРК, контролем их выполнения и последующей корректировкой, на различных стадиях ЖЦ, в т.ч. эксплуатации и ремонта, и, в частности, при решении задач продления назначенных сроков службы и ремонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланецкий Б.Н., Зверев А.А. Общие положения методики системного обоснования требований к показателям надежности РЭС ЗРК // Системы обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вип. 6. – С. 174 – 180.
2. Ланецкий Б.Н. Расчет коэффициента оперативной готовности системы со случайными продолжительностями интервалов ожидания и использования по назначению // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ. – 1998. – Вип. 21. – С. 100 – 106.
3. ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 37 с.
4. ГОСТ 27003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 27 с.
5. Дзиркал Э.В. Задание и проверка требований к надежности сложных изделий. – М.: Радио и связь, 1981.
6. Ланецкий Б.Н., Донцов С.Н. Аналитическая модель для расчета эффективности зенитного ракетного комплекса при отражении заданного налета средств воздушного нападения // Системы обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 10 (38). – С. 103 – 111.

Поступила 1.11.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор Б.А. Демидов,
Харьковский университет Воздушных Сил