

Математика и математическое моделирование. 2019.
№ 03. С. 25 – 35.

DOI: [10.24108/mathm.0319.0000189](https://doi.org/10.24108/mathm.0319.0000189)



© С.С. Неустроев, В.И. Сердюков,
Н.А. Сердюкова, С.И. Шишкина

УДК 519.8; 519.9

Анализ событий из истории Великой Отечественной войны методами математического моделирования

Неустроев С.С.¹, Сердюков В.И.^{1,2},
Сердюкова Н.А.³, Шишкина С.И.^{2,*}

¹Институт управления образованием Российской академии образования, Москва, Россия

²МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

³Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

* shish-bmstu@mail.ru

Рассмотрены отдельные события истории Великой Отечественной войны, связанные с действиями танков из засад. Построена математическая модель боя, обобщающая ранее опубликованные в данном журнале модели, воспроизводящие фрагменты таких действий. Проведен анализ модели, подтверждающий существенную зависимость соотношения потерь противоборствующих сторон от количества огневых позиций, использованных танком в засаде в случае, если смена этих позиций производится незаметно для противника. Полученные результаты могут быть применены при организации и проведении танковых засад в современных вооруженных конфликтах и борьбе с террористическими (бандитскими) формированиями.

Ключевые слова: математическая модель; граф состояния системы; вероятность перехода системы из одного состояния в другое

Представлена в редакцию: 04.05.2019, исправлена 18.05.2019

Введение

Борьба с терроризмом, развернувшаяся на территориях Афганистана, Ирака, Сирии и ряда других стран, ведется в различных формах, в том числе в форме боевых действий, в которых террористические формирования широко используют танки и другие боевые машины. Им противостоят войсковые формирования, в том числе оснащенные танками.

Проблемный вопрос применения танков заключается в изыскании способов ведения боевых действий, обеспечивающих разгром противника с минимальными потерями (под

термином «потери» подразумевается среднее значение этой случайной величины). Большую помощь в разрешении этого вопроса может оказать изучение, анализ и обобщение опыта применения танков Великой Отечественной войны.

1. Факты истории Великой Отечественной войны

Классическим примером эффективного применения танков в обороне могут служить боевые действия *4 тбр* Красной Армии по перехвату прорвавшегося в глубокий тыл Красной Армии *4 тд 24 тк 2 ТА* немецко-фашистских войск на подступах Мценску в октябре 1941 года [1, 2]. Командующий этой армией Г. Гудериан назвал их «новой тактикой» русских [3], а командир *4 тбр* М.Е. Катуков - «хитростью» [4, 5].

По составу сил и средств *4 тд 24 тк 2 ТА* фашистских войск значительно превосходил *4 тбр* Красной Армии, в составе которой было лишь два батальона: танковый и мотострелковый [4, 5]. Мотострелковый батальон использовался для того, чтобы, заманив противника вглубь батальонного района обороны, создать выгодные условия танкам танкового батальона для проведения внезапной контратаки. При этом экипаж каждого контратакующего танка заранее подготовил две – три огневые позиции, которые скрытно менял в ходе боя.

Позднее Катуков М.Е., вспоминая этот бой, писал, что его танки, заняв заранее подготовленную огневую позицию, «стреляют, три-четыре выстрела, и сразу отходят задним ходом, лоштинками, кустарниками выскакивают с другого места. Немцы туда направляют огонь, а танков моих там нет. В этом то и хитрость была» [4, 5].

2. Математические модели боя

Бой между танками танкового батальона *4 тбр* и танками противника мог превратиться в групповой бой, где каждый танк одной стороны имел бы возможность вести огонь по любому танку другой стороны, а несколько танков – концентрировать свой огонь на наиболее опасной цели, но не стал таковым благодаря «хитрости», использованной Катуквым М.Е.. Ограничив продолжительность пребывания своих танков на очередной огневой позиции временем, необходимым для производства 3-4 выстрелов, он, тем самым, существенно снизил вероятность одновременного обстрела контратакующего танка (далее – танк стороны А) несколькими танками противника (далее – танки стороны В), а также вероятность перерастания дуэльных противоборств танков, характерных для начальной стадии ведения танкового боя, в групповой бой. В [6], основываясь на аппарате теории цепей Маркова были построены три модели дуэльного боя танков:

первая позволяющая воспроизвести бой в случае, когда танк стороны А, скрытно занявший огневую позицию, упредит противника в открытии огня, оставаясь на этой позиции до конца боя;

вторая, воспроизводящая бой в случае, когда танк стороны А, скрытно занявший первую огневую позицию, упредил противника в открытии огня, и будет оставаться на этой позиции до тех пор, пока его не обнаружит танк стороны В, после чего скрытно сменил первую огневую позицию на вторую, которую будет занимать до конца боя;

третья, воспроизводящая бой в случае, когда танк стороны А, скрытно занявший первую огневую позицию, упредит противника в открытии огня, *оставаясь* на этой позиции до тех пор, пока его не обнаружил танк стороны В, после чего скрытно сменил первую огневую позицию на вторую, на которой будет оставаться до тех пор, пока его вновь не обнаружит танк стороны В, затем скрытно сменил вторую огневую позицию на третью, оставаясь на ней до конца боя,

и проведены расчеты по ним применительно к условиям, изложенным Катуковым М.Е. в приведенном фрагменте его воспоминаний, показавшие, что действительно, соотношение потерь сторон существенно зависит от количества огневых позиций, использованных танком стороны А в ходе боя, причем результаты расчетов соотношений потерь по второй и третьей моделям практически совпадают с данными, приведенными ранее в [4, 5].

Все модели, изложенные в [6], являются частными случаями следующей модели, которой присвоим номер 1.

Модель №1. Пусть танк стороны А, скрытно занявший огневую позицию, упредит противника в открытии огня, продолжая оставаться на этой позиции до тех пор, пока его не обнаружит танк стороны В, после чего скрытно сменил эту огневую позицию на другую, что позволит ему вновь упредить противника в открытии огня. Перенумеруем эти огневые позиции, присвоив каждой номер i в порядке их использования танком стороны А, где $i = \overline{1, n}$, n – максимальное количество огневых позиций, которые экипаж танка стороны А может использовать в ходе боя. С первых $(n - 1)$ огневых позиций, танк стороны А будет вести огонь до тех пор, пока его не обнаружит танком стороны В, на последней, n –й огневой позиции танк стороны А будет оставаться до конца боя. При этом система, в которой случайным образом может развиваться такой бой, будет состоять из состояний с порядковыми номерами:

1 – исходное (невозвратное) состояние, когда экипаж танка стороны А, скрытно заняв первую огневую позицию, упредит противника в обнаружении и открытии огня и будет оставаться на ней до момента выявления признаков, что экипаж танка стороны В его обнаружил и приступил к подготовке к открытию огня;

2, 4, ..., $(2 \cdot i)$, $(2 \cdot i + 2)$, ..., $(2 \cdot n)$ – поглощающие состояния, когда экипаж танка стороны А поразит танк стороны В, находясь соответственно на первой, второй, ..., i -й, $(i + 1)$ -й, ..., n – й огневых позициях;

3, 5, ..., $(2 \cdot i - 1), (2 \cdot i + 1), \dots, (2 \cdot n - 3)$ – невозвратные состояния, когда экипаж танка стороны А, скрытно заняв соответственно вторую, третью, ..., $(n - 1)$ – ю огневые позиции, упредит противника в обнаружении и открытии огня и будет оставаться на ней до момента выявления признаков, что экипаж танка стороны В его обнаружил и приступил к подготовке к открытию огня;

$(2 \cdot n - 1)$ – невозвратное, когда экипаж танка стороны А, скрытно заняв n – ю огневую позицию, упредит противника в обнаружении и открытии огня и будет оставаться на ней до конца боя;

$(2 \cdot n + 1)$ – поглощающее, когда экипаж танка стороны В поразит танк стороны А.

Чтобы построить ориентированный граф этой системы, обозначим через $p_{k,l}$ вероятность перехода процесса из текущего состояния с порядковым номером k в смежное состояние с порядковым номером l , где k может принимать значения, равные $k = 2 \cdot i - 1, i = \overline{1, n}$, при этом l соответственно может принять значения $(k + 1)$ или $(k + 2)$.

Тогда ориентированный граф состояний системы, в которой будет развиваться случайным образом дуэльный бой, примет вид, представленный на рис. 1.

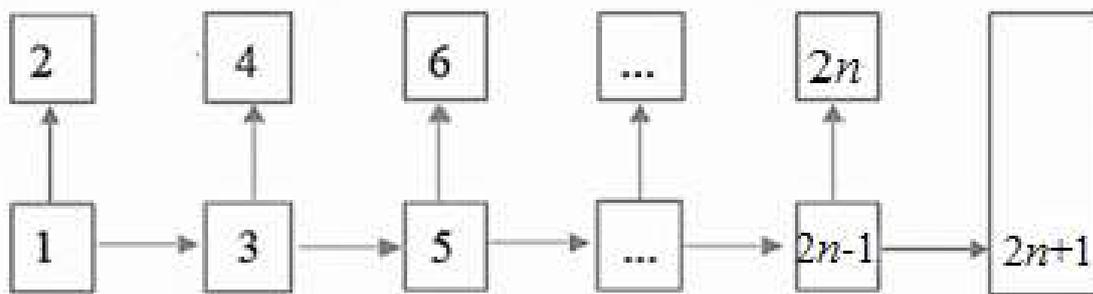


Рис.1 Граф состояний системы

Вероятность того, что танк стороны В поразит танк стороны А будет равна

$$W_B = \prod_{i=1}^n \frac{p_{(2 \cdot i - 1), (2 \cdot i + 1)}}{p_{(2 \cdot i - 1), (2 \cdot i)} + p_{(2 \cdot i - 1), (2 \cdot i + 1)}}; \quad (1)$$

вероятность противоположного события, заключающегося в том, что танк стороны А поразит танк стороны В, равна

$$W_A = 1 - W_B, \quad (2)$$

соотношение математических ожиданий потерь между сторонами А и В

$$1 : \frac{W_A}{W_B}. \quad (3)$$

Вероятности $p_{k,l}$ можно задать, основываясь на экспериментальных данных, а можно рассчитать, если известны вероятности выполнения экипажами танков операций по обна-

ружению цели в процессе стрельбы. Для этого можно использовать следующие модели, которым присвоим порядковые номера 2 и 3.

Модель №2. Пусть экипаж танка стороны А занял исходную огневую позицию (или одну из промежуточных огневых позиций, исключая последнюю). В модели №1 этим огневых позициям были присвоены порядковые номера $1, 2, \dots, i, \dots, (n - 1)$. Скрытное занятие такой огневой позиции позволяет экипажу танка стороны А упредить противника в открытии огня и следить за его поведением. При появлении признаков, что противник обнаружил позицию, с которой танк стороны А ведет огонь, он должен скрытно сменить ее на следующую огневую позицию. Граф состояний системы, предназначенной для расчета вероятностей

$$p_{k,l}, \quad k = 1, 3, \dots, (2 \cdot n - 3); l = \overline{(k + 1), (k + 2)},$$

представлен на рис. 2.

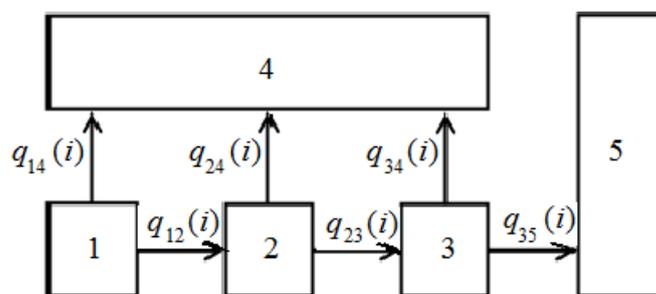


Рис. 2. Граф состояний модели для расчета вероятностей p_{ij} при условии, что огневая позиция, занимаемая танком стороны А, не является последней

Обозначения:

1 – танк стороны А, скрытно заняв i -ю огневую позицию, упредил противника в открытии огня;

2 – экипаж танка стороны В обнаружил танк стороны А, занявший i огневую позицию;

3 – экипаж танка стороны А выявил, что он обнаружен, что танк стороны В завершает разворот своей пушки для ведения огня по нему;

4 – экипаж танка стороны А поразил цель, находясь на i огневой позиции;

5 – экипаж танк стороны А скрытно сменил i -ю огневую позицию на $i + 1$;

$q_{gh}(i)$ – вероятность перехода системы из невозвратного состояния g в смежное состояние h .

Тогда

$$p_{k,l} = \begin{cases} q_{14}(i) + q_{12}(i) \cdot (q_{24}(i) + q_{23}(i) \cdot q_{34}(i)), & \text{если } l = k + 1; \\ q_{12}(i) \cdot q_{23}(i) \cdot q_{35}(i), & \text{если } l = k + 2. \end{cases} \quad (4)$$

Модель №3. Пусть экипаж танка стороны А занял последнюю из имевшихся у него огневых позиций. В модели №1 этой огневой позиции был присвоен порядковый номер n . Граф состояний системы, предназначенной для расчета вероятностей $p_{k,l}$, соответствующий случаю, когда $k = (2 \cdot n - 1)$, представлен на рис. 3.

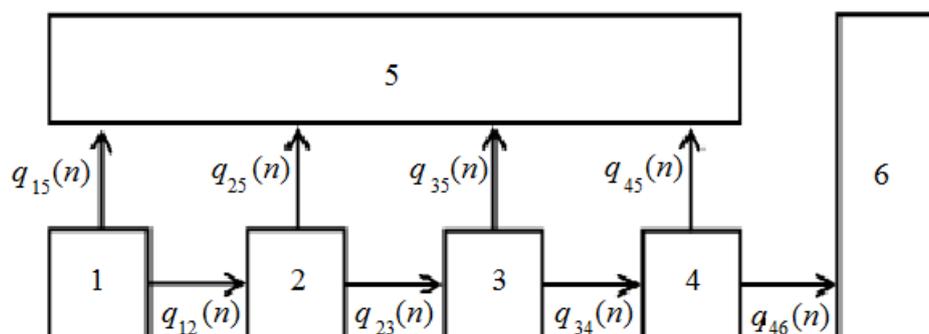


Рис. 3. Граф состояний модели для расчета вероятностей p_{ij} при условии, что огневая позиция, занимаемая танком стороны А, является последней

Обозначения:

1 – танк стороны А, скрытно заняв n -ю огневую позицию, предупредил противника в открытии огня;

2 – экипаж танка стороны В обнаружил танк стороны А, занявший n огневую позицию;

3 – экипаж танка стороны В подготовил исходные данные для стрельбы по танку стороны А;

4 – экипаж танка стороны В открыл огонь по танку стороны А;

5 – экипаж танка стороны А поразил танк стороны В;

6 – экипаж танка стороны В поразил танк стороны А;

$q_{rs}(n)$ – вероятность перехода системы из невозвратного состояния r в смежное состояние s .

Тогда для случая, когда $i = 2 \cdot n - 1$, расчет производится по следующей формуле

$$p_{k,l} = \begin{cases} q_{15}(n) + q_{12}(n) \cdot (q_{25}(n) + q_{23}(n) \cdot (q_{35}(n) + q_{34}(n) \cdot q_{45}(n))), & \text{если } l = 2 \cdot n; \\ q_{12}(n) \cdot q_{23}(n) \cdot q_{34}(n) \cdot q_{46}(n), & \text{если } l = 2 \cdot n + 1. \end{cases} \quad (5)$$

Пример расчета по модели №1. Пусть все значения вероятностей $p_{k,l}$, определенные по моделям №1 и №2, равны 0,5. Тогда расчетные значения вероятности события W_B , заключающегося в том, что танк стороны В поразит танк стороны А, будут меняться в зависимости от количества огневых позиций n следующим образом: 0,5 (при $n = 1$), 0,25 (при $n = 2$), 0,125 (при $n = 3$), ..., то есть будут представлять собой первые n членов убывающей геометрической прогрессии, в которой начальное значение и знаменатель равны 0,5. Соответственно значения вероятностей противоположного события W_A , заключающегося в том, что танк стороны А поразит танк стороны В, будут меняться в зависи-

мости от количества огневых позиций n следующим образом: 0,5 (при $n = 1$), 0,75 (при $n = 2$), 0,875 (при $n = 3$), При этом значения соотношений математических ожиданий потерь сторон математических ожиданий потерь между сторонами А и В будут меняться в зависимости от количества огневых позиций n следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} 1 : 1 \text{ (при } n = 1); \\ 1 : 3 \text{ (при } n = 2); \\ 1 : 7 \text{ (при } n = 3); \\ \dots \end{array} \right\} \quad (6)$$

Все это достаточно хорошо согласуется с теми фактами, которые были изложены в разделе 1 и подробно проанализированы в [6].

В данном примере рассмотрен случай, когда все вероятности перехода системы (модель №1) из текущего состояния в любое из последующих состояний равны между собой. Представленные модели пригодны для случая, когда эти вероятности будут принимать иные значения. Однако тот случай, что рассмотрен в примере, дает представление о наличии количественной закономерности в зависимости соотношения потерь от количества заранее подготовленных обороняющейся стороной огневых позиций и путей скрытной смены их в ходе боя.

3. Закономерности боя

Из анализа формул (1), (2) и (3) можно сделать следующие выводы. Каждый сомножитель в правой части формулы (1) меньше 1, следовательно, с увеличением n значение вероятности W_B при прочих равных условиях будет только уменьшаться, а значение вероятности W_A будет только расти, как и соотношение потерь между сторонами А и В, которое будет изменяться в пользу стороны А. Этот вывод относится не только к танкам, но и к другим огневым средствам, в том числе к огневым средствам пехоты.

Учитывая возможности современных противотанковых средств по обнаружению танков на поле боя, целесообразно минимизировать время пребывания танка на скрытно занятой огневой позиции, руководствуясь следующим правилом: сделал выстрел – смени огневую позицию.

Средств, обеспечивающих возможность создания таких огневых позиций и путей, по которым одну огневую позицию можно скрытно менять на другую, много. Прежде всего, это инженерное оборудование местности, штатные и приданные средства маскировки, ложные цели естественного или искусственного происхождения. Эти средства широко использовались в годы Великой Отечественной войны [4, 5], и их целесообразно продолжать использовать в современных условиях.

Особую значимость имеет умелое использование тактических свойств местности, позволяющих скрыть от противника местоположение танка и пути его перемещения с одной огневой позиции на другую. Уже упоминавшийся Г. Гудериан, к примеру, считал, что одно из требований к танку заключается в том, чтобы его высота была как можно большей, ибо реализация данного требования позволит повысить возможности его экипажа по об-

наружению и поражению противодействующих средств на больших дальностях [7]. И это требование было реализовано. Высота у танка Т-III (год начала эксплуатации – 1938) была равна 2500 мм, у танка Т-IV (1939) – 2630 мм, у танка Т-VI «Тигр» (1942) – 2930 мм, у танка Т-V «Пантера» (1943) – 2995 мм, у танка Т-VIB «Тигр II» (1943) – 3090 мм, у танка Т-VIII «Мышь» (1944) – 3660 мм [8]. Представляется, что это требование к высоте танка было увязано с требованиями по повышению его огневой мощи и защищенности.

В отличие от немецких, у советских образцов тяжелых танков, созданных во втором периоде Великой Отечественной войны, высоты были существенно меньшими. Так, например, высота тяжелого танка ИС-1 (1943) была равна 2740 мм; а высота тяжелого танка ИС-2 (1944) – 2630 мм. Этот факт позволяет предположить, что конструкторы танков ИС-1 и ИС-2 придавали существенное значение снижению высоты создаваемых ими образцов, возможно, считая, что чем она меньше, тем больше шансов (при прочих равных условиях) у их экипажей для лучшего использования тактических свойств местности. Одним из таких примеров могут служить действия экипажа танка Т-34-85 (командир – А.П. Оськин), который 12 августа 1944 г., из засады, уничтожил три сверхтяжелых новейших немецких танка Т-VIB «Тигр-II» (их еще называли «Королевскими тиграми», боевая масса – 70 т) и еще один такой танк повредил. Другой пример – дуэль танка Т-34 под командованием Милюкова А.И. с немецким танком Т-V «Пантера», состоявшаяся летом 1943 года под городом Харьков. В ходе дуэли экипаж Милюкова А.И., используя складки местности, умело переходил от одной огневой позиции к другой, уходя от обстрела противника, и, наконец, вышел на такую позицию, которая позволила поразить противодействующий танк. Этот случай лег в основу сценария советского художественного фильма «Экипаж машины боевой», снятого на Одесской киностудии в 1983 году.

Заключение

Результаты проведенного анализа модели позволяют утверждать, что успех, достигнутый *4 тбр* в октябре 1941 г. боях под Мценском, не был случайным. Тактические приемы организации и проведения танковых засад, использованные М.Е. Катуховым, имеют большое значение и в наши дни.

Мир вступает в век роботов. Переход к необитаемым дистанционно управляемым танкам – роботам позволит еще более значимо уменьшить габариты машины, прежде всего, ее высоту. При этом следует ожидать существенного уменьшения боевой массы машины, ее стоимость и пр. Все это открывает большие возможности в использовании роботизированных танков для отражения из-за засад танковых атак противника и террористических (бандитских) формирований.

Большое значение при этом имеет опыт, накопленный нашими Вооруженными Силами за годы Великой Отечественной войны.

Список литературы

1. Шейн Д.В. 1-я гвардейская танковая бригада в боях за Москву // Фронтальная иллюстрация. 2007. № 4. С. 2 – 71. Режим доступа: <http://militarylib.com/magazines/front-illustration/1009-frontovaya-illyustraciya-4-2007-1-ya-gvardejskaya-tankovaya-brigada-v-boyax-za-moskvu.html> (дата обращения 11.10.2018).
2. Neumann J. Die 4. Panzerdivision, 1938 – 1943: Bericht und Betrachtung zu zwei Blitzfeldzügen und zwei Jahren Krieg in Rußland. Bonn: Im Selbstverlag des Verfassers Wesselheideweg, 1985. 652 s.
3. Гудериан Г. Воспоминания солдата: пер с нем. Смоленск: Русич, 2001. 653 с. [Guderian H. Erinnerungen eines Soldaten. HdbI.: K. Vowinkel, 1951. 462 s.].
4. Катюков М.Е. На острие главного удара. М.: Воениздат, 1974. 429 с.
5. Воспоминания. Катюков Михаил Ефимович (1900-1976). Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=60ld62KXB9s> (дата обращения 18.04.2018).
6. Неустроев С.С., Сердюков В.И., Сердюкова Н.А., Шишкина С.И. Использование математических моделей при анализе событий из военной истории // Математика и математическое моделирование. 2018. № 4. С. 12-26. DOI: [10.24108/mathm.0418.0000134](https://doi.org/10.24108/mathm.0418.0000134)
7. Гудериан Г. Танки — вперед! Пер. с нем. Н.Новгород: Времена, 1996. 303 с. [Guderian H. Panzer – marsch! Munch.: Schild-Verlag, 1956. 244 s.].
8. Танки второй мировой. Режим доступа: <http://www.opoccuu.com/wwii-tanks.htm> (дата обращения 18.06.2019).
9. Барятинский М.Б. Советские танковые асы. М.: Эксмо, 2008. 352 с.



Mathematical Modeling-based Analysis from the Great Patriotic War Events

S.S. Neustroev¹, V.I. Serdyukov^{1,2},
N.A. Serdyukova³, S.I. Shishkina^{2,*}

¹Institute of Informatization of Education of RAE, Moscow, Russia

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

³Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

* shish-bmstu@mail.ru

Keywords: mathematical model; graph of the system state; probability of system transition from one state to another

Received: 04.05.2019, Revised: 18.05.2019

When fighting against terrorism in modern armed conflicts, combat vehicles, including tanks, are widely used. To minimise own losses of vehicles and personnel for overthrowing enemy is a relevant task. To solve it, the paper considers certain events in the history of the Great Patriotic War, which are associated with battle of tanks that spring an ambush. A mathematical model of the battle is built. The state graph of the system is given. Using this graph, a probability of tank kills and a ratio of mathematical expectations of losses have been calculated. This mathematical model generalizes the models, previously published in this journal, based on the Markov chain apparatus. The paper gives an example of calculations for this model in the particular case in which experimental data are used as a basis. The ratios of mathematical expectations of losses of the warring parties are obtained. Further, we consider the mathematical models, in which it is assumed that probabilities for tank crews to provide operations of targets detection in firing are known. With technology development and its mathematical support it becomes increasingly more real. The formulas to obtain the probability of tank kills are given according to the graph of states using the known probabilities of transition from one state to another. In each of the three mathematical models under consideration there is a graph of the system state, which allows calculation of the tank kills probability. We have analysed the models to prove a significant dependence of the loss ratio of the warring parties on the number of firing positions used by the tank in ambush in case re-siting is unnoticeable for the enemy. The authors-considered models that use the examples of historical events confirm that the tactics of organising and conduct-

ing ambushes in tank battles can be successfully used nowadays, when the technology intensive-ness of the opposing forces significantly grows. The obtained results can be applied to organise and conduct tank ambushes in modern armed conflicts and fight against terrorist army.

References

1. Shein D.V. 1st guard tank brigade in the battles for Moscow. *Frontovaia illustratsiia* [Front Illustration], 2007, no. 4, pp. 2-71. Available at: <http://militarylib.com/magazines/front-illustration/1009-frontovaya-illyustraciya-4-2007-1-ya-gvardejskaya-tankovaya-brigada-v-boyax-za-moskvu.html>, accessed 11.10.2018 (in Russian).
2. Neumann J. Die 4. Panzer-Division, 1938 – 1943: Bericht und Betrachtung zu zwei Blitzfeldzügen und zwei Jahren Krieg in Rußland. Bonn: Im Selbstverlag des Verfassers Wesselheideweg, 1985. 652 s.
3. Guderian H. *Erinnerungen eines Soldaten*. HdbI.: K. Vowinckel, 1951. 462 s. (Russ. ed.: Guderian H. *Vospominaniia soldata*. Smolensk: Rusich Publ., 2001. 653 s.).
4. Katukov M.E. *Na ostrie glavnogo udara* [On the edge of the main blow]. Moscow: Voenizdat Publ., 1974. 429 p. (in Russian).
5. *Vospominaniia. M.E. Katukov (1900-1976)* [A video recording of the memories of the Marshal of the armored troops of Mikhail Efimovich Katukov about his participation in the Great Patriotic War (1900-1976)]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=60ld62KXB9s>, accessed 18.04.2018 (in Russian).
6. Neustroev S.S., Serdyukov V.I., Serdyukova N.A., Shishkina S.I. Using mathematical models in event analysis from military history. *Matematika i matematicheskoe modelirovanie* [Mathematics and Mathematical Modelling], 2018, no. 4, pp. 12-26. DOI: [10.24108/mathm.0418.0000134](https://doi.org/10.24108/mathm.0418.0000134) (in Russian)
7. Guderian H. *Panzer – marsch!* Munch.: Schild-Verlag, 1956. 244 s. (Russ. ed.: Guderian H. *Tanki – vpered!* Nizhny Novgorod: Vremena Publ., 1996. 303 s.).
8. *Tanki vtoroj mirovoj* [World war II tanks]. Available at: <http://www.opocuu.com/wwii-tanks.htm>, accessed 18.06.2019 (in Russian).
9. Bariatinsky M.B. *Sovetskie tankovye asy* [Soviet tank aces]. Moscow: Eksmo Publ., 2008. 352 p. (in Russian).