

ЗАКОН ПОРАЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ И ФУНКЦИЯ ПОБЕДЫ В БОЮ (СРАЖЕНИИ, ОПЕРАЦИИ)

Шумов В. В.¹

*(Международный научно-исследовательский институт
проблем управления, Москва)*

Приняв на основу закон поражения целей А.Н. Колмогорова и с использованием методов теории вероятностей выполнен переход от моделей применения отдельных и групповых образцов вооружения к модели боя (сражения, операции). Обоснованная функция победы может использоваться в задачах управления при подготовке боевых действий и в задачах обоснования перспективного облика общевойсковых подразделений, частей и соединений.

Ключевые слова: бой, боевой потенциал, поражение целей, закон Колмогорова, соотношение сил, функция победы, модель.

1. Введение

Актуальной научной проблемой является оценка соотношения сил сторон в общевойсковом бою (сражении, операции). Нахождение потребного состава сил и средств для победы в бою считается и важной практической задачей, решением которой занимаются командиры, штабы и органы управления на всех уровнях, начиная от подразделений и заканчивая Генеральными штабами и научными центрами (обоснование оптимальных составов и структур боевых подразделений, частей и соединений).

Обзор результатов в области оценки соотношения сил сторон и моделей боевых действий можно найти в опубликованных работах (см., например, [2, 8, 12]). В военной науке модели боевых действий классифицируются по фазам управления: модели подготовки и модели ведения военных и боевых действий [7]. В первом случае обычно используются теоретико-игровые модели с простейшей (и не всегда обоснованной) целевой функцией (см. [4, 6]), во втором – модели динамики боя Осипова-Ланчестера [9].

Целью настоящей статьи является обоснование функции победы в бою (сражении, операции). Работа организована так.

¹ Владислав Вячеславович Шумов, д.т.н., профессор (v.v.shumov@yandex.ru).

Во втором разделе рассмотрен закон поражения целей А. Н. Колмогорова. В третьем получена функция победы, позволяющая сделать переход от частной модели (оценка эффективности стрельбы) к показателю эффективности общевойскового боя (сражения, операции). В заключительном разделе обсуждаются содержательные предложения по использованию функции победы в задачах моделирования боевых действий.

2. Закон поражения целей А. Н. Колмогорова

В 1945 году А. Н. Колмогоров предложил критерий эффективности стрельбы, основанный на законе поражения целей – зависимости вероятности поражения одиночной или групповой цели (математического ожидания числа пораженных целей) от количества выстрелов по ней [5].

Вероятность поражения цели (событие А) при r попаданиях по ней вычисляется по формуле [5]:

$$(1) \quad P(A|r) = 1 - e^{-\alpha r},$$

где $\alpha > 0$ – параметр. Причем выполняется равенство:

$$(2) \quad \alpha = -\ln\left(1 - \frac{1}{\omega}\right),$$

где ω – среднее необходимое число попаданий для поражения цели.

А. Н. Колмогоров отметил, что допущение (1) «не менее (но и не более!) произвольно», чем выражение

$$(3) \quad P(A|r) = \begin{cases} 0, & r < m, \\ 1, & r \geq m, \end{cases}$$

где m – число попаданий по цели, «но приводит к значительно более простым результатам» [5, с. 24].

Нормы расхода снарядов зависят от типа цели и степени ее защищенности, используемых средств поражения, дальности до цели, способа подготовки к стрельбе и др. условий. В таблице 1 приведены нормы расхода снарядов для поражения некоторых неподвижных ненаблюдаемых целей [10].

Таблица 1. Нормы расхода снарядов для поражения неподвижных ненаблюдаемых целей

Калибр, мм	Батарея (взвод) укрытых бук- сируемых ору- дий (миноме- тов)	Живая сила и ог- невые средства, КП укрытые; танки, БМП, БТР в районе сосре- дочения	Живая сила, расположен- ная открыто			
				Подавление		Уничтожение
				На цель	На 1 га	На 1 га
Нарезные орудия						
122	240	180	40			
152	180 (60)	120 (-)	25 (8)			
Минометы						
120	300	200	25			
240	150	50	15			
Реактивная артиллерия						
БМ-21	500	160	35			
Ураган	180 (40)	15 (-)	7 (1)			

Примечания (неполные):

1. В таблице приведен расход осколочно-фугасных снарядов, в скобках – расход кассетных снарядов осколочного действия, прочерк означает, что стрельба на поражение нецелесообразна.

Нормы расхода снарядов даны для следующих условий:

дальность стрельбы до 10 км включительно, установки для стрельбы на поражение определены способом полной подготовки или с использованием данных пристрелочного орудия, а для реактивной артиллерии – способом полной или сокращенной подготовки;

при стрельбе на дальности более 10 км расход снарядов увеличивают на 1/10 на каждый последующий километр дальности свыше 10 км (кроме реактивной артиллерии).

2. Если небронированная цель расположена укрыто, расход снарядов увеличивают в 3 раза. Если батарея (взвод) буксируемых орудий (минометов) располагается открыто, расход снарядов уменьшают в 3 раза.

Отдельно рассчитаны нормы для поражения других неподвижных целей, колонн и высокоманевренных целей, для задымления и дистанционного минирования и т. д.

Как видим, уже при оценке поражения разведанных целей с известной дальностью до них и назначенным нарядом средств поражения требуется учитывать большое количество факторов и условий. Неопределенности увеличиваются на порядки при моделировании общевойскового боя, особенно на этапе его подготовки, когда в лучшем случае известны: а) типовые организационные структуры противника и его вооружение (батальонная тактическая группа, танковая или мотопехотная бригада, механизированная дивизия и т. д.); б) примерная численность противника (степень укомплектованности); в) степень инженерного обеспечения, г) характер местности в районе боевых действий.

3. Функция победы в бою, сражении, операции

Положим, что в бою (сражении, операции) принимают участие две стороны. Боевые действия могут вестись в виде наступления, обороны, встречного боя (сражения) и т. д. Введем случайные величины X и Y – количества попаданий, необходимых для поражения целей противника первой и второй сторонами. Обозначим x – численность боевых единиц первой стороны, y – второй.

Вероятности решения сторонами поставленных задач (поражения целей противника) подчиняются экспоненциальному распределению:

$$(4) \quad F_x(\xi) = 1 - a^{-c_x \xi}, \quad c_x = (\lambda x)^{-m},$$

$$(5) \quad F_y(\eta) = 1 - a^{-c_y \eta}, \quad c_y = (\mu y)^{-m},$$

где: ξ – количество попаданий единицами первой стороны по целям второй, η – количество попаданий единицами второй стороны по целям первой, $\lambda > 0$ ($\mu > 0$) – параметр первой (второй) стороны, $m > 0$ – параметр масштаба боевых действий.

Математические ожидания случайных величин X и Y равны:

$$(6) \quad E[X] = (\lambda x)^m, \quad E[Y] = (\mu y)^m,$$

а плотности экспоненциальных распределений равны:

$$(7) \quad f_x(\xi) = c_x a^{-c_x \xi},$$

$$(8) \quad f_y(\eta) = c_y a^{-c_y \eta}.$$

Содержательно математические ожидания $E[X]$ и $E[Y]$ есть ожидаемые количества пораженных целей противника и являются численными характеристиками боевых потенциалов сторон. Очевидно, что с увеличением численностей боевых единиц сторон растут их боевые возможности – появляется возможность поражения большего количества целей противника.

Сами по себе, в отдельности выражения (4) и (5) не представляют практической ценности. Действительно, в них учтены возможности своих войск, а параметры λ и μ должны быть рассчитаны для конкретных целей противника, учитывать их характер, местоположение, степень защищенности и маскировки и т. д. и т. п.

Найдем вероятность того, что случайная величина X будет принимать большие значения, случайная величина Y (в предположении, что случайные величины X и Y независимы):

$$(9) \quad P(\xi > \eta) = \int_0^{\infty} f_x(\xi) \left[\int_0^{\xi} f_y(\eta) d\eta \right] d\xi,$$

$$\int_0^{\xi} f_y(\eta) d\eta = \int_0^{\xi} c_y e^{-c_y \eta} d\eta = 1 - e^{-c_y \xi},$$

$$\begin{aligned} P(\xi > \eta) &= \int_0^{\infty} c_x e^{-c_x \xi} (1 - e^{-c_y \xi}) d\xi = c_x \int_0^{\infty} e^{-c_x \xi} d\xi - c_x \int_0^{\infty} e^{-(c_x + c_y) \xi} d\xi = \\ &= -e^{-c_x \xi} \Big|_0^{\infty} + \frac{c_x}{c_x + c_y} e^{-(c_x + c_y) \xi} \Big|_0^{\infty} = 1 - \frac{c_x}{c_x + c_y} = \frac{c_y}{c_x + c_y}, \end{aligned}$$

$$(9) \quad P(\xi > \eta) = \frac{c_y}{c_x + c_y} = \frac{(\lambda x)^m}{(\lambda x)^m + (\mu y)^m} = \frac{(\beta x)^m}{(\beta x)^m + y^m}, \quad \beta = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Содержательно вероятность $P(\xi > \eta)$ есть вероятность (функция) победы первой стороны над второй, β – параметр боевого превосходства первой стороны. Отметим, что выражение (9) справедливо для более широкого класса распределений: если экспоненциальные распределения (4) и (5) заменить на показательные (с основанием степени $a > 1$), то результат не изменится.

Обозначим $q = \beta x/y$ – отношение сил сторон, тогда

$$(10) \quad P_x(x, y) = P(\xi > \eta) = \frac{q^m}{q^m + 1} = 1 - s^{-m}, \quad s^m = q^m + 1, \quad s > 1$$

мы получили распределение Парето.

По данным военной и международной статистики показано, что значение параметра масштаба m принимает следующие значения: 1 – тактический уровень, 2 – оперативный уровень, 3 – оперативно-стратегический [11].

Нами выполнен переход с операционного уровня (уровня отдельных боевых единиц или частных тактических задач, см. выражения (4) и (5)) к тактическому (оперативному, оперативно-стратегическому) уровню (выражение (10)). Если оценки параметров λ и μ выполняются отдельно для конкретных типов целей и средств поражения, то для оценки параметра боевого превосходства β достаточно знать типовые организационные структуры сторон, тактико-технические характеристики образцов вооружения и характеристики поля боя (свойства местности и т. д.).

Порядок оценки параметра β превосходства рассмотрен ранее (см., например, [7]). Отметим только, что по определению параметра превосходства как отношения, его расчет выполняется по формулам:

$$(11) \quad \beta = \varphi \rho = \frac{\varphi_x}{\varphi_y} \sqrt[4]{\rho_s \rho_v \rho_p \rho_m},$$

где: φ – параметр морального превосходства первой стороны над второй, ρ – параметр технологического превосходства¹.

Параметр φ морального превосходства оценивается процентами потерь (φ_x и φ_y), при достижении которых стороны все еще способны вести боевые действия. Компоненты параметра ρ вытекают из определения боя (бой представляет собой совокупность согласованных по цели, месту и времени ударов, огня и маневра войск для уничтожения (разгрома) противника, отражения его ударов и выполнения других задач); ρ_s (ρ_v , ρ_p , ρ_m) – превосходство первой стороны над второй в согласованности действий

¹ В шкале отношений допустимым средним является среднее геометрическое.

(соответственно, в разведке, огневых возможностях и маневренности).

Уточнение параметров φ_x и φ_y выполняется по данным военной статистики. Параметр ρ может также оцениваться по результатам опытных учений, имитационных игр и т. д.

Обсудим понятие «боевая единица» (в наших моделях их численности обозначены x и y). В 1-м издании Большой советской энциклопедии дается следующее определение: «БОЕВАЯ ЕДИНИЦА, такое количество бойцов (орудий, пулеметов, бронемашин и пр.) одного рода войск, которое действует в бою по непосредственным указаниям одного командира (голосом, знаком, примером). В древности целые армии сражались в сомкнутых и глубоких построениях, занимая мало места (фаланга, клин). С возрастанием могущества огнестрельного оружия эти сплошные массы расчленились на мелкие, и значение Б. е. сначала перешло в пехоте к батальону, а затем к роте и в данное время — к группам силой в отделение (стрелковое, пулеметное). В коннице издавна (по принципу удара массой) Б. е. считается эскадрон; при действии в спешенном строю — подобно пехоте. В артиллерии, под влиянием технических усовершенствований, Б. е. может в данное время считаться боевой взвод и даже отдельное орудие. В пулеметных частях Б. е. — один пулемет» [1, с. 644].

Наряду с понятием «боевая единица» при планировании боевых действий используются термины «расчетная единица вооружения», «расчетно-снабжение единица» и др.

Представляется обоснованным под боевой единицей понимать личный состав подразделений, частей и соединений (включая отдельных бойцов, членов боевых экипажей, командиров и личный состав боевых и обеспечивающих подразделений). Такое определение боевой единицы, во-первых, отражает тот факт, что бой — это главным образом деятельность, он характеризуется такими чертами, как решительность, активность, выносливость, творчество командиров и бойцов (всякий бой есть психологический акт, заканчивающийся отказом от него одной из сторон), во-вторых, отвечает требованиям военной науки и военной статистики (первейший и важнейший показатель сторон в бою, операции — численный состав войск), в-третьих, позволяет учесть как

моральные факторы войск, так и тактико-технические характеристики вооружения и военной техники, все виды боевого и материально-технического обеспечения.

4. Заключение

Таким образом, опираясь на закон поражения целей А. Н. Колмогорова и с использованием теории вероятностей нами обоснована функция победы в бою (сражении, операции), которая может быть положена в основу оперативно-тактических расчетов при подготовке боевых действий (см. базовые модели боевых действий [6]), а также для обоснования боевого состава перспективных подразделений, частей и соединений, оценки боевого потенциала сторон.

Расчеты и данные военной статистики показывают, что на тактическом уровне исход боя трудно прогнозируем, и для победы над противником необходимо обеспечивать 3-9 превосходство. Это, в частности, объясняется свойствами распределения Парето: при значении параметра $m = 1$ не существуют математическое ожидание и дисперсия. В то же время на оперативном и оперативно-стратегическом уровнях исход сражений и операций более предсказуем. Для почти гарантированной победы достаточно обеспечить соотношение сил 1,5-2 к 1. Вместе с тем даже на уровне стратегических операций не поддается прогнозированию темп наступления войск (см. статистические данные по операциям в годы Великой Отечественной войны [3]).

Перспективными направлениями исследований являются:

- а) комплексирование операционных моделей (моделей исследования и применения отдельных образцов вооружения) и моделей по видам обеспечения с тактическими (оперативно-тактическими, оперативными, оперативно-стратегическими) моделями;
- б) развитие описательных моделей в целях разработки на их основе моделей управления боевыми действиями.

Автор выражает признательность Д. А. Новикову и А. Г. Чхартишвили за идеи, консультирование и руководство работ в области моделирования боевых действий, А. А. Васину – за рекомендацию учета в моделях параметра масштаба боевых действий.

Литература

1. Большая советская энциклопедия / гл. ред. О.Ю. Шмидт. Т. 6. Бессарабия – Больм. – М.: Советская энциклопедия, 1927. – 832 столбца.
2. ВАСИН А.А., КРАСНОЩЕКОВ П.С., МОРОЗОВ В.В. *Исследование операций* : учебное пособие. – М. : Академия, 2008. – 464 с.
3. *Великая Отечественная война 1941–1945 гг. Кампании и стратегические операции в цифрах.* – В 2 томах. – М.: Объединенная редакция МВД России, 2010. – Т. I. – 608 с. – Т. II. – 784 с.
4. ГЕРМЕЙЕР Ю. Б. *Введение в теорию исследования операций.* – М.: Наука, 1971. – 384 с.
5. КОЛМОГОРОВ А. Н. *Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценки эффективности системы стрельбы* // Тр. Матем. ин-та им. В. А. Стеклова. – 1945. – Т. 12. – С. 7–25.
6. КОРЕПАНОВ В. О., ЧХАРТИШВИЛИ А. Г., ШУМОВ В. В. *Базовые модели боевых действий* // Управление большими системами. – 2023. – Вып. 103. – С. 40–77.
7. КОРЕПАНОВ В. О., ШУМОВ В. В. *Моделирование военных, боевых и специальных действий* // Военная мысль. – 2023. – № 1. – С. 28–41.
8. НОВИКОВ Д. А. *Иерархические модели военных действий* // Управление большими системами. – 2012. – Вып. 37. – С. 25–62.
9. ОСИПОВ М. П. *Влияние численности сражающихся сторон на их потери* // Военный сборник. – 1915. – №6. – С. 59–74; №7. – С. 25–36; №8. – С. 31–40; №9. – С. 25–37.
10. *Правила стрельбы и управления огнем артиллерии. Дивизион, батарея, взвод, орудие (ПСиУО-96).* – Ч. 1. – М.: Воениздат, 1996.
11. ШУМОВ В.В. *Исследование функции победы в бою (сражении, операции)* // Проблемы управления / Control Sciences. – 2020. – № 6. – С. 19–30.

12. REACH C., KILAMBI V., COZAD M. *Russian assessments and applications of the correlation of forces and means*. – Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, 2020. – 171 p.

THE LAW OF EFFECTING TARGETS AND THE FUNCTION OF VICTORY IN FIGHT (BATTLE, OPERATIONS)

Vladislav Shumov, International Research Institute for Advanced Systems, Moscow, Doctor of Sciences, Professor (v.v.shumov@yandex.ru).

Abstract: Taking as a basis the law of target destruction by A.N. Kolmogorov and using the methods of probability theory, a transition was made from models of the use of individual and group weapons to a model of combat (battle, operation). The justified victory function can be used in control tasks during the preparation of combat operations and in the tasks of substantiating the future appearance of combined arms subunits, units and formations.

Keywords: battle, combat potential, target destruction, Kolmogorov's law, balance of forces, victory function, model.

УДК 519.8

ББК 22.18

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии ...заполняется редактором...*

*Поступила в редакцию ...заполняется редактором...
Опубликована ...заполняется редактором...*