

УДК 623.94(075)

Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, В.В. Лисовенко, И.М. Николаев

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К ВЫЖИВАЕМОСТИ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ ОГНЕВОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРОТИВНИКА

В статье рассматривается методический подход к выбору и оценке показателей выживаемости зенитных ракетных комплексов (ЗРК) в условиях огневого противодействия воздушного противника. Показано, что базовыми элементами свойства выживаемости ЗРК являются скрытность, маневренность и живучесть, требования к показателям которых определяют условия боевого применения ЗРК в типовых сценариях ведения боевых действий.

Ключевые слова: выживаемость, скрытность, маневренность, живучесть, показатель, критерий, зенитный ракетный комплекс.

Введение

Постановка проблемы. При обосновании оперативно-тактических требований (ОТТ) к зенитному ракетному комплексу (ЗРК) важное значение имеет задача обеспечения требуемого уровня живучести в прогнозируемых условиях ведения боевых действий. Повышение живучести достигается традиционными методами дублирования, резервирования, бронирования и взаимного экранирования, основанными на современных научно-технических достижениях. Однако, как показывает опыт локальных войн и военных конфликтов конца XX - начала XXI века, традиционные методы и средства повышения живучести ЗРК в условиях применения противником высокоточного оружия (ВТО) не могут обеспечить требуемый уровень боеспособности группировок зенитных ракетных войск (ЗРВ). При этом ряд методов и средств, обеспечивающих значительное повышение боевой эффективности, не может быть отнесен к живучести ЗРК. В связи с этим актуальной является задача обоснования требований к выживаемости ЗРК, как к комплексному боевому свойству, характеризующему не только способность ЗРК выполнять свои функции после получения боевых повреждений (живучесть), но и возможность уклониться от воздействия поражающих факторов или вообще не быть обнаруженным в ходе выполнения боевой задачи и, следовательно, не подвергнуться огневому воздействию средств воздушного нападения (СВН) потенциального противника [1, 2]. Обоснование требований к выживаемости ЗРК в условиях огневого противодействия СВН противника требует учета ряда дополнительных факторов, что, в свою очередь, требует совершенствования методического подхода к решению данной задачи.

Целью статьи является обоснование методического подхода к определению показателей и критериев выживаемости ЗРК в условиях огневого воздействия СВН противника.

Анализ литературы. В научно-технических изданиях в настоящее время публикуются работы, в которых анализируются различные аспекты обеспечения живучести сложных изделий военной техники. В частности, в [3] предложена методика комплексной оценки живучести сложных систем военного назначения с учетом их структурной уязвимости и функциональности. В [4] обосновываются рекомендации по обеспечению живучести автоматизированной системы управления тактического звена. Вместе с тем в известной научно-технической литературе отсутствуют работы, посвященные системному обоснованию требований к выживаемости ЗРК в условиях огневого воздействия СВН противника.

Основная часть

Под выживаемостью понимается способность ЗРК сохранять возможность выполнения боевой задачи в условиях огневого противодействия противника. Выживаемость ЗРК определяется скрытностью, как способностью избегать обнаружения, маневренностью, как способностью уклоняться от средств поражения, и живучестью, как возможностью сохранять боеспособность, выдержав огневое воздействие оружия противника. Таким образом, выживаемость следует рассматривать как одно из основных боевых свойств, характеризующих приспособленность ЗРК к ведению боевых действий в условиях огневого воздействия СВН противника. Требуемый уровень выживаемости ЗРК в прогнозируемых условиях ведения боевых действий достигается обоснованием требований к скрытности, маневренности и живучести элементов ЗРК, а также реализацией этих требований в процессе конструирования, производства и боевого применения.

При обосновании требований к выживаемости ЗРК будем полагать, что ЗРК развернут на стартовой позиции (СП), координаты которой противнику неизвестны. В ходе боевых действий ЗРК может менять СП после выполнения серии стрельб задан-

ной продолжительности. Обнаружение и поражение ЗРК на СП осуществляется бортовыми средствами воздушного противника, типы, технические характеристики и способы применения которых считаются известными. Обоснование требований к выживаемости ЗРК в указанных выше условиях заключается в выборе и оценке показателей скрытности, маневренности и живучести составных частей ЗРК.

Под скрытностью ЗРК понимается свойство элементов ЗРК, проявляющееся в их способности противостоять обнаружению, установлению местонахождения, характеристик и боевой принадлежности средствами разведки, устанавливаемыми на борту пилотируемых и (или) беспилотных ударных СВН противника. На практике скрытность достигается снижением заметности элементов ЗРК в оптическом, тепловом и радиолокационном диапазонах волн, а также соблюдением режима радиомолчания и ограничениями в работе радиоэлектронных средств (РЭС), входящих в состав ЗРК. В процессе боевого применения скрытность ЗРК обеспечивается, кроме того, правильным выбором СП, их инженерным оборудованием, соблюдением правил скрытности функционирования, оборудованием запасных и ложных позиций.

Под маневренностью ЗРК понимается способность его боевых и технических средств к своевременному занятию позиции, развертыванию, свертыванию и быстрому передвижению. Маневренность характеризует время пребывания ЗРК на одном месте и возможность быстрой смены СП с целью своевременного ухода из-под возможного удара противника, особенно при применении ВТО. В качестве показателя маневренности принято использовать вероятность невыхода ЗРК из района возможного удара после выполнения боевой задачи.

Под живучестью ЗРК понимается способность его боевых средств выполнять свои боевые функции при воздействии внешних факторов (и после окончания их действия), противостоять боевым и аварийным повреждениям, восстанавливать и поддерживать при этом свои боевые функции. Свойством живучести обладает тот ЗРК, который после одностороннего воздействия средств поражения сохраняет способность выполнить поставленную боевую задачу. При применении противником высокоточных или обычных средств поражения основными факторами, приводящими к боевым повреждениям элементов ЗРК, являются ударная волна, размеры, масса, скорость и плотность потока осколков. В связи с этим основными частными свойствами живучести ЗРК следует считать устойчивость, прочность и восстанавливаемость его составных частей [1].

Показатели устойчивости и прочности характеризуют приспособленность составных частей ЗРК выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах установленных норм во время действия и после воздействия определенного фактора соответственно.

Под восстанавливаемостью понимается свойство составных частей ЗРК, заключающееся в возможности восстановления (при определенных условиях эксплуатации) допускаемых (в частном случае начальных) значений их параметров в результате устранения причин и последствий боевых повреждений. Для характеристики данного свойства может использоваться коэффициент восстанавливаемости, характеризующий долю восстановленных ЗРК от общего их числа, получивших боевые повреждения.

Требования к живучести и ее базовым свойствам (устойчивости, прочности, восстанавливаемости) обосновываются по специально разрабатываемым методикам и моделям с учетом общих ОТТ, предъявляемых к системе зенитного ракетного вооружения, и прогноза развития СВН потенциального противника либо задаются с применением государственных и отраслевых стандартов, а также методического аппарата, установленного действующими стандартами.

Наиболее полной характеристикой выживаемости ЗРК в условиях огневого противодействия СВН противника является вероятность сохранения его боеспособности. Эта вероятность определяется временем пребывания ЗРК на СП $t_{сп}$ и длительностью цикла его разведки и поражения $t_{рп}$ бортовыми средствами воздушного противника. В качестве критерия выживаемости (степени сохранения боеготовности) ЗРК целесообразно использовать условную вероятность его не поражения за время t , которая может быть определена по формуле:

$$P_{\text{выж}}(t) = (1 - P_{\Pi})^{t/t_{рп}}, \quad (1)$$

где P_{Π} – вероятность поражения ЗРК за продолжительность одного цикла $t_{рп}$.

Огневое поражение ЗРК на СП будет иметь место в случае совместного наступления следующих событий: 1) ЗРК в процессе стрельбы не поразил воздушную цель; 2) ЗРК или его отдельные боевые средства обнаружены бортовыми средствами разведки противника; 3) ЗРК после выполнения стрельбы находится на СП (или не успел выйти из района возможного удара противника); 4) ЗРК или его отдельные боевые средства в результате нанесения удара по СП получили боевые повреждения [7]. В связи с этим вероятность поражения ЗРК P_{Π} будет определяться произведением вероятностей [4]

$$P_{\Pi} = P_{\text{вскр}} P_{\text{нсп}} P_{\text{пор}} (1 - P_{\text{свн}}), \quad (2)$$

где $P_{\text{вскр}}$ – вероятность вскрытия ЗРК средствами разведки СВН противника; $P_{\text{нсп}}$ – вероятность невыхода ЗРК из района возможного удара, $P_{\text{пор}}$ – вероятность поражения ЗРК в результате пуска ракет или бомбометания при условии его нахождения на СП, $P_{\text{свн}}$ – вероятность уничтожения средства поражения противника или его носителя самим ЗРК или другими средствами ПВО.

Вероятность $P_{\text{вскр}}$ при наличии средств маскировки истинной и нескольких ложных СП определяется по формуле [4]:

$$P_{\text{вскр}} = (1 - (1 - K_M)W) / (1 + \xi n_{\text{лп}}), \quad (3)$$

где K_M – коэффициент, учитывающий степень маскировки (заметности) элементов ЗРК на СП, ($0 < K_M \leq 1$); W – вероятность обнаружения элементов (составных частей) ЗРК на СП бортовой аппаратурой ударного самолета за время цикла разведки $t_{\text{ц}}$; ξ – степень правдоподобия ложных СП ($0 < \xi \leq 1$); $n_{\text{лп}}$ – количество ложных СП.

Вероятность W зависит от характеристик заметности элементов ЗРК, продолжительности ведения разведки, дальности действия, типа и ТТХ средств разведки воздушного противника. Для оценки этой вероятности может использоваться формула [5], в которой исходным параметром являются максимальная дальность обнаружения типовой наземной цели D_{max} :

$$W(D) = \exp\left[-(D/D_{\text{max}})^\beta\right], \quad (4)$$

где $\beta=1$ – для оптических, инфракрасных и телевизионно-оптических средств обнаружения; $\beta=2$ – при обнаружении радиоизлучающих целей (объектов) радиотехническими средствами; $\beta=4$ – для радиолокационных средств обнаружения.

Современные бортовые средства разведки воздушного противника позволяют в радио-, видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитных волн с большим разрешением и высокой достоверностью в реальном масштабе времени определять местоположение наземных объектов, в том числе боевых средств ЗРК, на фоне подстилающей поверхности. В связи с этим вероятность $P_{\text{вскр}}$ существенно зависит от количества и степени правдоподобия ложных позиций. В настоящее время для повышения степени правдоподобия ложных позиций предполагается широко использоваться макеты средств ЗРК, выполненные из пенообразующих и синтетических материалов, покрытых металлизированной краской и снабженных термо-излучателями, имитирующими работу двигателей, нагрев металла на солнце и другие признаки. Эти макеты имеют большое сходство с реальными объектами как по внешнему виду, так и по характеристикам отражения. Все это позволяет утверждать, что коэффициент правдоподобия ξ ложной позиции ЗРК, выполненной из подобных макетов, будет близок к единице.

При отсутствии средств маскировки и имитации вероятность $P_{\text{вскр}}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{вскр}} = W(D) = \exp\left[-(D/D_{\text{max}})^\beta\right]. \quad (5)$$

Вероятность $P_{\text{нсп}}$ невыхода ЗРК из района возможного удара будет определяться соотношением средних значений времени пребывания ЗРК на СП

$t_{\text{сп}}$ и времени $t_{\text{рп}}$, необходимого воздушному противнику для обнаружения и поражения ЗРК в заданных условиях ведения боевых действий.

При оценке вероятности $P_{\text{нсп}}$ будем полагать, что ЗРК находится на СП и обнаруживается бортовыми средствами разведки противника в результате включения РЭС на излучение, пуска ЗУР или по другому демаскирующему признаку. Величина этой вероятности определяется соотношением средних значений времени пребывания ЗРК на СП $t_{\text{сп}}$ и времени $t_{\text{рп}}$, необходимого противнику для обнаружения и огневого поражения ЗРК.

Время пребывания ЗРК на СП $t_{\text{сп}}$ определяется суммарным временем занятия позиции, топопривязки, развертывания из походного положения в боевое, проверки параметров и контроля функционирования, ведения боевых действий (обстрела целей) и свертывания из боевого положения в походное.

Время $t_{\text{рп}}$ определяется суммарным временем разведки ЗРК бортовыми средствами ударного самолета (или БЛА), выхода самолета (БЛА) в зону пуска ракет (бомбометания), прицеливания и пуска ракет (сброса бомб), а также временем полета бомбы или ракеты до цели. Полагая, что старение информации о координатах обнаруженного ЗРК с течением времени подчиняется экспоненциальному закону, вероятность $P_{\text{нсп}}$ может быть определена по формуле:

$$P_{\text{нсп}} = e^{-t_{\text{рп}}/t_{\text{сп}}}. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что вероятность невыхода ЗРК из района возможного удара зависит от параметра $\frac{1}{t_{\text{сп}}}$, характеризующего маневренность ЗРК в ходе ведения боевых действий.

Вероятность $P_{\text{пор}}$ зависит от вида используемых средств и способа огневого поражения ЗРК, устойчивости и прочности платформ (шасси, кабин) и функциональных систем составных частей ЗРК. При использовании ВТО (крылатые и противорадиолокационные ракеты, управляемые авиабомбы) эта вероятность (при допущении, что закон распределения ошибок является нормальным, а объект поражается достоверно при промахе, не превышающем радиуса поражения $R_{\text{пор}}$ данного вида оружия) определяется по формуле [4, 6, 7]:

$$P_{\text{пор}} = 1 - \exp\left(-R_{\text{пор}}^2(1 - K_{\text{и}}) / (2\sigma_{\text{пор}}^2)\right), \quad (7)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий инженерное оборудование СП ЗРК ($0 < K_{\text{и}} \leq 1$); $\sigma_{\text{пор}}$ – среднеквадратическое отклонение боеприпаса от точки прицеливания.

Вероятность уничтожения средства поражения противника или его носителя огнем ЗРК при обстреле n ракетами определяется по формуле [5]:

$$P_{\text{свн}} = 1 - (1 - P_1)^n, \quad (8)$$

где P_1 – вероятность поражения цели одной ракетой.

Рассмотренный методический подход к оценке выживаемости ЗРК в условиях огневого противодействия СВН потенциального противника позволяет обосновывать требуемый уровень боеспособности группировки ЗРВ в целом. При этом требование к боеспособности группировки ЗРВ может быть выражено через показатель относительного количества потерь от общего количества ЗРК, вышедших из строя за определенный период времени, например, за время отражения налета (удара) СВН, за сутки ведения боевых действий или за продолжительность ведения противоздушной операции в целом. Уровень ожидаемых потерь ЗРК определяет объемы необходимых запасов, которые, в свою очередь, определяются из условия их пополнения за счет производства или закупок.

Величина потерь ЗРК i -го типа в условиях огневого противодействия СВН противника вычисляется по формуле:

$$N_{\text{пот}i} = m_i (1 - P_{\text{выж}i}), \quad (9)$$

где m_i – количество ЗРК i -го типа в составе группировки ЗРВ соответственно.

На основе оценки группировки СВН противостоящего противника, важности обороняемых объектов и величины ожидаемых потерь ЗРК в типовых сценариях боевых действий рассчитывается показатель сохранения боеспособности группировки ЗРВ:

$$K_{\text{сб}} = \frac{N_{\text{выж}}}{N} = 1 - \sum_{i=1}^n N_{\text{пот}i} / N, \quad (10)$$

где n – количество типов ЗРК, N – общее количество ЗРК в составе группировки ЗРВ к началу боевых действий.

Величина показателя $K_{\text{сб}}$ должна удовлетворять требованию $K_{\text{сб}} \geq K_{\text{сб}}^{\text{тр}}$, на основе которого выбираются критерий выживаемости ЗРК i -го типа ($P_{\text{выж}i} \geq P_{\text{выж}i}^{\text{тр}}$). На основе этих критериев выбирают критерии скрытности ($P_{\text{вскр}i} \leq P_{\text{вскр}i}^{\text{доп}}$), маневренности ($P_{\text{нсп}i} \leq P_{\text{нсп}i}^{\text{доп}}$) и живучести ($P_{\text{пор}i} \leq P_{\text{пор}i}^{\text{доп}}$), удовлетворяющие требуемому уровню выживаемости ЗРК i -го типа для каждого типового сценария ведения боевых действий.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВИЖИВАЄМОСТІ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ВОГНЕВОЇ ПРОТИДІЇ ПРОТИВНИКА

Б.М. Ланецький, В.В. Лук'яничук, В.В. Лісовенко, І.М. Ніколаєв

У статті розглядається методичний підхід до вибору і оцінки показника виживаності зенітних ракетних комплексів (ЗРК) в умовах вогневої протидії повітряного противника. Показано, що базовими елементами властивості виживаності ЗРК є скритність, маневреність і живучість, вимоги до показників яких визначають умови бойового застосування ЗРК в типових сценаріях ведення бойових дій.

Ключові слова: виживаність, скритність, маневреність, живучість, показник, критерій, зенітний ракетний комплекс.

Выводы

Требования к выживаемости ЗРК в типовых сценариях ведения боевых действий должны предусматривать снижение заметности боевых средств ЗРК в видимом, тепловом и радиолокационном диапазонах, повышение времени реакции и сокращение времени пребывания ЗРК на СП, повышение устойчивости и прочности конструкции боевых средств и функциональных систем к поражающим факторам, выбор конструктивно-технологических решений, обеспечивающих возможность восстановления ЗРК, получивших боевые повреждения, войсковыми средствами ремонта при боевых действиях.

Список литературы

1. Бонин А.С. Основные принципы и методический подход к обоснованию уровневых значений показателей боевых свойств перспективных авиационных комплексов военного назначения / А.С. Бонин, М.В. Фомин // Военная мысль. – 2009. – № 1. – С. 52-59.
2. Фактор многовариантности при выборе метода исследования проблем выживаемости в условиях неопределенностей проектирования самолетов военного назначения [Электронный ресурс] / С.Н. Вознюк, Л.И. Курна, Е.А. Мураховская, А.И. Рыженко // Режим доступа: www.khai.edu/csp/paichportal/Arhiv/VPPKLA/2012/VPPKLA412/Voznyuk.pdf.
3. Сафонов Р.А. Методика оценки живучести сложных систем военного назначения [Электронный ресурс] / Р.А. Сафонов. – Режим доступа: <http://xreferat.ru/17/622-1-metodika-ocenki-zhivuche-sti-slozhnyh-sistem-voennogo-naznacheniya.html>.
4. Бондаренко Д.Л. Повышение эффективности функционирования АСУ войсковой ПВО на основе повышения живучести элементов управления тактического звена [Электронный ресурс] / Д.Л. Бондаренко // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. – 2011. – Т. 10, вып. 1. – Режим доступа: www.smolensk.ru/use/sgma/MMORPH/TITL.HTM.
5. Справочник офицера противоздушной обороны / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистров, Букин Б.М. и др. – 3 изд. – М.: Воениздат, 1987. – 512 с.
6. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. Военно-теоретический труд / Под ред. А. А. Бобрикова. – СПб., 2006. – 421 с.
7. Ланецкий Б.Н. Методология оценки боевого потенциала зенитного ракетного вооружения / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьяничук, И.М. Николаев // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 9-13.

Поступила в редколлегию 4.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.

METHODICAL APPROACH TO GROUNDING THE REQUIREMENTS TO SURVIVAL OF SURFACE-TO-AIR MISSILE COMPLEX IN CONDITIONS OF THE FIRE INTERDICTION BY ENEMY

B.M. Laneckiy, V.V. Lukyanchuk, V.V. Lisovenko, I.M. Nikolaev

Methodical approach is considered in paper to choosing and estimating the factors of survivability for surface-to-air missile complex in conditions of fire interdiction by enemy's the air means. It is shown that basic characteristic element of surface-to-air missile complex survivability are security, maneuverability and survival, requirements to which define condition of surface-to-air missile complex operation in typical scenarios of combat.

Keywords: *survival, stealth, agility, vitality, indicators, benchmarks, anti-aircraft missile system.*

