

УДК 629.1.032

В. В. ГЛЕБОВ, доктор технических наук,
В. Ф. КЛИМОВ, кандидат технических наук,
С. А. РОЛЕНКО, инженер,
С. А. ВОЛОСНИКОВ, инженер
 (ГП «ХКБМ» им. А. А. Морозова, г. Харьков)

Оценка эффективности элементов системы защиты от воздействия кассетного боеприпаса верхней полусферы

З використанням аналітичної марковської моделі прогнозовані необхідні значення ефективності елементів системи захисту верхньої півсфери об'єкта бронетанкової техніки від впливу уражаючих елементів кассетного боеприпасу.

С использованием аналитической марковской модели спрогнозированы требуемые значения эффективности элементов системы защиты верхней полусферы объекта бронетанковой техники от воздействия поражающих элементов кассетного боеприпаса.

Непрерывно возрастающие требования к показателям тактико-технических характеристик (ТТХ) объектов вооружения и военной техники (ОВВТ) вообще, и бронетанковой техники (БТТ) в частности, расширение круга решаемых задач при функционировании по назначению, вплоть до пересмотра роли и места БТТ в современных вооруженных силах привели к тому, что этот класс техники стал относиться к сложным техническим человекоуправляемым (эргатическим) системам [1]. Это, в свою очередь, породило новую проблему, связанную с обеспечением использования заложенных в объект БТТ возможностей, что ограничивается физиологическими возможностями оператора. Масштаб и осознания полноты этой проблемы, причем не только применительно к ОВВТ, но и к другим искусственно созданным техническим системам, привело к необходимости разработки специальных систем, берущих на себя ряд функций оператора и таким образом повышающих степень использования заложенных в машину возможностей. Это так называемые SEP системы или системы повышения качества платформы [1, 2].

Современный объект БТТ характеризуется защищенностью, огневой мощностью, подвижностью и командной управляемостью. Одним из приоритетов при создании БТТ является защищенность, которая до настоящего времени обеспечивается, в основном, пассивной защитой. Защищенность от воздействия поражающих элементов из верхней полусферы была невысокой [3]. Это связано с двумя основными факторами. Первый из них – невозможность обеспечения одинаково высокого уровня защиты во всех ракурсах, что привело бы к значительному увеличению массы машины. Второй связан с расположением в крыше МТО жалюзийных устройств системы охлаждения двигателя. Таким образом, верхняя полусфера является привлекательной зоной для средств поражения, что стимулировало разработку и создание кассетных боеприпасов. Одним из эффективных средств борьбы с объектами бронетехники на марше и в местах сосредоточения является кассетный боеприпас (КПБ) типа SADARM M898 [4]. Таким образом, задача повышения защищенности объектов бронетехники от поражающих элементов кассетных боеприпасов в верхней полусфере является актуальной.

Анализ литературы показывает, что для обеспечения защиты верхней полусферы танка от современных кассетных боеприпасов (КБП) возможно применение динамической защиты в комплексе с использованием многоспектральных ловушек активной защиты [5]. Кроме того, одним из направлений решения данной проблемы может являться установка маскирующего облака над защищаемым объектом. Также из описанных устройств защиты техники от КБП известен управляемый дистанционно автомат выбрасывания ложных целей [6], которые включают в себя дипольные отражатели для увода ракет с радиолокационными (РЛ) головками самонаведения и инфракрасные (ИК) ловушки (ложные ИК цели), предназначенные для защиты от ракет с тепловыми головками самонаведения.

Известен принцип действия кассетных боеприпасов, как артиллерийских (SADARM M898 (США), SMarT 155 (Германия), BONUS (Швеция, Франция)),

так и авиационных SBU-97 SFW (США), РБК-500 (с противотанковыми элементами СПБЭ-Д (Россия)) [7, 8, 9].

В то же время, на этапе разработки системы защиты техники от КБП представляет интерес решение задачи рационального распределения и определения минимально допустимых значений эффективности отдельных ее составляющих для достижения заданного результата. Работы, посвященные решению такой задачи, практически не проводились.

Целью статьи является разработка методики оценки эффективности элементов системы защиты верхней полусферы от воздействия кассетного боеприпаса.

Учитывая специфику приборов наблюдения объектов БТТ, верхняя полусфера над объектом является своего рода “мертвой” зоной с точки зрения обзора операторами. Поэтому целесообразно рассматривать автоматизированную систему защиты от поражающих факторов из верхней полусферы и не наращивать пассивную (броневую) защиту.

Мероприятия по защите объекта БТТ от кассетного боеприпаса эффективнее всего осуществлять в период между отделением контейнеров от основного носителя и до инициирования формирования поражающего ядра. В зависимости от высоты выброса это время оценивается от 1,5...3 мин. до 7 с. Разработана общая концепция защищенности [10], согласно которой необходимо осуществить срыв обнаружения и целеуказания соответственно для РЛ радара и ИК сенсоров. Кроме того, в диапазоне высот до 2000 м контейнер на парашюте может быть поражен боеприпасами с кинетическими поражающими элементами (осколочными, шрапнельными).

По данным испытаний кассетного боеприпаса 30 элементов поразило 20 целей [8]. В источнике не сообщается о наличии противодействия, при этом по этим данным можно оценить эффективность применения кассетного боеприпаса величиной ~66%. Таким образом, создавая систему защиты от этого боеприпаса, следует задаться величиной снижения его эффективности по крайней мере в два раза, до 30...33% и ниже.

Задача может быть решена с помощью создания аналитической марковской модели, включающей следующие события:

$S_{ИСХ}$ – кассетный боеприпас (артиллерийский или авиационный) доставлен к месту предполагаемого нахождения целей; $S_{СКАН}$ – отделился контейнер, сработала парашютная система, РЛ сканирование местности; $S_{ДВ}$ – включился двигатель, выпущены дополнительные поверхности, контейнер вращается вокруг собственной оси и поднимается вверх до 50 м; $S_{РПЭ}$ – разброс поражающих элементов, захват целей ИК сенсорами; $S_{ЗБТТ}$ – объект бронетехники защищен, поражение элементами кассетного боеприпаса не произошло; $S_{БТТ ПОР}$ – объект БТТ поражен.

В данном случае вероятность перехода КБП из состояний $S_{ИСХ}$ в состояние $S_{СКАН}$ определяется его надежностью, поскольку до разделения контейнеров практически невозможно определить (идентифицировать) объект как КБП. Задачи надежности КБП в модели не рассматриваются, поэтому полагаем $P_{ИСХ}=1,0$ – КБП находится в воздухе над местом расположения

предполагаемых целей, $P_{ИСХ}=0$ – КБП к месту целей не доставлен. С учетом этого

$$Z_O = P_{ИСХ}, \quad (1)$$

Вероятность Z_O дополняет $Z_{ОЗБТТ}$ до единицы, следовательно

$$Z_{ОЗБТТ} = 1 - Z_O. \quad (2)$$

Считая КБП абсолютно надежными, выполнение сканирования РЛ радаром во время полета на парашюте определяется возможностью поражения летящего средства воздушного нападения средствами ПВО и снижением эффективности РЛ сканирования отстрелом гранаты с дипольными отражателями. Эти два воздействия можно рассматривать как независимые элементы системы защиты объекта БТТ, следовательно

$$Z_{СКАНЗБТТ} = P_{ПВО} \cdot P_{ДИП}. \quad (3)$$

С учетом этого

$$Z_{СКАНЗБТТ} = 1 - Z_{СКАН}. \quad (4)$$

Рассмотрим вероятность перехода из состояния $S_{СКАН}$ в состояние $S_{ДВ}$, которая определяется технической надежностью двигателя и других систем КБП, исследование которых не входит в задачу моделирования. Тогда будем полагать, что

$$Z_{ДВ} = 1 - P_{НАД ДВ} \quad (5)$$

где $P_{НАД ДВ}$ – техническая надежность двигателя и других элементов КБП, тогда

$$Z_{НАД ДВ} = 1 - P_{НАД ДВ}, \quad (6)$$

Вероятность перехода из $S_{ДВ}$ в $S_{РПЭ}$ определяется при технической исправности контейнера и поражающих элементов возможностью снизить эффективность ИК сенсоров путем создания тумана, закрывающего цель, и отстрелом гранат с тепловыми ловушками (по две и более), перекрывающими оба диапазона ИК сенсоров. Тогда

$$Z_{РПЭ.ЗБТТ} = P_T \cdot P_{ИК.ЛЭД}, \quad (7)$$

где P_T – вероятность срыва наведения поражающего элемента КБП туманом, $P_{ИК.ЛЭД}$ – вероятность “ослепления” ИК сенсора отстрелом не менее двух тепловых ловушек, перекрывающих оба диапазона ИК сенсоров. С учетом этого

$$Z_{РПЭ.ЗБТТ} = 1 - Z_{РПЭ} = P_T \cdot P_{ИК.ЛЭД}. \quad (8)$$

Вероятность перехода из $S_{РПЭ}$ в $S_{ЗБТТ}$ или $S_{БТТ ПОР}$ определяется вероятностью попадания поражающего ядра в цель – объект БТТ:

$$Z_{БТТ ПОР} = P_{ПОПАД}, \quad (9)$$

где $P_{ПОПАД}$ – вероятность попадания в цель, тогда

$$Z_{БТТ ПОР} = Z_{БТТ ПОР}. \quad (10)$$

Кроме этого, состояние поражения $S_{БТТ ПОР}$ и защищенности $S_{ЗБТТ}$ являются взаимно исключаящими событиями и поэтому связаны соотношением

$$Z_{ЗБТТ} = 1 - Z_{БТТ ПОР}. \quad (11)$$

Граф приведенной выше аналитической марковской модели защиты объекта БТТ от КБП изображен на рис. 2.

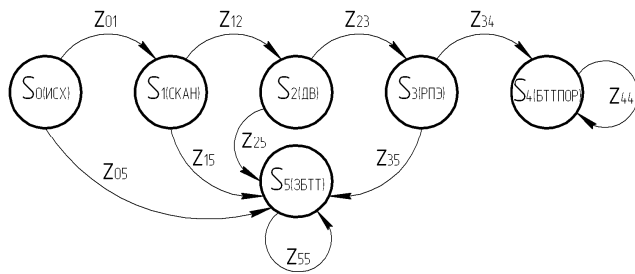


Рис. 2. Граф аналитической марковской модели защиты объекта БТТ от КБП

Запишем матрицу переходных вероятностей

$$P = \begin{matrix} & S_{0(ИСХ)} & S_{1(СКАН)} & S_{2(ДВ)} & S_{3(РПЭ)} & S_{4(БТТ.ЛОР)} & S_{5(ЗБТТ)} \\ \begin{matrix} S_{0(ИСХ)} \\ S_{1(СКАН)} \\ S_{2(ДВ)} \\ S_{3(РПЭ)} \\ S_{4(БТТ.ЛОР)} \\ S_{5(ЗБТТ)} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & Z_{01} & 0 & 0 & 0 & Z_{05} \\ 0 & 0 & Z_{12} & 0 & 0 & Z_{15} \\ 0 & 0 & 0 & Z_{23} & 0 & Z_{25} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_{34} & Z_{35} \\ \alpha & 0 & 0 & 0 & 1-\alpha & 0 \\ \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\alpha \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (12)$$

Приведенная матрица содержит вероятности переходов из поглощающих состояний в исходное, что уменьшает вероятность перехода для этих состояний в себя. Этот метод [11] заключается в решении системы, избегающей поглощающих состояний, когда бы в ячейках содержащих $(1 - \alpha) \neq 1$, стояли бы 1. В соответствии с этим методом система линейных алгебраических уравнений принимает следующий вид:

$$\begin{cases} P_0(\alpha) = P_4(\alpha)\alpha + P_5(\alpha)\alpha; \\ P_1(\alpha) = P_0(\alpha)Z_{01}; \\ P_2(\alpha) = P_1(\alpha)Z_{12}; \\ P_3(\alpha) = P_2(\alpha)Z_{23}; \\ P_4(\alpha) = P_3(\alpha)Z_{34} + P_4(\alpha)(1-\alpha); \\ P_5(\alpha) = P_0(\alpha)Z_{05} + P_1(\alpha)Z_{15} + P_2(\alpha)Z_{25} + P_3(\alpha)Z_{35} + P_5(\alpha)(1-\alpha). \end{cases} \quad (13)$$

Учитывая, что

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0^+} [P_4(\alpha) + P_5(\alpha)] = 1, \quad (14)$$

в результате преобразований получим

$$P_4(\alpha) = Z_{01}Z_{12}Z_{23}Z_{34}. \quad (15)$$

Полученные выражения (3) – (15) позволяют оценивать величину требуемых вероятностей, которые можно рассматривать как эффективность поражения контейнера КБП средствами ПВО, применения гранаты с дипольными отражателями, применения гранаты, генерирующей туман над целью, и ИК ловушек различного диапазона. Так, задавшись величиной эффективности КБП $\approx 0,3 \dots 0,33$ в соответствии с формулой (11) получим, что совокупная эффективность системы защиты от КБП не ниже $0,67 \dots 0,7$. Принимая гипотезу равной значимости средств

защиты от КБП, перечисленных выше, значение их эффективности (каждого) должно быть не ниже $0,9 \dots 0,91$.

Выводы

1. Разработана методика оценки эффективности элементов системы защиты верхней полусферы от воздействия кассетного боеприпаса.
2. На основе разработанной аналитической марковской модели спрогнозированы требуемые значения эффективности элементов системы защиты, исходя из предположения о равной их значимости в обеспечении защиты верхней полусферы ОБТТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анипко, О. Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники [Текст] / О. Б. Анипко, М. Д. Борисюк, Ю. М. Бусяк – Харьков : НТУ «ХПИ», 2008. – 196 с.
2. Подлепа, С. Военная стандартизация на новом этапе развития вооруженных сил России [Текст] / С. Подлепа, А. Рахманов // Стандарты и качество. – 2000. – № 3 – С. 24–27.
3. Защита танков [Текст] / В. А. Григорян, Е. Г. Юдин, И. И. Терехин [и др.]. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 327 с.
4. Высокоточное оружие и борьба с ним [Текст] / С. А. Головин, Ю. Г. Сизов, А. Л. Скоков [и др.]. – М. : Изд-во ВПК, 1996. – 231 с.
5. Соловьев, В. П. Состояние и перспективы обеспечения защищенности гусеничных и колесных бронированных машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://btvt.narod.ru/1/protection.htm>.
6. Евстафьев, В. Ф. Устройство защиты техники на марше от воздействия кассетных боевых частей / В. Ф. Евстафьев, С. В. Иванушкин [и др.] // Патент РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/20/85-89/2087835.html>.
7. Совершенствование боеприпасов полевой артиллерии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: com-mi.narod.ru/txt/1983/1213.htm.
8. Российские танки беззащитны перед снарядами НАТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://warfiles.ru/show-43260-rossiyskie-tanki-bez-zaschitny-pered-snaryadami-nato.html>.
9. Кассетная погибель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mns.ru/102592-kassetnaya-pogibel.html>.
10. Анипко, О. Б. Защищенность – как комплексное свойство объекта вооружения [Текст] / О. Б. Анипко, В. А. Богуслаев, Ю. М. Бусяк // Defense Express. – 2013. – № 11 – С. 26–31.
11. Раскин, Л. Г. Математическое моделирование функционирования сложных систем [Текст] / Л. Г. Раскин. – Харьков: Вирта, 1988. – 178 с.

Рецензент Д. О. Волонцевич, д-р техн. наук, проф. (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»)