

УДК 623.355.6

## Методическое обеспечение прогнозирования потребностей системы восстановления техники связи и автоматизированных систем управления в комплектах военно-технического имущества связи

Воловиков В. С.

*Качество процесса восстановления, реализуемого системой технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления, во многом определяется наличием материального обеспечения ремонта, основным элементом которого в условиях военного времени являются создаваемые заблаговременно запасы комплектов военно-технического имущества связи. Данные комплекты предназначены для ремонта военной техники связи, выходящей из строя первую очередь по причине получения множественных боевых повреждений. Цель исследования – прогнозирование спроса системы восстановления военной техники связи на комплекты военно-технического имущества связи посредством синтеза модели огневого воздействия противника на элементы военных сетей связи. Реализация модели, а именно определение характеристик уязвимости конструктивных элементов образцов техники связи, позволит получить исходные данные для решения задачи по формированию рационального состава комплектов военно-технического имущества связи. Новизна: в отличие от существующего методического обеспечения прогноза боевых потерь военной техники связи, основанного на использовании данных по процентному соотношению ее выхода в определенный вид ремонта, предложено поставленную задачу решить на конструктивном уровне построения образца техники связи, и тем самым, в дальнейших исследованиях оперировать непосредственно вероятностными характеристиками повреждения элементов. Проведенный анализ научно-технической литературы в предметной области позволил в работе получить следующий результат: выполнено содержательное описание характеристик уязвимости техники связи и автоматизированных систем управления как объекта поражения и характеристик поражающего действия огневых средств противника, а также выделена система критериальных параметров соответствующих поражающим факторам, исходным данным, выходной информации. Сформулированы допущения и ограничения, накладываемые при моделировании, что в совокупности позволило разработать имитационную модель процесса воздействия средств поражения на военную технику связи. Практическая значимость: результаты работы использованы для получения характеристик уязвимости конструктивных элементов техники связи. Эти характеристик уязвимости являются основными данными для определения спроса на запасные части при осуществлении восстановления техники связи в военное время. Таким образом, решение поставленной частной задачи по моделированию огневого воздействия противника на элементы военных сетей связи позволит решить и основную задачу – разработать и реализовать методику формирования рационального состава комплектов военно-технического имущества связи.*

**Ключевые слова:** моделирование, средство поражения, цель (объект поражения), боевые повреждения, характеристики уязвимости, имитационная модель, комплект военно-технического имущества связи.

### Введение

Неуклонное повышение роли огневого поражения, расширение круга решаемых им задач, значительное увеличение огневой мощи средств поражения (дальности и точности стрельбы, скорострельности, мощности боеприпасов) обусловили возрастание значимости исходных данных, определяемых прогнозом в целях планирования и осуществления мероприятий восстановления поврежденных элементов сетей связи, их доли в общем объеме

задач, выполняемых системой технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления (ТОС и АСУ).

В соответствии с проведенным анализом [1], существующие методы (модели) определения выхода техники связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) из строя в условиях военных действий, задачу определения ее поврежденных агрегатов решают не в полной мере. Исходы применения противником средств поражения (СП) остаются за рамками существующей системы исходных данных (СИД) по уязвимости конструктивных элементов ТС и АСУ и практически не используются в моделях оперативно-тактического уровня для проведения оценок степени ее повреждения. Однако такие данные необходимы для обеспечения органами ТОС и АСУ требуемой устойчивости системы связи путем проведения ремонтно-восстановительных мероприятий с использованием комплектов военно-технического имущества связи (КВТИС).

### **Содержательная модель уязвимости ТС и АСУ, как объекта поражения**

Воздействие на систему управления и связи – составная часть любой операции, проводимой противником. Сущность огневого поражения, как основного вида активного воздействия, решаемые им задачи и подверженность элементов системы управления и связи раскрыты в [2].

Решение задачи определения наиболее опасных видов воздействия поражающих факторов (ПФ) для элементов системы связи; очередность поражения элементов системы и вероятность этого события; вероятность поражения конструктивных элементов используемых средств связи позволит реализовать дифференцированный подход к обеспечению устойчивости системы связи, в том числе и путем своевременного восстановления, с учетом места и роли элементов в ней.

Очевидно, что обоснование понятий поражения в общем случае проводится в привязке к оперативно-тактической обстановке, исходя из задач применения СП по системе связи как технической основы системы управления. Для каждой типовой оперативно-тактической ситуации может быть свое множество типов поражения. Однако в этом случае трудно было бы использовать полученные оценки вероятности применительно к каждому типу поражения для сравнительного их анализа. Поэтому при оценках результатов применения противником СП широко используются так называемые «базовые» понятия поражения, связанные со степенью повреждения цели. При этом степень повреждения образца ТС и АСУ отождествляется с видом ремонта, который необходимо провести для восстановления работоспособности ТС и АСУ [3]. Вид ремонта определяется минимально необходимым средним временем восстановления образца ТС и АСУ ( $T_B$ ):

- 1) вид А – текущий ремонт (вывод из строя образца на время не более  $t_A$ );
- 2) вид В – средний ремонт (вывод из строя образца на время не более  $t_B$ );
- 3) вид С – капитальный ремонт (вывод из строя образца на время не более  $t_C$ );
- 4) вид D – безвозвратные потери.

Тогда понятия поражения цели по типу «А», «В», «С» и «D», имеет смысл сформулировать следующим образом:

- 1) тип А – нанесение цели повреждений, которые приводят к необходимости проведения на ней ТР, т.е.  $T_B \leq t_A$ ;
- 2) тип В – нанесение цели повреждений, которые приводят к необходимости проведения на ней СР ( $T_B \leq t_B$ );
- 3) тип С – нанесение цели повреждений, которые приводят к необходимости проведения на ней КР, т.е. ( $T_B \leq t_C$ );
- 4) тип D – нанесение цели повреждений, которые приводят к принятию решения о нецелесообразности ее восстановления.

Данные формулировки понятия «поражения образца ТС и АСУ» могут быть приняты только в случае знания нами времени необходимого на восстановление ТС и АСУ. Очевидно, что время восстановления для каждого отдельного образца ТС и АСУ будет различно в зависимости от целого ряда факторов, и определяться суммой времен восстановления поврежденных элементов  $\tau_{vi}$ . Следовательно, для определения вида ремонта (типа поражения), необходимого для восстановления поврежденной ТС и АСУ нужно определить какие именно элементы образца повреждены. Зная номенклатуру пораженных элементов и время, отводимое на восстановление каждого из них, можно определить тип поражения ТС и АСУ.

Для представления ТС и АСУ, а также средств их поражения в виде моделей воспользуемся их описанием с позиций, приведенных в [4]. Для расчетов характера поражения ТС и АСУ из всего ее многообразия выделяют типовые элементарные цели, данные о которых вместе с необходимыми моделями поражающего действия составляют единую информационную и методическую базу. Элементарной целью (ЭЦ) называется отдельный объект, выполняющий определенные функции и неделимый на составные части, каждая из которых могла бы действовать самостоятельно. При этом объектом таких расчетов становится не реальная типовая ЭЦ, а ее модель уязвимости, в которой структурные элементы цели в результате специальных исследований заменяют на так называемую эквивалентную преграду.

Для описания сложных целей, которыми являются образцы ТС и АСУ, разрабатывается агрегатная модель, состоящая из совокупности уязвимых агрегатов (УА), каждый из которых рассматривается как обобщенная модель. Пространственное расположение УА задается координатами их центров в целевой системе координат (ЦСК). Агрегатная модель бронированной цели содержит также описание внешнего экрана (брони) – ее упрощенную (кусочно-линейную) геометрию, толщину, свойства материала. Этой информации достаточно для решения вопроса о возможности поражения каждого отдельно взятого УА.

Но нанесение физического ущерба, даже приведшее к выводу из строя одного или нескольких УА, не обязательно означает потерю способности цели выполнять задачи по предназначению, т. е. частичную или полную потерю ею одного или совокупности свойств (способность вести радиообмен, образование каналов связи и т. д.). Информация о возможных сочетаниях поврежденных

УА, необходимых для поражения цели по заданному типу, находится в функциональной схеме уязвимости (ФСУ). Понятие ФСУ и выход объекта в тот или иной вид ремонта можно записать выражениями поражения следующего вида:

$$\begin{aligned} A &= A_1 + A_2 + A_3 A_4 + \dots, \\ B &= A_1 + B_1 + B_2 B_3 + B_4 + \dots, \\ C &= B + C_1 + C_2 + \dots, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $A_i, B_i, C_i$  – случайные события поражения  $i$ -го УА в структуре агрегатной модели, вывод которых из строя безусловно или в определенных сочетаниях приводит к необходимости осуществления ремонта по виду  $A, B$  или  $C$ .

В связи с тем, что основная задача разработки модели огневого воздействия направлена на формирование КВТИС для реализации агрегатного метода ремонта, то при оценке результатов применения противником СП необходимо перейти непосредственно к рассмотрению понятия поражения УА, определяющее его состояние  $z(t)$  как неработоспособное. То есть принимаем  $z_i(t) = 0$ , если  $i$ -ый УА поражен в момент времени  $t$ .

Таким образом, сформулированные понятия поражения цели и ее агрегатов предполагают наличие соответствующей иерархии критериев их поражения.

Единственная объективная оценка возможности поражения ЭЦ – вероятность этого события. При выборе данных показателей основное значение имеет тип цели.

Вероятность поражения по заданному типу принимают в качестве показателя эффективности действия по цели, состоящей из одной ЭЦ – одиночной цели. Как правило, вероятность поражения ЭЦ является промежуточным результатом в методиках оценки эффективности действия по совокупности ЭЦ, представляемых моделями групповой или площадной цели. В зависимости от типа цели выбирают показатели эффективности действия по ним СП. Выбор модели цели зависит не только от свойств самой цели, но и от принципа действия СП, условий стрельбы, располагаемой информации о координатах цели.

Таким образом, для решения задачи построения модели уязвимости ТС и АСУ, в общих чертах рассмотрены все ее компоненты на качественном уровне: типы поражения; функциональные схемы уязвимости и параметры конструктивных элементов, выступающие в роли УА. Оставшийся не раскрытым еще один компонент модели – критериальные параметры поражения агрегатов целесообразно рассмотреть после исследования характера воздействия на них СП.

### Содержательная модель поражающего действия

При оценке эффективности действия СП учитываются все виды поражающего действия: механическое (пробивное), фугасное, иницирующее, зажигательное. В зависимости от характера поражающего действия по цели различаются СП осколочного, фугасного, кумулятивного, бронебойного,

бетонобойного и зажигательного действия. Большинство СП основного назначения обладают комбинированным поражающим действием. Степень поражающего действия, его достаточность для вывода цели из строя – это предмет физических исследований, которые проводятся в детерминированных условиях и обобщаются в соответствующей нормативно технической документации. При проведении расчетов поражающего воздействия учитывается влияние случайных факторов, разделяемых обычно по группам. Случайные факторы, которые проявляются на этапе непосредственного действия СП по цели, определяют условную вероятность поражения при срабатывании его в фиксированной точке с координатами  $(x, y, z)$  на поверхности цели или в ее окрестности  $P(A|x, y, z)$ . Характеристики случайных факторов, влияющих на положение точки срабатывания (рассеивание траектории полета, ошибки наведения и управления, ошибки срабатывания неконтактного взрывателя), определяют плотность распределения точки срабатывания  $\varphi(x, y, z)$ . Функция  $G(x, y, z) = P(A|x, y, z)$  является КЗП и определяется по интегральной формуле полной вероятности:

$$P_1 = \iint_D G(x, y, z) \varphi(x, y, z) dx dy dz, \quad (2)$$

где  $D$  – максимальная область срабатывания, в которой возможно поражение цели, т. е.  $D = \{(x, y, z): G(x, y, z) > 0\}$ . Это общая схема вычисления основного показателя эффективности действия по ЭЦ. Ее реализация сильно зависит от характера области возможных поражений  $D$ . По этой причине независимо от характера поражающего действия все СП с точки зрения оценки эффективности подразделяются на ударные и дистанционные.

Соответственно, в зависимости от типа СП и цели, эффективность применения СП оценивается по-разному.

Таким образом, поражение образца ТС и АСУ, представляющего собой цель применения противником СП, характеризуется рассеиванием СП и уязвимостью цели. При этом содержательное описание процесса воздействия СП на ТС и АСУ, как объект поражения представлено на рис. 1.

### Система критериев оценки уязвимости

Сущность принятия решения о характере боевых повреждений ТС и АСУ в целом и ее агрегатов в частности заключается в сравнении полученных расчетным путем параметров ПФ огневого воздействия с критериальными параметрами поражения соответствующих агрегатов. Очевидно, что поражение можно считать достоверным только до тех расстояний от центра взрыва, где уровень ПФ превышает критическое значение с некоторым запасом, а дальше вероятность поражения уменьшается до нуля при некоторой величине поражающего фактора, меньшей критической.

Так как в рамках проводимых исследований получить численные значения критериальных параметров поражения экспериментальным путем не представляется возможным, то обратимся к нормативно-технической документации, регламентирующей вопросы рассматриваемой предметной области.

Образцы вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) (их составные части) должны выполнять свои функции и сохранять характеристики в пределах установленных норм во время и после воздействия различных



Рис. 1. Содержательное представление процесса воздействия СП на ТС и АСУ

внешних факторов. Непосредственно поражающими факторами оружия противника рассматриваются:

- 1) воздушная ударная волна (УВ) взрыва;
- 2) осколочное поле.

Способность ТС и АСУ выполнять задачи по предназначению в условиях воздействия данных ПФ характеризуется стойкостью образца. Стойкость образца ВВСТ (его составных частей) к воздействию ПФ – свойство образца ВВСТ (его составных частей) сохранять работоспособность (сохранять значения показателей в пределах заданных норм) во время и после воздействия ПФ [5].

Требования к образцам ВВСТ по стойкости к воздействию ПФ устанавливаются в виде численных значений показателей стойкости. Данные значения зависят от назначения и условий боевого применения ТС и АСУ, которые, в свою очередь, определяют класс применения образца конкретного типа. В нашем случае, – это класс Н, к которому относятся образцы ВВСТ, предназначенные для применения в наземных условиях.

Каждый класс образцов ВВСТ в зависимости от конструкционных и технических особенностей, а также различных условий их эксплуатации и боевого применения подразделяется на группы и подгруппы. Взаимосвязь классификационных групп (подгрупп) образцов ВВСТ, установленных в [5], с классификационными группами (подгруппами) их составных частей (аппаратуры, приборов, устройств и оборудования) [6], позволяет нам определить стойкость ТС и АСУ к поражающему действию оружия противника.

Численные значения показателей стойкости ВВСТ к воздействию ПФ устанавливаются в соответствии с классификационными группами и для образцов ТС и АСУ приводятся в [5]. Очевидно, что критериальными параметрами поражения будут являться данные значения показателей стойкости, превышение которых в результате огневого воздействия противника на ТС и АСУ приведет к поражению ее конструктивных элементов. Исходя из этого, критериями поражения УА будут являться:

а) при оценке поражающего действия воздушной УВ взрыва:

Результаты воздействия взрывных волн на различные объекты определяются в основном избыточным давлением на фронте волны  $\Delta p_{\phi}$  и удельным импульсом фазы сжатия  $I$  в волне [4, 7]. При ударной волне, длина зоны сжатия которой намного больше характерных размеров объекта поражения, нагружение носит «квазистатический» характер (мгновенное приложение постоянного давления), а деформация и смещение объектов определяются максимальным избыточным давлением. При очень короткой волне реакция объектов на нагружение определяется удельным импульсом фазы сжатия («импульсное» нагружение).

Выбор характера нагружения при оценке поражающего действия взрывных волн связан с соотношением длительности фазы сжатия в волне  $\tau_+$  и периода собственных колебаний объекта  $\tau_c$ . Если длительность фазы сжатия  $\tau_+ \leq 0,25\tau_c$ , то нагрузку можно считать импульсной и условие разрушения объекта запишется в виде критерия по удельному импульсу:

$$I \geq I_{кр}. \quad (3)$$

Данный режим характерен для взрывов с малым тротильным эквивалентом, например, при воздействии обычных средств поражения (ОСП).

При  $\tau_+ \geq 10\tau_c$  нагружение становится квазистатическим, и критерий разрушения записывается через избыточное давление

$$\Delta p_{\phi} \geq \Delta p_{кр}. \quad (4)$$

Соотношения (3) и (4) называются частными критериями поражения в результате фугасного действия взрывных волн, а величины  $I_{кр}$ ,  $\Delta p_{кр}$  – критическими значениями удельного импульса и максимального избыточного давления в волне.

В области  $0,25\tau_c < \tau_+ < 10\tau_c$  на поведение объекта оказывают влияние как максимальное избыточное давление, так и удельный импульс в волне. При этом, как показывают эксперименты и теоретические решения модельных

задач, совместное воздействие избыточного давления и удельного импульса в волне может быть учтено с помощью обобщенного критерия поражения, который записывается в виде

$$(\Delta p_{\phi} - \Delta p_{кр})(I - I_{кр}) = K, \quad (5)$$

где  $K$  – некоторая константа;

б) при оценке поражающего действия осколочного поля:

Действие осколков по цели в зависимости от ее типа может быть оценено на основе одной из трех концепций: концепции пробития эквивалентных преград (толщинно-пробивной концепции); критериальной концепции; концепции, представляющей соединение двух предыдущих.

Толщинно-пробивная концепция основана на замене цели стальной или дюралевой преградой (эквивалентом цели), пробитие которой считается эквивалентным поражению цели. В соответствии с указанным подходом критерий поражения можно представить в виде

$$J \geq J_{уб}, \quad (6)$$

где  $J_{уб}$  – убойный интервала осколка – расстояние от места взрыва, на котором осколок еще сохраняет скорость, необходимую для поражения цели (убойную скорость).

Критериальный подход наиболее целесообразно использовать в тех случаях, когда поражение цели нельзя свести к простому пробитию преграды, например, в случаях физически сложных процессов пробития с последующим зажжением, инициированием, запреградным действием и т.д. Важным преимуществом критериального подхода является возможность построения вероятностных моделей поражения цели, задаваемых, как правило, функциями  $p = f(K)$ .

В качестве критериев чаще всего применяются критерии полной кинетической энергии

$$W \geq W_{кр}, \quad (7)$$

удельной энергии

$$E_{уд} \geq E_{удкр}, \quad (8)$$

удельного импульса

$$i \geq i_{кр}. \quad (9)$$

Основным недостатком критерия полной кинетической энергии является то, что он не учитывает форму осколка.

Критерий удельной энергии применяется для оценки поражающего действия по всем классам целей [5]. Характерной и не подтверждаемой экспериментом особенностью критерия удельной энергии является предсказываемая им возможность резкого уменьшения массы ПЭ за счет незначительного повышения скорости.

Критерий удельного импульса в этом смысле занимает промежуточное положение между критериями полной и удельной энергии.

Таким образом, у нас получается полная статистическая модель оценки поражения действия СП по цели с подробно определенными характеристиками. Характеристики, определяющие уязвимость цели по отношению к действию

ПЭ, включают перечень уязвимых агрегатов, материал и толщину эквивалентных преград, коэффициент заполнения агрегата уязвимыми элементами, тип ущерба, наносимый цели, и гипотезы поражения. Задается описание геометрии цели и толщины бронирования в ЦСК плоскими четырехугольниками с заданными координатами вершин, толщиной и материалом, соответствующими физическим характеристикам экрана. Внутреннее оборудование (агрегаты) отображаются в ЦСК элементарными параллелепипедами и находятся в определенной связи, отражающей функциональную схему уязвимости цели по данному типу поражения.

Исходя из содержательного описания процесса огневого воздействия противника на ТС и АСУ, исследования механизмов взаимодействия поражающих факторов с целью, а также рассмотрения качества поражающего действия во взаимосвязях существенных свойств СП и ТС и АСУ, как объекта поражения, оценку степени боевых повреждений предлагается провести по схеме, представленной на рис. 2.

Анализ факторов, определяющих уязвимость сложных технических систем, по аналогии с [8] можно разбить на следующие группы по функциональному признаку (табл. 1). В первую группу входят факторы, характеризующие поражающее действие СП посредством воздействия определенных видов ПФ.

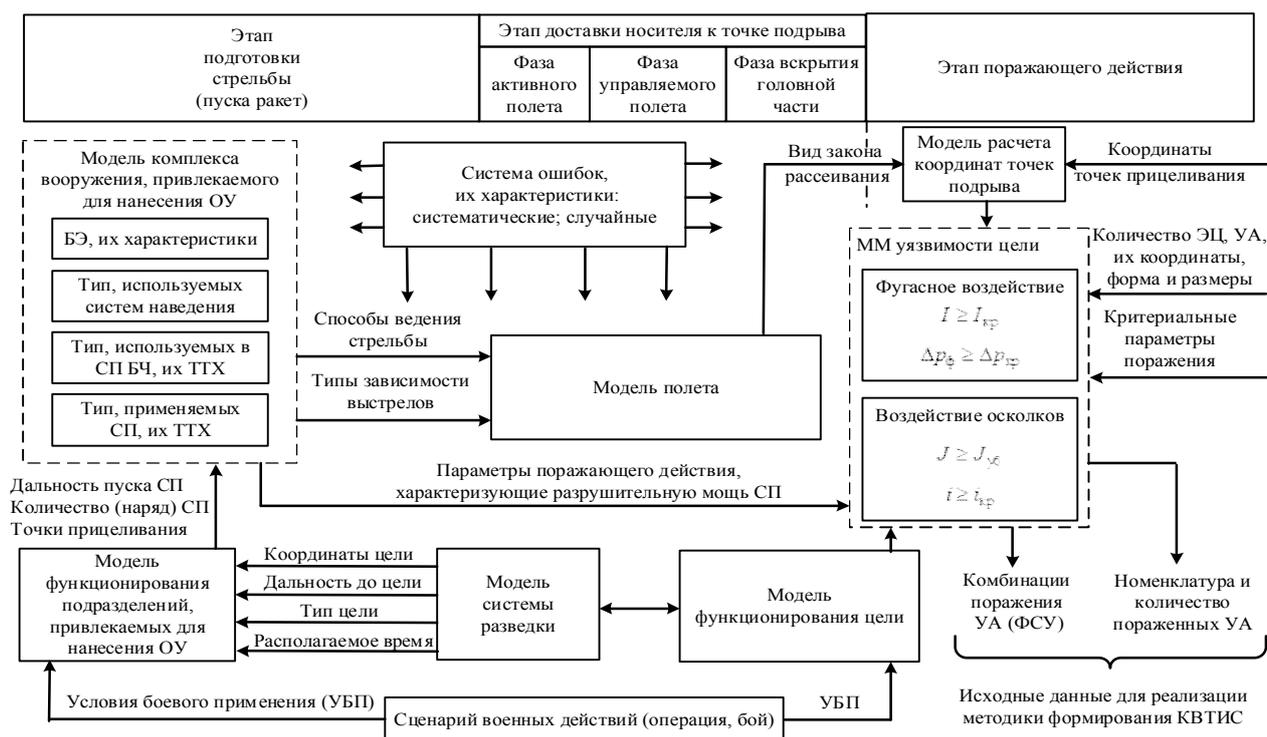


Рис. 2. Схема представления источников исходных данных, их связей и выходной информации

Вторую группу образуют факторы, характеризующие образец ТС и АСУ и отдельные его элементы с точки зрения живучести. Стойкость элементов характеризует способность элементов противостоять неблагоприятным воздействиям, не допуская не только разрушения, но и нарушения

работоспособности или снижения ее уровня. В табл. 1 сокращениям «стох.» и «дет.» соответствует стохастическая и детерминированная природа факторов соответственно.

Таблица 1 - Факторы, определяющие характеристики уязвимости

| Наименование фактора                                                 | Природа | Наличие ИД | Источник ИД                            |
|----------------------------------------------------------------------|---------|------------|----------------------------------------|
| <b>I. Поражающее действие оружия</b>                                 |         |            |                                        |
| 1. Область воздействия<br>(перечень УА, подвергнувшихся воздействию) | стох.   | нет        | система ОВ                             |
|                                                                      |         | да         | модель                                 |
| 2. Разнообразие ПФ                                                   | дет.    | да         | постановка задачи к анализу уязвимости |
| 3. Интенсивность                                                     | стох.   | нет        | система ОВ                             |
|                                                                      |         | да         | модель                                 |
| 4. Продолжительность действия                                        | стох.   | нет        | система ОВ                             |
|                                                                      |         | да         | модель                                 |
| <b>II. Уязвимость цели</b>                                           |         |            |                                        |
| 1. Топология системы                                                 | дет.    | да         | НТД                                    |
| 2. Стойкость элементов                                               | дет.    | да         | НТД                                    |
|                                                                      | стох.   | да         | физический эксперимент                 |

Для оценки роли факторов, возможности и способов их учета в моделях уязвимости важно знать их природу, источник исходных данных об их характеристиках и способы их получения. От того, является ли фактор стохастическим или детерминированным, какие сведения можно получить о характеристиках данного фактора зависит выбор разрабатываемой модели уязвимости. Из табл. 1 видно, что некоторые факторы имеют стохастическую природу, и полный их учет возможен только с помощью вероятностных моделей. Другие же факторы являются детерминированными, и их учет проводится с помощью детерминированных моделей.

Проведенный анализ имеющегося методического обеспечения, позволяющего решить задачу определения характеристик уязвимости ТС и АСУ показал, что в качестве инструмента для моделирования поражающего действия оружия противника целесообразно выбрать объектно-ориентированные методы. Это вызвано следующими неоспоримыми достоинствами данного подхода по сравнению с другими:

наличие большого количества стохастических данных, с которыми данные модели успешно справляются;

модель уязвимости в объектной форме не просто содержит все необходимые сведения о ТС и АСУ и ее УА для расчета поражающего действия, но и активно оперирует ими. В процессе исследований от объектов модели при расчетах воздействия ПФ может потребоваться способность вычислять те или иные характеристики. Создание соответствующих методов и включение их в совместную работу объектов модели не вызывают проблем, так как предусмотрены технологией объектно-ориентированного моделирования.

Таким образом, в качестве инструмента формальной реализации поставленной задачи будет использоваться имитационная модель огневого воздействия противника на основе объектного представления исходных данных и объектных моделей воздействия ПФ, которая является наиболее эффективным способом оценки уязвимости ТС и АСУ для последующего принятия решения о номенклатуре и количестве пораженных УА.

### **Имитационная модель процесса воздействия средств поражения на ТС и АСУ**

Решение задачи определения степени поражения ТС и АСУ (количества УА) в результате огневого воздействия предлагаемым методом статистического моделирования заключается в последовательном накоплении (в результате многократного решения задачи нанесения ударов СП) статистического материала о значениях искомой величины, носящей случайный характер. При этом наиболее приемлемым способом определения степени поражения объектов, имеющих сложную структуру, является моделирование ударов в реальной системе ошибок по повторяемости.

С учетом вышеизложенного, для оценки степени поражения различных объектов огневыми ударами противника принят статистико-аналитический метод моделирования ожидаемой величины степени поражения объектов, имеющих в своём составе УА различной стойкости к воздействию ПФ.

Реализация разработанной математической модели позволит получить следующие выходные данные, необходимые для формирования комплектов военно-технического имущества:

- 1) положение УА в пределах объема поражаемой цели с учётом ее характеристик;
- 2) положение точки подрыва боевой части СП;
- 3) характеристики фугасного воздействия (параметры поражения воздушной УВ взрыва);
- 4) характеристики пробивного воздействия (параметры поражения поля осколков);
- 5) установление события поражения УА цели на основе оценки поражающего действия УВ и ПЭ при подрыве СП осколочно-фугасного действия;
- 6) функциональные схемы уязвимости объекта в соответствии с поражаемыми комбинациями УА;
- 7) степень повреждения объекта по соответствующему типу его поражения.

Для количественного определения параметров указанных характеристик, на основании проведенного анализа научно-технической литературы, исходной для моделирования информацией будут являться сведения о:

- 1) комплексах, применяемых для огневого поражения, и подразделениях (частях, соединениях), привлекаемых к нанесению огневого удара,

типе применяемых СП и их БЧ, ТТХ БЧ, а также характеристиках системы ошибок, сопровождающих нанесение удара СП;

- 2) условиях нанесения удара (дальность пуска, количество СП, привлекаемых к нанесению удара, положение точек прицеливания);
- 3) объекте поражения, (тип цели, количество ЭЦ и входящих в них УА, их координаты, форма и размеры, критериальные параметры поражения (стойкость) УА);
- 4) информации пользователя (уровень доверия  $Q$ , доверительный интервал и число реализаций).

При разработке математического аппарата определения характеристик уязвимости конструктивных элементов ТС и АСУ, а также реализации полученной математической модели, в качестве основных допущений и ограничений приняты следующие:

- 1) объект поражения представляется в виде параллелепипеда, в пределах которого располагаются все УА (также в виде параллелепипедов);
- 2) местоположение, форма и размеры цели в процессе воздействия ПФ не изменяются;
- 3) УА являются конструктивные элементы ТС и АСУ, находящиеся в соответствующем образце ВВСТ.

Для решения сформулированной задачи разработана модель для операционных систем MS Windows, созданная с помощью объектно-ориентированной среды программирования Delphi 7, которая предоставляет наиболее удобный интерфейс пользователя при решении задач имитационного моделирования. В настоящее время осуществляется отладка программы и накопление статистического материала.

В качестве выводов следует отметить, что разработанная модель огневого воздействия является результатом решения научной задачи по формированию рациональных КВТИС. Данная модель позволяет получить необходимые исходные данные, а также может быть применена в качестве инструмента для решения других задач, в целях повышения эффективности функционирования системы связи.

### Литература

1. Воловиков В. С., Чихачев А. В. Анализ системы восстановления военной техники связи и направления ее совершенствования. // Труды Военно-морского политехнического института. Рецензируемый сборник. 2014. № 1(14). С. 78–85.
2. Краснов В. А., Коцыняк М. А. Оценка возможностей противника при планировании связи на операцию (бой). Учебное пособие. Часть 1. СПб.: ВАС, 2011. 128 с.
3. Руководство по техническому обеспечению связи и автоматизированных систем управления Вооружённых сил Российской Федерации. М.: Воениздат, 1994. 288 с.
4. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / Под общ. ред. В.В. Селиванова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 984 с.

5. Общие требования по стойкости к внешним воздействующим факторам. ОТТ 1.1.6-2000. Часть 1. М.: МО, 2000. 94 с.
6. ГОСТ РВ 20.39.304-98. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. М.: Издательство стандартов, 1999. 54 с.
7. Балаганский И. А., Мержневский Л. А. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. Новосибирск: НГТУ, 2004. 408 с.
8. Черкесов Г. Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем. М.: Знание, 1987. 32 с

### References

1. Volovikov V. S., Chikhachev A. V. *Analiz sistemy vosstanovleniya voennoy tekhniki svyazi i napravleniya ee sovershenstvovaniya* [The military communications equipment repair system analysis and directions for its improvement]. *Trudy voennomorskogo politekhnicheskogo instituta*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 78-85. (in Russian).
2. Krasnov V. A., Kotsynyak M. A. *Otsenka vozmozhnostey protivnika pri planirovanii svyazi na operatsiyu (boy)* [Assessment of their opponents in the planning of communication operation (combat). Part 1]. St. Petersburg, Military Academy of Communications Publ., 2011. 128 p. (In Russian).
3. The Manual Maintenance of communication and automated control systems of the Armed Forces of the Russian Federation. Moscow, Military Publ., 1994. 288 p. (In Russian).
4. Selivanov V. V. *Sredstva porazheniya i boepripasy* [Means of destruction and ammunition]. Moscow, Bauman Moscow State University for the Technical Publ., 2008. 984 p. (In Russian).
5. General requirements for resistance to external factors 1.1.6–2000. Part 1. Moscow, Department of Defense Publ, 2000. 94 p. (In Russian).
6. State Standard 20.39.304–98. Machinery, equipment, devices and equipment for military purposes. Requirements of resistance to external factors. Moscow, Standartov Publ., 1999. 54 p. (In Russian).
7. Balaganskii I. A., Merzhnevsky L. A. *Deystvie sredstv porazheniya i boepripasov* [Action means of destruction and ammunition]. Novosibirsk, Novosibirsk State University for the Technical Publ., 2004. 408 p. (In Russian).
8. Cherkesov G. N. *Metody i modeli otsenki zhivuchesti slozhnykh sistem* [Methods and models of assessment of difficult systems survivability]. Moscow, Knowledge Publ., 1987. 32 p. (In Russian).

Статья поступила 17 февраля 2015 г.

### Информация об авторе

Воловиков Владимир Сергеевич – соискатель ученой степени кандидата технических наук. Адъюнкт кафедры технического обеспечения связи и автоматизации Военной академии связи имени Маршала Советского союза С.М. Буденного. Тел.: +7 911 914 48 39. E-mail: [bbcvvc@yandex.ru](mailto:bbcvvc@yandex.ru)  
Адрес: 194064, Россия, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3.

---

## Methodical maintenance of forecasting needs recovery system communication equipment and automated control systems in repair complete sets

Volovikov V. S.

The quality of the recovery process, implemented a system of technical communication and automated control systems, largely determined by the availability of material support of repair, the main element of which in wartime conditions are created in advance supplies repair complete sets. These kits are designed for the repair of military communications coming out of the system primarily due to receiving multiple combat damage. **The purpose of research** – demand forecasting system restore military equipment communication repair complete sets by synthesizing model enemy fire exposure to the elements of military communication networks. Implementation of the model, namely the characterization of vulnerability of structural elements of the samples of communications technology, will provide basic data for solving the task of the formation of rational repair complete sets. **Novelty**: in contrast to existing methodological support of combat losses forecast military communications, based on the use of data on the percentage of its release at some kind of repair, it is proposed to solve the task of building a constructive level of the sample communication technology, and thus, further studies to operate directly probabilistic characteristics of damage elements. The analysis of scientific literature in the subject area allowed at this stage of the work to get the following **result**: done meaningful characterization of the vulnerability of communications technology and automated control systems as an object of destruction and characteristics of the harmful effect of fire weapons, as well as providing a system of criteria relevant parameters affecting factors raw data, output data, formulate assumptions and constraints in modeling, all of which allowed the development of a simulation model of the impact of weapons on military communications. **Practical relevance**: the work will be used to characterize the vulnerability of structural elements, which are the basic data for determining the demand for spare parts in the implementation of the restoration of communications technology in wartime. Thus, the solution of a particular task in the modeling and will solve the main task – the implementation of a technique of formation of rational repair complete sets.

*Key words*: modeling, mean of destruction, goal (object destruction), combat damage, characteristics of vulnerability, simulation model, repair complete sets.

### Information about Author

*Volovikov Vladimir Sergeevich* – Doctoral Student. Postgraduate Student at Department of Technical Maintenance Communication and Automation. Military Academy of Communications. Tel.: +7 911 914 48 39. E-mail: [bbcvvc@yandex.ru](mailto:bbcvvc@yandex.ru)  
Address: Russia, 194064, Saint-Petersburg, Tihoreckiy prospect, 3.