

УДК: 004.942

## **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ОБЩЕВОЙСКОВЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОПЫТА ВЕДЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ**

**Р.О. Сурин (Благовещенск)**

### **Введение**

Процесс ремонта и восстановления вышедших из строя вооружения и военной техники (далее ВВТ) в условиях ведения боевых действий – наиболее сложный, многогранный процесс, который занимает много времени, отрыв личного состава и техники. В целях повышения оперативности выполняемых работ по восстановлению поврежденного ВВТ в сложной тактической обстановке появляется целесообразность использования имитационного моделирования как основного практического способа при выборе вариантов применения ремонтно-восстановительных органов (далее РВО) [6].

При использовании имитационного моделирования в процессе восстановления необходимо учитывать тактико-технические характеристики средств технического обслуживания и ремонта, квалификацию специалистов-ремонтников подразделений РВО, случайный характер времени суток при выполнении текущего (среднего или капитального) ремонта вышедших из строя ВВТ, величину времени на эвакуацию поврежденной ВВТ в район восстановления и возвращения ее в строй.

Сущность имитационной модели процесса ремонта и восстановления поврежденной ВВТ заключается во взаимной увязке временных, пространственных и технологических характеристик системы восстановления вооружения и военной техники (рисунок 1) [2, 3, 7].

Цель моделирования системы ремонта и восстановления поврежденной ВВТ заключается в том, чтобы в ходе ведения боевых действий РВО выполняли свой функционал на 100 %.

Рис. 1 – Структура имитационной модели ремонта и восстановления ВВТ

### **Результаты исследований**

В результате имитации реальных ситуаций в имитационной модели появится возможность быстрой оценки обстановки и эффективных действий РВО на поле боя.

В первом блоке рассматриваются примеры ведения боевых действий, применение ВВТ основных подразделений с выходом из строя некоторых единиц ВВТ, описание содержательной теории в виде формулировок, тезисов, способных распознать ПЭВМ на языке Бейсик [3]. При этом поврежденная ВВТ делится по видам ремонта и определяется трудоемкость восстановления каждого вышедшего из строя образца.

Для расчета потребности в эвакуации поврежденной ВВТ используется известная методика, описанная в работах авторов [3, 5] для БТВТ по выражению:

$$N_H = N_{тр}k_{тр} + N_{ср}k_{ср} + N_{кр}k_{кр} \quad (1)$$

где  $N_H$  – количество неисправных машин, подлежащих эвакуации;  
 $N_{тр}, N_{ср}, N_{кр}$ , – количество поврежденных машин, требующих соответственно: текущего, среднего или капитального ремонта;

$k_{тр}, k_{ср}, k_{кр}$  – коэффициент эвакуации, определяющий долю эвакуируемых машин техническими средствами РВО армии, дивизии, полка. Значения коэффициентов эвакуации приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов эвакуации для ВВТ

Коэффициент эвакуации	армия	дивизия	полк
$k_{тр}$	0,1-0,2	0,3-0,4	0,6-0,7
$k_{ср}$	0,4-0,5	0,4-0,5	0,2-0,3
$k_{кр}$	0,7-0,8	0,3-0,4	0,2-0,3

Для расчета потребности АТ в эвакуации применяется следующая зависимость:

$$N_э = 10^{-4} N_{сп} P k_э \quad (2)$$

где  $N_{сп}$  – списочное количество машин, участвующих в боевых действиях на отдельном направлении, %;

$P$  – общий выход из строя АТ, %;

$k_э$  – коэффициент эвакуации, определяющий долю эвакуируемых машин техническими средствами РВО армии, дивизии, полка.

Значения коэффициентов эвакуации приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов эвакуации для АТ

Коэффициент эвакуации	армия	дивизия	полк
$k_{тр}$	1-2	8-15	35-40
$k_{ср}$	7-8	7-8	6-10
$k_{кр}$	8-10	7-8	4-5

Результаты расчета суммарных потребностей в эвакуации с учетом принятых вариантов допустимых потерь ВВТ ( $P_{дон}$ ) сведены в таблицу 3.

После прогнозируемого количества выхода поврежденных ВВТ, требующих эвакуации, таблица 3 примет вид, представленный таблицей 4.

Таблица 3 – Потребности ВВТ в эвакуации

Наименование ВВТ	Количество ВВТ требующей эвакуации, ед.		
	$P_{дон} = 15 \%$	$P_{дон} = 40 \%$	$P_{дон} = 70 \%$
<i>Ракетно-артиллерийское вооружение</i>			
НА полкового звена	6/5	12/11	21/17
НА дивизионного звена	6/5	10/9	17/14
Ср. ПВО полкового звена	4/4	6/5	11/9
Ср. ПВО дивизионного звена	3/3	5/3	7/5
<i>Бронетанковое вооружение и техника</i>			
Танки	9/7	22/18	37/32
БМП	24/18	58/47	89/73
БТР	2/2	8/6	13/10
<i>Автомобильная техника</i>			
КМ	86/45	192/106	354/187
ГМ	7/16	15/32	25/52

Таблица 4 – Распределение потребностей ВВТ в эвакуации по техническим средствам эвакуации РВО

Наименование средств эвакуации	Количество ВВТ требующей эвакуации, ед.		
	$P_{дон} = 15 \%$	$P_{дон} = 40 \%$	$P_{дон} = 70 \%$
Гусеничные тягачи частей	52	121	197
Гусеничные тягачи соединения	69	146	226
Колесные тягачи частей	86	192	354
Колесные тягачи соединения	45	106	187

С целью определения абсолютных значений в ремонте и восстановлении поврежденного ВВТ проводится распределение вероятности в проведении ремонта ВВТ, по видам ремонта в различных диапазонах его трудоемкостей, которое определяется на основе закона, описанного в работе [3].

$$F = 1 - e^{-\frac{g_i}{\bar{g}_i}}, \quad (3)$$

где  $g_i$  – текущая критерия трудоемкости ремонта образца ВВТ, чел.-ч;

$\bar{g}_i$  – средняя критерия трудоемкости ремонта  $i$ -го образца ВВТ, чел.-ч (таблица 5).

Во втором блоке рассматривается пространственная модель размещения вышедших из строя ВВТ, находящихся на определенном расстоянии от технических средств РВО, временные показатели подскока к поврежденной ВВТ, способы и методы эвакуации, ремонта и восстановления неисправной ВВТ в ходе ведения боевых действий.

Применение пространственной модели в имитации боя позволяет оценить наиболее рациональное соотношение между количеством ведущих боевые действия подразделений (участвующей в бою ВВТ) и техническими средствами ремонтно-восстановительных органов, работающих на отдельных тактических направлениях.

Таблица 5 – Средние значения трудоемкости текущего ремонта ВВТ

Наименование ВВТ	Трудоемкость текущего ремонта от обычных средств поражения, чел.-ч
Танки (Т-72БЗ, Т-80УБМ)	125
БМП (БМП-2, БМП-3)	100
БТР (БТР-82А)	50
АТ (КМ)	25
АТ (ГМ)	35
НА полкового звена	40
НА дивизионного звена	50
Средства ПВО дивизионного звена	260
Средства ПВО полкового звена	110

Таким образом, все объекты, участвующие в поражении противника на поле боя, оцениваются по возможностям их восстановления в результате выхода ВВТ из строя всеми имеющимися техническими средствами РВО, находящимися в боевых порядках основных подразделений. Последовательность в имитационной модели выражается в виде алгоритма, размещенного на временной оси, в соответствии с определенной плотностью распределения технических средств РВО. Каждому элементу алгоритма по времени соответствует определенное размещение вышедших из строя ВВТ на местности, порядок работы технических средств РВО по эвакуации, ремонту и восстановлению поврежденной ВВТ по видам и трудоёмкости восстановления неисправного ВВТ.

Имитируя деятельность каждой условной единицы подразделения, участвующей в боевых действиях, позволяет имитационной модели увязать в единую систему переменные показатели работоспособности технических средств ремонта и восстановления РВО, исследовать эффективность функционирования системы восстановления в зависимости от вариантов использования РВО.

В качестве постоянных критериев в имитационной модели взяты за основу:

- скорость выдвигания тягача к неисправному (поврежденному) объекту ВВТ и скорость эвакуации этого объекта, км/ч;
- скорость передвижения ремонтных технических средств, км/ч;
- время развёртывания ремонтных технических средств  $j$  - го звена системы, ч.

В качестве переменных показателей системы восстановления ВВТ в имитационной модели приняты:

- продолжительность работы ремонтно-восстановительных органов  $j$  - го звена, ч;
- объём работ, принятый на  $j$  - е звено системы восстановления, чел.-ч;
- количество действующих самостоятельных ремонтно-восстановительных органов, ед.;
- объём каждого самостоятельного ремонтно-восстановительного органа, ед.;
- количество единичных средств эвакуации в каждом звене РВО, ед.;
- количество специалистов-ремонтников в условной ремонтной бригаде, чел.;
- расстояние между ремонтируемым ВВТ и ремонтным фондом, км.

В основу примененной имитационной модели положена модель функционирования системы ремонта и восстановления, описанная в исследовании [3]. Модель описана на языке моделирования GPSS (приложения Е, Ж) [1, 3, 4].

Эвакуация поврежденного ВВТ в ходе ведения боя осуществляется по стандартной системе:

– из-под огня противника в ближайшее укрытие и за тыльную границу батальонного района обороны в район передачи поврежденного ВВТ силам и средствам старшего начальника - силами батальонного звена;

– из района передачи неисправного ВВТ осуществляется эвакуация ВВТ на сборный пункт поврежденных машин (СППМ) полка (бригады) - силами полкового (бригадного) звена.

При выходе из боя и отходе на запасную позицию эвакуация осуществляется всеми эвакуационными средствами от рубежа к рубежу.

Ремонт поврежденного ВВТ, с текущим ремонтом до 10 чел.-ч производится силами экипажей с представителями ремонтных подразделений соединения, воинской части в ближайших укрытиях; с ремонтом от 10 до 50 чел.-ч на СППМ бригады (полка). Места размещения СППМ, а также количество ремонтных бригад, работающих на СППМ, в ходе моделирования меняются в зависимости от обстановки.

Для восстановления поврежденного ВВТ от подразделений поступают заявки на восстановление неисправной техники. Поток заявок на ремонт фиксируется в подсистеме имитационной модели ремонта и восстановления ВВТ, распределяется по звеньям системы технического обслуживания и ремонта РВО армия, дивизия, полк. Время, необходимое для проведения ремонта различными звеньями системы, ограничивается возможной продолжительностью работы ремонтного органа на одном месте, уменьшенное на время, необходимое для доставки ремонтного фонда к месту ремонта и время, необходимое для свертывания ремонтной бригады и перемещения в новый район (если это необходимо).

Время для обслуживания 1-ой заявки в системе эвакуации поврежденной ВВТ зависит от плеча эвакуации и тактико-технической характеристики эвакуационных технических средств определяется по формуле:

$$T_3 = \left( \frac{L}{V_1} + \frac{L}{V_2} \right) \quad (4)$$

где  $L$  – плечо эвакуации, км;

$V_1$  – средняя скорость движения эвакуационного средства без буксируемого средства, км/ч;

$V_2$  – средняя скорость эвакуационного средства при буксировании поврежденного ВВТ км/ч.

Значения плеча эвакуации принимается по результатам моделирования боя.

Значения средней скорости  $V_1, V_2$  представлены в таблице 6 [3].

Таблица 6 – Значения средней скорости движения тягачей ( $V_1$ ) ( $V_2$ )

Наименование эвакуационного средства	Скорости движения эвакуационных средств	
	$V_1$ км/час	$V_2$ км/час
БРЭМ-1	25	10
БРЭМ-2	30	12
БТС-4	20	5
РЭМ-КЛ	40	20

Время обслуживания одной заявки в системе ремонта определяется по формуле:

$$T_{\text{рем}} = \frac{\tau_{\text{ср}}}{n} \quad (5)$$

где  $t_{cp}$  – средняя трудоемкость ремонта в данном звене системы, чел.-ч;

$n$  – количество специалистов-ремонтников в РВО, чел.

Обработка заявок в различных звеньях системы различна в связи с неодинаковой трудоемкостью проводимого ремонта в звеньях, количества личного состава и технических средств в ремонтных бригадах, и определяется для каждого вида ВВТ и звена системы отдельно.

Время на обслуживание 1-ой заявки в системе имитационной модели и возвращения отремонтированной ВВТ в строй определяется по формуле:

$$T_b = \frac{S}{V} \quad (6)$$

где  $S$  – расстояние от места размещения ремонтного органа до района расположения подразделения, где находится отремонтированный образец ВВТ, км;

$V$  – средняя скорость движения отремонтированного образца ВВТ, км/ч.

### Заключение

Представленная имитационная модель системы восстановления позволяет осуществлять исследование процесса восстановления вышедших из строя ВВТ в любом масштабе, начиная с подразделения.

За счет имитации реальных ситуаций в имитационной модели получена возможность оценивать эффективность функционирования составляющих системы восстановления, установления степени влияния изменения параметров и начальных условий имитации на показатели эффективности в целом.

### Литература

1. Автотехническое обеспечение войск. М: Воениздат, 1992. – 447с.
2. **Максимей И.В.** Имитационное моделирование на ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
3. Надежность и эффективность в технике. Справочник. Том 1. М.: «Машиностроение», 1986. – 223 с.
4. Нормативы по танкотехническому обеспечению войск. М: Воениздат, 1986. - 208 с.
5. Справочно-методическое пособие по службе ракетно-артиллерийского вооружения. М.: ГРАУ МО РФ, 2002. – 329 с.
6. **Сурин Р.О.** Проблемы и перспективы развития системы управления техническим обеспечением в ходе проведения спецопераций / Вторая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в военной сфере «Имитационное моделирование систем военного назначения, действий войск и процессов их обеспечения» («ИМСВН-2022»). Труды конференции, Санкт-Петербург: ВА МТО; Москва: РИОР, 2022. – 199 с. – ISBN 978-5-369-02106-4. С. 167-172.
7. **Сурин Р.О.** Влияние эксплуатационных свойств на тактико-технические характеристики при выборе подвижных средств технического обслуживания / Совершенствование систем эксплуатации и восстановления вооружения и военной техники. Роль качества подготовки военных специалистов технического обеспечения. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. Омск: Омский АБИИ, 2022. С. 4-7