



УДК 519.8

© 2021 г. **В.В. Свиридов**, канд. техн. наук  
(филиал Военной академии РВСН имени Петра Великого, Серпухов),  
**В.М. Лазарев**, д-р техн. наук  
(АО «Системы управления», Москва)

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ ПРОТИВНИКУ НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ВЫСОКООРГАНИЗОВАННОГО БОЯ

В статье представлена аналитическая модель применительно к решению задачи прогнозирования среднего количества пораженных и непораженных сил противника и группы робототехнических комплексов на основе математической модели высокоорганизованного боя. Динамика боя описывается как случайный марковский процесс, позволяющий определить средние численности сторон для любого момента времени.

**Ключевые слова:** высокоорганизованный бой, робототехнический комплекс, противник, эффективная скорострельность, уравнение динамики средних, математическое ожидание боеспособных единиц, приведенное время, прогноз.

DOI: 10.22250/isu.2021.68.23-33

### Введение

Опыт подготовки и ведения боевых действий свидетельствует о том, что войска, их повседневная и особенно боевая деятельность должны быть всесторонне обеспечены. При этом особую роль в боевом обеспечении войск играет охрана и оборона объекта [1].

Анализ задач, определяющих содержание охраны и обороны, показывает, что эффективность их выполнения напрямую зависит от способности сил охранения своевременно обнаружить противника и уничтожить его на дальних подступах к охраняемым объектам. Качественно решить эту задачу

возможно с внедрением в систему охраны технологий военной робототехники, которая в настоящее время является одним из приоритетных направлений, используемых при создании новых и модернизации состоящих на вооружении образцов вооружения и военной техники [2 – 4]. Путем роботизации вооружения и военной техники предполагается достичь качественного улучшения параметров эффективности существующих и перспективных образцов вооружения и военной техники, расширить их функциональные возможности, а также максимально сократить потери личного состава в ходе ведения боевых действий.

Оценкой функциональных возможностей образцов робототехнических комплексов (РТК) являются результаты математического моделирования. Для такой оценки необходимо использовать модели двухсторонних боевых действий, так как они позволяют более полно оценить степень приспособляемости данного образца к решению поставленных задач. В настоящее время разработаны различные типы моделей двухсторонних действий. К ним в первую очередь относятся модели, построенные на основе метода динамики средних [5, 6].

## 1. Постановка задачи

Пусть существует группа противника ( $A$ ) в составе  $N_1$  нарушителей, вооруженная стрелковым автоматом Калашникова (АК) со скорострельностью  $\gamma_1$  и вероятностью попадания первого патрона в цель  $P_1^{AK}$  группа робототехнических комплексов охраны ( $B$ ) в составе  $N_2$  комплексов, вооруженная пулеметом Калашникова (ПКТ) со скорострельностью  $\gamma_2$  и вероятностью попадания первого патрона в цель  $P_1^{ПКТ}$ .

Эффективная скорострельность боевых единиц стороны ( $A$ ):

$$v = \gamma_1 P_1^{AK}, \text{ стороны } (B): \quad u = \gamma_2 P_1^{ПКТ}.$$

*Допущения:*

противник может вести огонь по любому РТК группы до тех пор, пока РТК не будет поражен и, наоборот, РТК вести огонь по любой боевой единице противника до тех пор, пока он не будет поражен;

перевод огня после уничтожения боевой единицы какой-либо из сторон происходит мгновенно, без задержек;

уничтоженная единица каждой из сторон в бою больше не участвует, пополнение сторон нет;

временем полета пули пренебрегаем;

количество боеприпасов неограниченно;

перевод огня на другую цель не влияет на время прицеливания, перезаряда боеприпаса и вероятность поражения;

вероятности  $P_1^{AK}$  и  $P_1^{PKT}$  в течение боя остаются постоянными и не обязательно равными;

обе стороны ( $A$ ) и ( $B$ ) многочисленны.

Каждая боевая единица сторон может находиться в двух состояниях, соответственно:  $S_1$  ( $S_2$ ) – не поражена;  $S'_1$  ( $S'_2$ ) – поражена. Обе стороны имеют полную и не запаздывающую информацию о состоянии единиц сторон (поражены или нет) и ведут огонь только по уцелевшим единицам.

При данных допущениях бой может рассматриваться как случайный марковский процесс, для которого могут быть получены уравнения динамики средних, позволяющие определить для любого момента времени средние численности сторон [4, 5].

## 2. Построение уравнения динамики средних для каждой из сторон

Для перевода одного РТК (сторона ( $B$ )) из состояния  $S_2$  в состояние  $S'_2$  потребуется поражающих выстрелов нарушителя (стороны ( $A$ )) с потоком интенсивности  $\tilde{\gamma}_1$ . По аналогии  $\tilde{\gamma}_2$  – интенсивность потока поражающих выстрелов стороны ( $B$ ), приходящихся на одного противника стороны ( $A$ ) для перевода его из состояния  $S_1$  в состояние  $S'_1$ . Для начального состояния при  $t = 0$  имеем [6]:

$$\tilde{\gamma}_1 = \frac{\nu N_1}{N_2}, \quad \tilde{\gamma}_2 = \frac{\nu N_2}{N_1}, \quad (2.1)$$

где  $\nu = \gamma_1 P_1^{AK}$  – эффективная скорострельность боевых единиц противника;  $u = \gamma_2 P_1^{PKT}$  – эффективная скорострельность РТК.

В ходе боя (при  $t \neq 0$ ) численность боеспособных боевых единиц каждой из сторон будут уменьшаться случайным образом, так как в соответствии с допущениями (см. постановку задачи) отсутствует пополнение средств у каждой из сторон. Если  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  – случайные численности противника (сторона ( $A$ )) и группы РТК (сторона ( $B$ )) соответственно, тогда интенсивность потока поражающих выстрелов каждой из сторон равна:

$$\tilde{\gamma}_1 = \frac{\nu x_1(t)}{x_2(t)}, \quad \tilde{\gamma}_2 = \frac{u x_2(t)}{x_1(t)}. \quad (2.2)$$

Скорострельности вооружений  $\gamma_1(t)$  и  $\gamma_2(t)$  сторон ( $A$ ) и ( $B$ ) зависят не от мгновенных значений численности  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$ , а от их средних значений, т.е. математического ожидания.

Ввиду того, что в бою сторона (А) применяет  $N_1$  противников, а сторона (В) применяет РТК в количестве  $N_2$ , то общие интенсивности поражающих выстрелов у сторон соответственно равны  $\varphi(x_1)$  и  $\varphi(x_2)$ .

Очевидно, интенсивность поражающих выстрелов  $\tilde{\gamma}_1$  и  $\tilde{\gamma}_2$ , приходящихся на одну боевую единицу каждой из сторон,  $\tilde{\gamma}_1 = \frac{\varphi(x_1)}{x_1}$  и  $\tilde{\gamma}_2 = \frac{\varphi(x_2)}{x_2}$  соответственно.

Согласно закону больших чисел, численности сохранившихся боевых единиц сторон в каждый момент времени боя близки к средним численностям (математическим ожиданиям), что дает возможность не рассматривать подробности, связанные со случайным состоянием отдельно взятой боевой единицы, а рассматривать процесс боевых действий как детерминированный [7]. При этом допущении все показатели боя уже не являются случайными величинами и заменяются математическими ожиданиями [8], тогда:

$$\tilde{\gamma}_1 = \frac{\varphi(m_1)}{m_1}, \quad \tilde{\gamma}_2 = \frac{\varphi(m_2)}{m_2}.$$

Заменим  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  в выражении (2.2) их математическими ожиданиями  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$

$$\tilde{\gamma}_1 = \frac{\nu m_1(t)}{m_2(t)}, \quad \tilde{\gamma}_2 = \frac{u m_2(t)}{m_1(t)}. \quad (2.3)$$

Запишем уравнение динамики средних для состояний  $S_1$  и  $S_2$ :

$$\begin{cases} \frac{dm_1(t)}{dt} = -\frac{\nu m_2(t)}{m_1(t)} \cdot m_1(t), \\ \frac{dm_2(t)}{dt} = -\frac{u m_1(t)}{m_2(t)} \cdot m_2(t). \end{cases} \quad (2.4)$$

Средняя численность для состояний  $S'_1$  и  $S'_2$  равна  $m'_1(t)$  и  $m'_2(t)$ , которые связаны с  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$  соответственно:

$$m_1(t) + m'_1(t) = N_1, \quad m_2(t) + m'_2(t) = N_2. \quad (2.5)$$

После упрощения (2.4) уравнение динамики боя примет вид:

$$\begin{cases} \frac{dm_1(t)}{dt} = -\nu m_2(t), \\ \frac{dm_2(t)}{dt} = -u m_1(t). \end{cases} \quad (2.6)$$

Отличительная черта детерминированной модели (2.6) состоит в том, что при заданных  $\gamma_1, \gamma_2, N_1, N_2$  процесс полностью определен для любого момента времени  $t > 0$ . При стохастическом процессе модель (2.6) описыва-

ет динамику математических ожиданий численностей боевых единиц, участвующих в бою с каждой стороны, и, следовательно, характеризует бой в среднем, представляя лишь оценки для каждой конкретной реализации. Отличительной чертой стохастического процесса является непредсказуемость точных результатов, которая проявляется в прогнозировании только средних значений вероятности наступления тех или иных событий или средних моментов распределения результатов боя.

Для динамических процессов боевых действий аналитические модели удается построить, если они представляют собой марковские случайные процессы. Любой случайный процесс путем соответствующего выбора (построения) пространства состояний может быть достаточно точно аппроксимирован марковским процессом [9, 10].

### **3. Модель высокоорганизованного боя группы робототехнических комплексов и группы противника**

Искомые численности противника ( $m_1(t)$ ) и группы РТК ( $m_2(t)$ ) находим с помощью интегрирования системы уравнения (2.6) при начальных условиях ( $t = 0$ ),  $m_1(0) = N_1$ ,  $m_2(0) = N_2$ .

Далее аргумент  $t$  при вычислении  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$  опустим, тогда:

$$m_1 = N_1 ch(\sqrt{vu} \cdot t) - N_2 \sqrt{\frac{u}{v}} sh(\sqrt{vu} \cdot t), \quad (3.1)$$

$$m_2 = N_2 ch(\sqrt{vu} \cdot t) - N_1 \sqrt{\frac{v}{u}} sh(\sqrt{vu} \cdot t). \quad (3.2)$$

Доля боеспособных единиц стороны (A)  $\omega_1 = \frac{m_1}{N_1}$ , а стороны (B)  $\omega_2 = \frac{m_2}{N_2}$ .

Эффективные скорострельности  $v$  и  $u$  характеризуют плотности потоков успешных выстрелов каждой из сторон, тогда коэффициент преимущества ( $k_v$ ) стороны (A) над стороной (B) вычисляется:  $k_v = \frac{N_1 \sqrt{v}}{N_2 \sqrt{u}}$ , а коэффициент преимущества ( $k_u$ ) стороны (B) над стороной (A):  $k_u = \frac{N_2 \sqrt{u}}{N_1 \sqrt{v}}$ . Далее

обозначим  $\tilde{t} = \sqrt{vu} \cdot t$  – приведенное время. С учетом обозначений, уравнение динамики боя представляется следующим образом [10, 11]:

$$\begin{cases} \omega_1 = ch \tilde{t} - \frac{1}{k_v} sh \tilde{t}, \\ \omega_2 = ch \tilde{t} - k_u sh \tilde{t}. \end{cases} \quad (3.3)$$

Представленная математическая модель позволяет спрогнозировать результаты двухстороннего боя со средствами вооружения менее скорострельными, нежели АК и ПКТ (например, для двухстороннего боя танков и гаубиц). Поэтому для проведения аналитического моделирования высокоорганизованного двухстороннего боя здесь используется стрельба каждой стороной одиночными патронами очередью, по три патрона каждой из сторон.

#### 4. Пример моделирования высокоорганизованного боя группы робототехнических комплексов и группы противника

Группа противника, вооруженная стрелковым оружием типа АК-74, нападает на объект, охраняемый группой РТК, вооруженных ПКТ. Вероятность попадания первого патрона противником по РТК на дистанции в 1000 метров  $P_1^{AK} = 0,33$ . Вероятность попадания первого патрона РТК по противнику на дистанции в 1000 метров  $P_1^{PKT} = 0,26$ . Скорострельность АК-74 составляет  $\gamma_{AK} = 600$  (в/мин); скорострельность ПКТ составляет  $\gamma_{PKT} = 650$  (в/мин). Таким образом, эффективная скорострельность боевой единицы противника (вооруженного АК-74):

$$v = \gamma_{AK} P_1^{AK} = 600 \cdot 0,33 = 198 \text{ (в / мин)}.$$

Эффективная скорострельность РТК (вооруженного ПКТ)

$$u = \gamma_{PKT} P_1^{PKT} = 650 \cdot 0,26 = 169 \text{ (в / мин)}.$$

Плотность потоков успешных выстрелов у противника  $k_v = \frac{N_1 \sqrt{v}}{N_2 \sqrt{u}}$ , а у РТК  $k_u = \frac{N_2 \sqrt{u}}{N_1 \sqrt{v}}$ .

Рассмотрим порядок распределения коэффициента преимущества от численности сторон (табл. 1).

Таблица 1

		Противник							
РТК	5	10	15	20	25	30	35	40	
5	1,082	2,165	3,247	4,330	5,412	6,494	7,577	8,659	
10	0,541	1,082	1,624	2,165	2,706	3,247	3,788	4,330	
15	0,361	0,722	1,082	1,333	1,804	2,165	2,526	2,886	
20	0,271	0,541	0,750	1,082	1,353	1,624	1,894	2,165	
25	0,216	0,433	0,600	0,866	1,082	1,299	1,515	1,732	
30	0,180	0,361	0,500	0,722	0,902	1,082	1,263	1,443	
35	0,155	0,309	0,429	0,619	0,773	0,928	1,082	1,237	
40	0,135	0,271	0,375	0,541	0,677	0,812	0,947	1,082	

Из данных таблицы видно, что при равных численностях группы РТК и противника коэффициент преимущества  $k_v > 1$  и равен 1,082. Это связано с тем, что эффективная скорострельность вооружения у противника выше в 1,17 раза, чем у РТК. При  $k_v > 1,082$  бой выиграет противник, а при  $k_v < 1,082$  бой выиграет группа РТК. Если силы сторон равны ( $k_v = 1$ ), то в любой момент боя боеспособность каждой из сторон будет практически одинаковой.

Из графика (рис. 1) видно, что с каждым увеличением количества РТК первоначальный порог коэффициента преимущества противника уменьшается в среднем на 0,36.

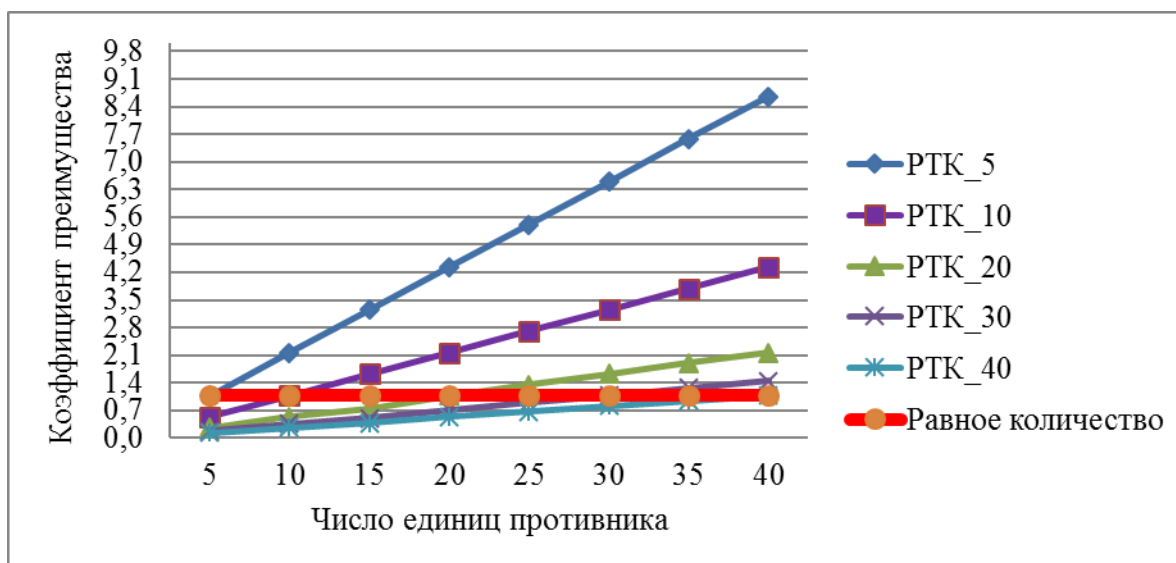


Рис. 1. График преимущества между РТК и противником.

Для проведения аналитического моделирования заменим эффективную скорострельность противника ( $v$ ), вооруженного АК-74, на вероятность поражения  $P_{пораж}^{AK} \geq P_{треб.} = 0,95$ ; эффективная скорострельность РТК ( $u$ ), вооруженного ПКТ, вероятностью поражения  $P_{пораж}^{AK} \geq P_{треб.} = 0,95$  [5]. Вероятность попадания первого патрона с АК ( $P_1^{AK}$ ) по грудной фигуре на дистанции в 300 м равна 0,82; вероятность попадания первого патрона с ПКТ ( $P_1^{ПКТ}$ ) по грудной фигуре равна 0,99 [12].

Из [5 – 7] следует, что вероятность попадания первых (одиночных) выстрелов заметно ниже, чем вероятность попадания очередей по три выстрела. То есть стрельба очередями экономит главный ресурс – время на поражение цели, поэтому дальнейший анализ эффективности способов стрельбы будем производить только по очередям в три выстрела.

Вероятность попадания очередью с трех патронов вычисляется по выражениям [6]:

$$P_{попад.}^{AK} = 1 - (1 - P_1^{AK})^m, \quad P_{попад.}^{ПКТ} = 1 - (1 - P_1^{ПКТ})^m \quad (4.1)$$

где  $P_I^{AK}$ ,  $P_{попад.}^{ПКТ}$  – вероятность попадания первого патрона в цель соответственно с АК и ПКТ;  $m$  – количество одиночных выстрелов каждой противоборствующей стороной.

При условии, что  $P_{попад.} \geq 0,95$ , принимается  $P_{попад.} = P_{пораж.}$ .

Количество патронов, необходимых для поражения одного противника или одного РТК, рассчитывается по формуле [5]:

$$j = m/P_{попад.} \quad (4.2)$$

Выражение (4.2) применяется для проверки расчетов.

Рассчитаем математическое ожидание для каждой из сторон по выражению (3.1) и (3.2), а долю боеготовности каждой стороны – по выражению (3.3) очередью по три патрона. Результаты моделирования – в табл. 2.

Таблица 2

Время	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Противник (N1)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
РТК (N2)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$P_I^{AK}$	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
$P_{попад.}^{ПКТ}$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
S (ф)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Расстоян., R	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Серия (патрон)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$k_v$	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997
$P_{попад.}^{AK}$	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
$P_{попад.}^{ПКТ}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
j (АК)	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018	3,018
j (ПКТ)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
$P_{пораж.}^{AK}$	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
$P_{пораж.}^{ПКТ}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\tilde{Y}_1$	0,497	0,994	1,491	1,988	2,485	2,983	3,480	3,977	4,474	4,971	5,468	5,965	6,462	6,959
$\tilde{Y}_2$	0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000
m1	3,029	1,828	1,090	0,628	0,326	0,106	-0,087	-0,302	-0,594	-1,037	-1,742	-2,889	-4,770	-7,861
m2	3,045	1,862	1,151	0,733	0,501	0,396	0,392	0,486	0,705	1,102	1,778	2,906	4,771	7,847
$\tilde{t}$	0,499	0,997	1,496	1,994	2,493	2,991	3,490	3,988	4,487	4,985	5,484	5,982	6,481	6,980
$\omega_1$	0,606	0,366	0,218	0,126	0,065	0,021	-0,017	-0,060	-0,119	-0,207	-0,348	-0,578	-0,954	-1,572
$\omega_2$	0,609	0,372	0,230	0,147	0,100	0,079	0,078	0,097	0,141	0,220	0,356	0,581	0,954	1,569

График доли боееспособности сил противника и группы РТК за приведенное время, при соотношении боевых единиц 5:5, показан на рис. 2.

Из анализа графика 2 видно, что при равном количестве боевых единиц сторон за приведенное время  $\tilde{t} = 2,99$ , боееспособность сил противника резко сократилась.

Математическое ожидание боееспособности противника составляет 1,17 к 1,28 математическому ожиданию боееспособности группы РТК, при коэффициенте преимущества противника  $k_v = 0,96$ .

Проведем моделирование при соотношении сторон 10:5 (противник: РТК). Результаты моделирования представлены на рис. 3.



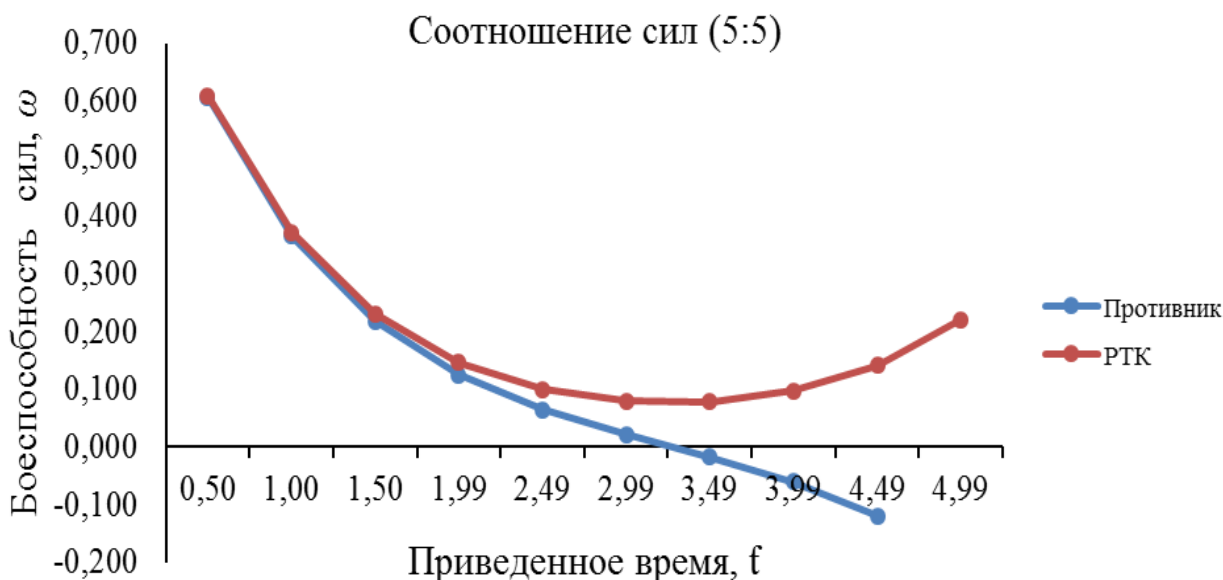


Рис. 2. График доли боеготовности сил противника и группы РТК за приведенное время при соотношении боевых единиц 5:5.

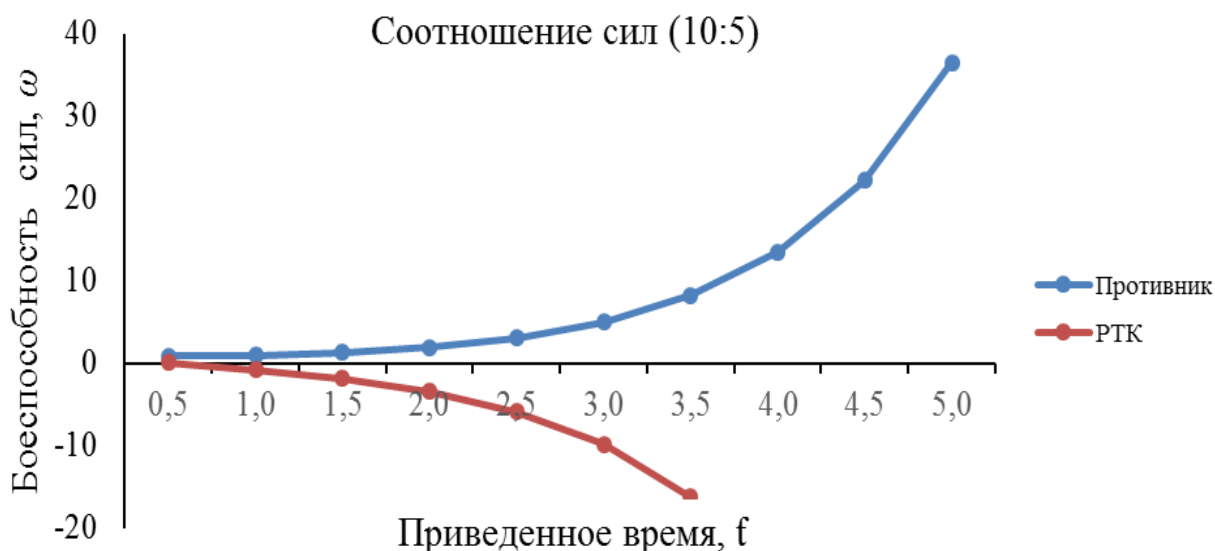


Рис. 3. График боеготовности сил противника и группы РТК за приведенное время при соотношении боевых единиц 10:5.

При двукратном увеличении сил противника (рис. 3) наблюдается увеличение коэффициента преимущества противника ( $k_v = 1.994$ ), что свидетельствует о понижении боеготовности РТК в первые минуты боя.

Проведем моделирование при соотношении сторон 5:10 (противник: РТК). Результаты представлены на рис. 4.

Из анализа графиков 3 и 4 следует, что двукратном увеличении боевых единиц у одной из сторон (А) или (В) преимущество уже на первой минуте боя получает сторона с большей численностью. Так, при соотношении группировок 10:5 (рис. 3) коэффициент преимущества противника ( $k_v$ ) равен 1,994; при соотношении 5:10 (рис. 4)  $k_v = 0,499$ .

Из представленных результатов моделирования видно, что убывание численности сторон в большей степени зависит от соотношения группировок  $N_1/N_2$ , а не от эффективных скорострельностей боевых единиц  $v/u$ .

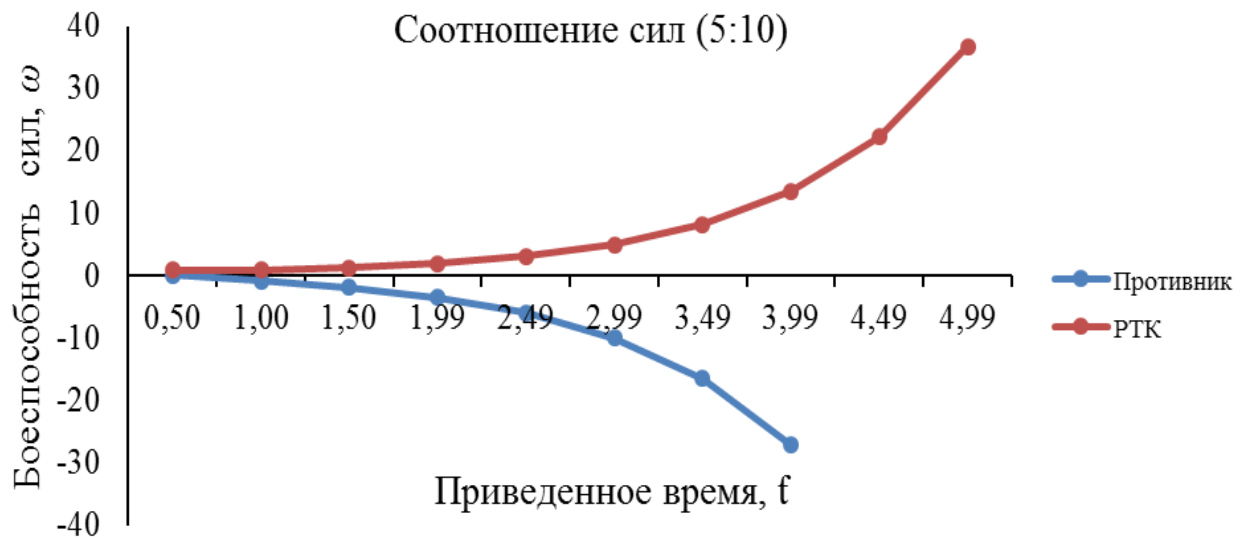


Рис. 4. График боееспособности сил противника и группы РТК за приведенное время при соотношении боевых единиц 5:10.

Так, например, увеличение начальной численности стороны (А) перед стороной (В) удваивает коэффициент преимущества  $k_v$ , а увеличение на тот же порядок эффективной скорострельности ( $v$ ) стороны (А) – всего в 1,4 раза.

## Выводы

1. При стохастической трактовке математическая модель описывает динамику математических ожиданий численностей боевых средств двух группировок, участвующих в бою, т.е. характеризует бой в среднем, давая оценки для каждой конкретной реализации.

2. Представленная математическая модель позволяет спрогнозировать, какое необходимое количество боевых единиц одной стороны способно противостоять другой при различной эффективной скорострельности применяемого сторонами вооружения.

3. Учитывая приведенное время (как показатель качества высокоорганизованного боя), математическая модель позволяет спрогнозировать своевременное выделение необходимого количества сил усиления одной группировки для своевременного подавления другой.

4. Основные усилия при использовании математических и имитационных моделей должны быть направлены на качественную подготовку и обоснованность используемых при моделировании исходных данных. При этом

особое внимание должно быть уделено оценке мониторинговых возможностей для качественного описания возможной стратегии противоборствующих средств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегическое ракетное вооружение. Методология, опыт, проблемы. Книга 1. – М.: 4 ЦНИИ, 2003.
2. *Каляев И.А., Рубцов И.В.* Боевым роботам нужна программа // Национальная оборона. – 2012. – № 8(77). – С. 34-48.
3. *Сердюк П., Слюсар В.* Средства связи с наземными роботизированными системами. Современное состояние и перспективы // Электроника. Наука, технология, бизнес. – 2014. – № 7(00139). – С. 66-74.
4. *Хрипунов С.П., Благодаряцев И.В., Чиров Д.С.* Военная робототехника: современные тренды и векторы развития // Тренды и управление. – 2015. – № 4. – С. 410-422.
5. Огневая подготовка / под ред. А.С. Бургучева. – М.: Воениздат, 2008.
6. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. – М.: УРСС, 2006.
7. Свиридов В.В., Повшенко Г.Т., Федосеенко Н.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020614057 Российская Федерация. Программа для ЭВМ «Расчет адаптивного группового управления робототехническими комплексами военного назначения на основе гибкости структуры системы управления к изменяющимся внешним условиям, с оценкой боевой эффективности». Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 26.03.2020 г.
8. *Пашков Н.Ю., Строгалев В.П., Чуев В.Ю.* Смешанная модель динамики средних для многочисленных группировок // Оборонная техника. – 2000. – № 9-10. – С. 19-21.
9. Вероятностная модель боя многочисленных группировок // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». Спец. вып. «Математическое моделирование». – 2011. – С. 223-232.
10. *Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н.* Особенности математического моделирования технических устройств // Математическое моделирование и численные методы. – 2014. – № 1. – С. 5-17. DOI: 10.18698/2309-3684-2014-1-517.
11. *Тараканов К.В., Овчаров Л.А., Тырышкин А.Н.* Аналитические методы исследования систем. – М.: Сов. радио, 1974.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии И.Е. Ереминым.*

*E-mail:*

*Свиридов Виктор Викторович – vodiriv@list.ru;*

*Лазарев Виктор Михайлович – lazarev@oaosu.ru.*