

УДК (УДК) 623.438

ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОСТИ БРОНИРОВАННЫХ И НЕБРОНИРОВАННЫХ
МАШИН НА ЗАЩИЩЕННОСТЬ ОТ ОСНОВНЫХ ВИДОВ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ
ПРОТИВОТАНКОВЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯTHE INFLUENCE OF THE MOBILITY OF TRACKED VEHICLES ON PROTECTION
FROM THE MAIN TYPES OF UNGUIDED ANTI-TANK WEAPONSНаказной И.О.¹, Наказной О.А.²
Nakaznoy I.O.¹, Nakaznoy O.A.²¹ – Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова (Москва, Россия)² – Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)¹ – Dukhov Automatics Research Institute (Moscow, Russian Federation)² – Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russian Federation)

Аннотация. Условия ведения современных боевых действий формируют требования к применяемым и перспективным образцам техники. Одним из таких требований является высокий уровень подвижности на поле боя. Практическая польза данного способа защиты не вызывает сомнений, однако его теоретическая составляющая в настоящее время недостаточно развита. Известные на сегодняшний день методики оценки эффективности стрельбы по движущейся цели ограничены её скоростью движения до 25 км/ч. Возможности быстроходных гусеничных и колёсных машин кратко превосходят это значение скорости. В связи с изложенным задача исследования влияния подвижности быстроходных машин на защищённость представляется актуальной. С целью анализа поставленной задачи в работе предложена классификация ошибок стрельбы с учётом движения цели. Уточнена модель определения ошибок при стрельбе по движущейся цели. Для оценки эффективности подвижности на защищённость произведены расчеты ошибок стрельбы и определена вероятность попадания в цель первым выстрелом с применением данных из открытых источников для основных видов наземных неуправляемых противотанковых средств поражения. Такими средствами являются современные орудия гусеничных машин и ручные противотанковые гранатомёты. В работе рассмотрены три основных направления движения цели во время боя. Полученные результаты на базе усовершенствованной методики подтверждают эффективность увеличения подвижных свойств колёсных и гусеничных машин, что способствует формированию критериев к обеспечению подвижности перспективных образцов техники.

Ключевые слова: подвижность, защищённость, вероятность попадания, ошибки стрельбы, движущаяся цель.

Дата получения статьи: 27.04.2026
Дата принятия к публикации: 22.05.2026
Дата публикации: 25.06.2026

Abstract. The conditions of modern warfare form the requirements for the used and promising models of equipment. One of these requirements is a high level of mobility on the battlefield. The practical benefits of this method of protection are beyond doubt, however, its theoretical component is currently insufficiently developed. Currently known methods for evaluating the effectiveness of shooting at a moving target are limited to its speed of movement up to 25 km/h. The capabilities of high-speed tracked and wheeled vehicles exceed this speed value by several times. In connection with the above, the task of studying the effect of mobility of high-speed vehicles on security seems relevant. In order to analyze the task, the paper proposes a classification of shooting errors based on target movement. The model for determining errors when shooting at a moving target has been refined. To assess the effectiveness of mobility on security, firing errors were calculated and the probability of hitting the target with the first shot was determined, taking into account data from open sources for the main types of ground-based unguided anti-tank weapons. Such tools include modern tracked vehicles and hand-held anti-tank grenade launchers. Three main directions of target movement during combat are considered. The improved technique and the results obtained with its application confirm the effectiveness of increasing the mobility of wheeled and tracked vehicles, which contributes to the formation of requirements for ensuring the mobility of promising models of equipment.

Keywords: mobility, protection, probability of hitting, shooting mistakes, moving target.

Date of manuscript reception: 27.04.2026
Date of acceptance for publication: 22.05.2026
Date of publication: 25.06.2026



Сведения об авторах:

Наказной Игорь Олегович – инженер-конструктор 1-й категории конструкторско-технологического отдела, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматике имени Н.Л. Духова» (ФГУП «ВНИИА»),
e-mail: igornakaznoy@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8357-6024>

Наказной Олег Алексеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» МГТУ им. Н.Э. Баумана, *e-mail: nakaznoi@bmstu.ru.*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4029-2434>

Authors' information:

Igor O. Nakaznoy – Design Engineer, Engineering and Design Department, Federal State Unitary Enterprise Dukhov Automatics Research Institute,
e-mail: igornakaznoy@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8357-6024>

Oleg A. Nakaznoy – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Multi-Purpose Tracked Vehicles and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, *e-mail: nakaznoi@bmstu.ru.*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4029-2434>

1. Введение

Непрерывное развитие средств поражения бронемашин обуславливает постоянную необходимость в поиске путей обеспечения защитных свойств боевых машин. Наиболее известными путями повышения защищённости гусеничных машин являются: развитие броневых материалов и увеличение толщины броневых преград [1], применение средств маскировки [2], использование динамической защиты [3], оснащение машин комплексом оптико-электронного подавления [4] и комплексом активной защиты [5]. Для каждого из перечисленных способов повышения защищённости разработаны теоретические подходы, позволяющие оценить эффективность их применения [6].

2. Постановка задачи

В последнее время, особенно по опыту специальной военной операции, возросло влияние подвижности, как фактора, оказывающего влияние на защищённость. Значимость этого фактора не вызывает сомнений, однако методы его оценки не развиты. В связи с этим целью настоящего исследования поставлена оценка влияния быстроходности цели на её защищённость от воздействия основных видов противотанковых неуправляемых боеприпасов.

Известно, что в процессе стрельбы из любого вида вооружений возникают случайные ошибки [7], которые поддаются нор-

мальному закону распределения. Эти ошибки являются причиной отклонения снаряда от точки прицеливания. При ведении огня по движущейся цели возникают дополнительные ошибки стрельбы. На сегодняшний день получены значения ошибок стрельбы, ограниченные скоростью цели до 25 км/ч [8]. Сравним ошибки стрельбы между неподвижной и движущейся целью для указанной скорости. Курсовой угол примем 45°. В качестве орудия стрельбы зададимся данными современного образца 120-мм пушки гусеничной машины со снарядом КЕ [9]. Дальность стрельбы – 2000 м, что сопоставимо с дистанцией прямого выстрела. На примере суммарных отклонений представим данные как для глазомерного способа определения поправок на движение цели, так и с использованием автоматизированной системы управления огнём (рис.1).

Анализ данных рис. 1 подтверждает значимость влияния подвижности на защищённость. В данном примере ошибки стрельбы по движущейся цели превышают более чем в полтора раза ошибки стрельбы по неподвижной цели.

Предложенная ранее декомпозиция ошибок стрельбы не учитывает движение цели [10]. В связи с этим автор предлагает усовершенствованную классификацию ошибок стрельбы из неподвижного источника поражающего воздействия как по неподвижной цели, так и по движущейся.

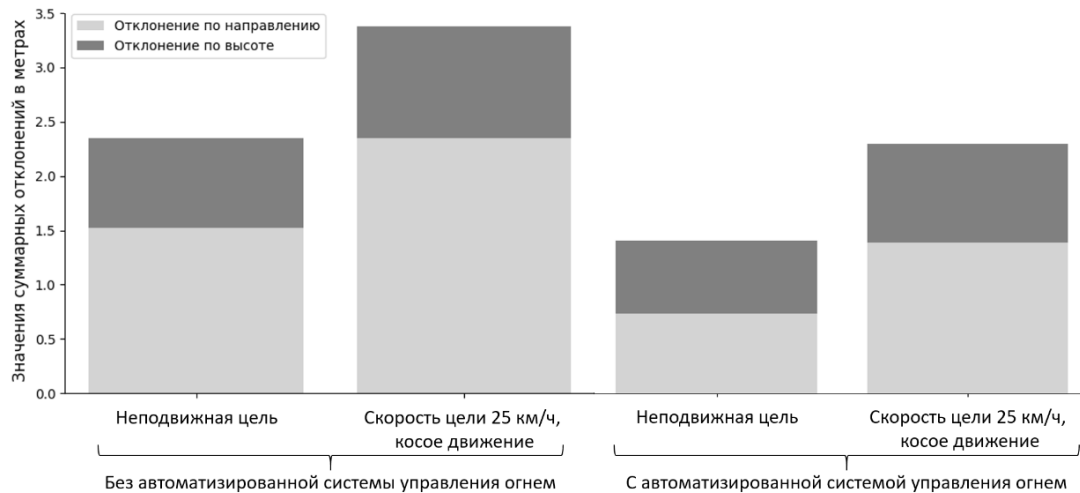


Рис. 1. Диаграмма ошибок стрельбы 120-мм снарядом КЕ на дальности 2000 м по неподвижной и движущейся цели

Большинство современных боевых машин оснащены автоматизированной системой управления огнем. В связи с этим применение глазомерного способа определения и внесения поправок на движение цели актуально при выходе из строя автоматизированная система управления огнем, либо для других видов противотанковых средств, таких как ручной противотанковый гранатомет. Определим относительные величины основных источников ошибок для стрельбы из 120-мм пушки без применения автоматизированная система управления огнем. Рассмотрим случай неподвижной цели и движущейся по указанным ранее исходным данным. Представим суммарные отклонения и их составляющие в виде круговой диаграммы (рис. 2). Условные обозначения на рисунке: E_{y_n} – срединная ошибка наведения по высоте при стрельбе с места по неподвижной цели; $E_{y_{мб}}$ – срединная ошибка определения и учёта поправок на отклонение метеобаллистических условий от нормальных по высоте; B_{σ} – срединное отклонение рассеивания снарядов по высоте; E_{y_m} – срединная ошибка технической подготовки по высоте; E_{y_0} – срединная ошибка определения и учёта дальности до цели по высоте; $E_{y_{ВИР}}$ – срединная ошибка определения и назначения исходных установок на движение

цели по высоте; $E_{y_{нд}}$ – срединная ошибка наведения по высоте при стрельбе с места по движущейся цели; B_y – суммарное срединное отклонение снарядов по высоте; $B_{y_{оц}}$ – суммарное срединное отклонение при стрельбе по движущейся цели по высоте; E_{z_n} – срединная ошибка наведения по боковому направлению при стрельбе с места по неподвижной цели; $E_{z_{кр}}$ – срединная ошибка определения и учёта поправок на крен машины по боковому направлению; B_{σ} – срединное отклонение рассеивания снарядов по направлению; E_{z_m} – срединная ошибка технической подготовки по боковому направлению; $E_{z_{мб}}$ – срединная ошибка определения и учёта поправок на отклонение метеобаллистических условий от нормальных по высоте; $E_{z_{нд}}$ – срединная ошибка наведения по боковому направлению при стрельбе с места по движущейся цели; $E_{z_{ВИР}}$ – срединная ошибка определения и назначения исходных установок на движение цели по боковому направлению; B_z – суммарное срединное отклонение снарядов по направлению; $B_{z_{оц}}$ – суммарное срединное отклонение при стрельбе по движущейся цели по направлению.

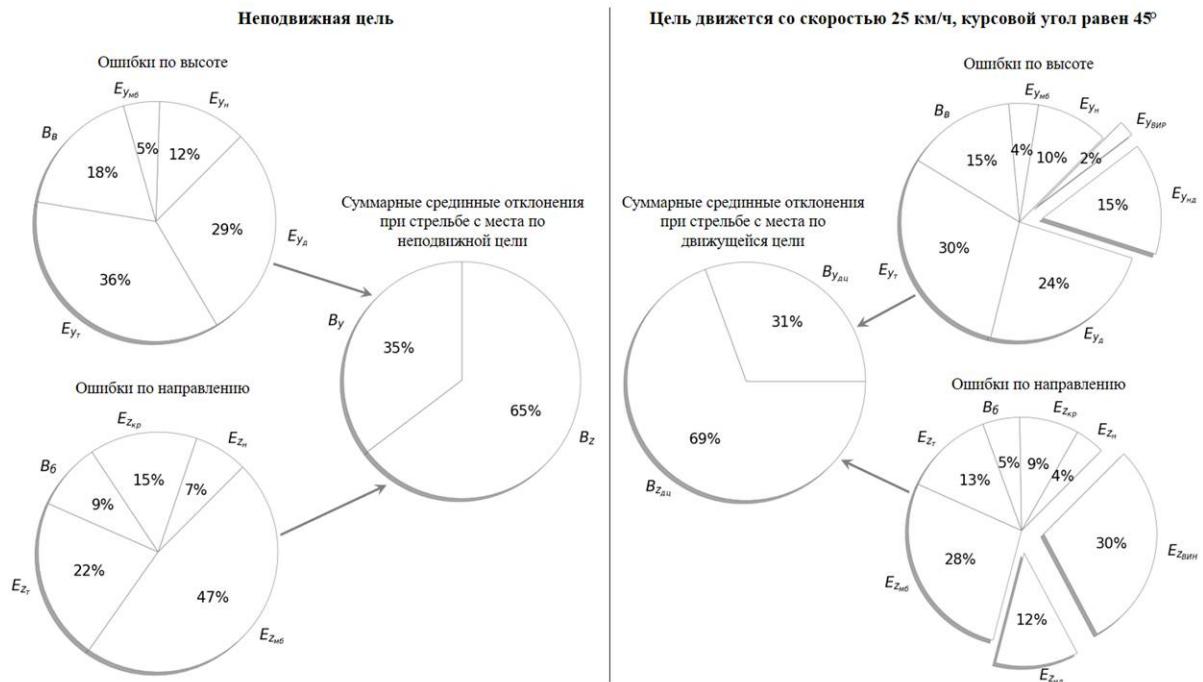


Рис. 2. Сравнительный анализ значений ошибок стрельбы при ведении огня как по неподвижной цели, так и по движущейся 120-мм снарядом КЕ на дальности 2000 м без использования автоматизированной системы управления огнём

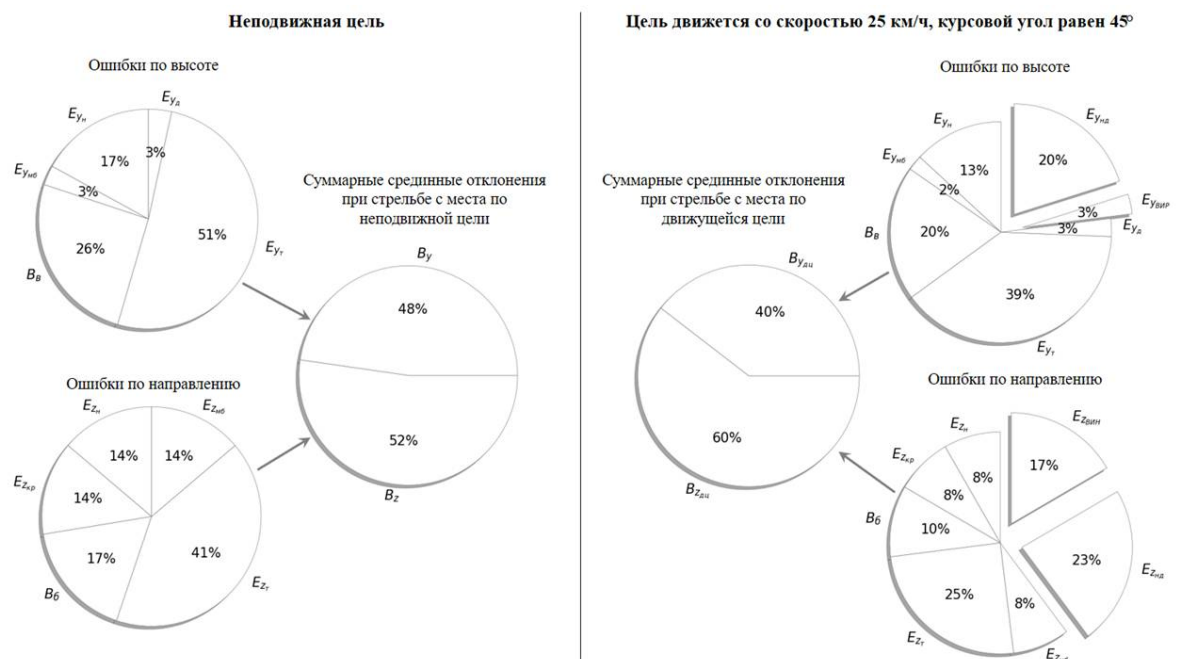


Рис. 3. Сравнительный анализ значений ошибок стрельбы при ведении огня как по неподвижной цели, так и по движущейся 120-мм снарядом КЕ на дальности 2000 м с применением автоматизированной системы управления огнём

По аналогии с рис. 2 определим относительный вклад ошибок стрельбы в отклонение для гусеничных машин с автоматизированной системой управления огнём (рис. 3).

Основной вклад в увеличение ошибок происходит за счёт ошибки, возникающей в процессе сопровождения цели (рис. 2). Ошибки, появляющиеся в результате определения и учёта величин поправок на движе-

ние цели в боковом направлении также играют существенную роль. Сравнивая рис. 2 и рис. 3, видно перераспределение относительного вклада ошибок на отклонение стрельбы. Это достигается благодаря таким элементам автоматизированная система управления огнем, как лазерный дальномер, баллистический вычислитель, механизмы выработки поправок на движение самой машины ΔD и на движение цели $\Delta \beta$, прицелы со стабилизированной линией прицеливания. Эти компоненты позволяют вести более точный огонь, значение суммарных ошибок снижается на 60% в сравнении с объектом без этой системы, что заметно из рис. 1. Полученные данные согласуются с работой [11]. Тем не менее, даже с применением автоматизированная система управления огнем, движение цели способствует увеличению отклонений боеприпаса, а значит позволяет увеличить защищенность машины.

Необходимо отметить, что эффект возрастания рассеивания снаряда от скорости движения цели по значениям ошибок стрельбы не дает полного ответа о влиянии на конечный результат оценки на защищенность цели. Это связано с тем, что эллипс рассеивания снаряда необходимо сопоставлять с размерами проекции цели с учётом дальности ведения огня. В связи с этим прием иной критерий – вероятность попадания. В соответствии с основными положениями боевых наставлений стран НАТО выдвигается требование поражения цели первым выстрелом. Поэтому прием в качестве критерия оценки защищенности гусеничной машины вероятность попадания в цель первым выстрелом. Соответственно, чем ниже будет показатель вероятности попадания, тем выше уровень защищенности. Примем, что направление движения цели носит наступательный характер. Тогда цель движется в пределах от фронтального до флангового направлений. Движение осуществляется на плоскости, без учёта естественного рельефа и заграждений. То есть цель открыта и находится в поле видимости на протяжении всех этапов стрельбы. Средство поражения ведёт огонь с места из неизменного местоположения.

3. Математическая модель

Согласно математической модели современной теории стрельбы [8] вероятность попадания в цель первым выстрелом P определяется в виде приведенной функции Лапласа $\Phi(\beta)$ и записывается следующим образом:

$$P = \Phi \left(\frac{\frac{1}{2} m \sqrt{K_\phi}}{B_{\text{он}}} \right) \cdot \Phi \left(\frac{\frac{1}{2} H_u \sqrt{K_\phi}}{B_{\text{ен}}} \right), \quad (1)$$

где $B_{\text{он}}$ и $B_{\text{ен}}$ – суммарные ошибки стрельбы по направлению и высоте соответственно; m – ширина видимого размера цели; H_u – высота цели; K_ϕ – коэффициент фигурности цели.

Формула (1) справедлива при стрельбе по настильной траектории. В случае ведения огня по навесной траектории пользуются величиной дальности поражаемого участка l и суммарными ошибками по дальности $B_{\text{он}}$:

$$P = \Phi \left(\frac{\frac{1}{2} m \sqrt{K_\phi}}{B_{\text{он}}} \right) \cdot \Phi \left(\frac{\frac{1}{2} l \sqrt{K_\phi}}{B_{\text{он}}} \right). \quad (2)$$

В общепринятой модели стрельбы приняты допущения, упрощающие процесс определения и подготовки данных, необходимых при назначении исходных установок стрельбы. Это приемлемо в случае подготовки данных для ведения огня, но может привести к значимым ошибкам в случае анализа влияния подвижности цели на её защищенность. В связи с вышесказанным авторы предлагают уточнить и дополнить существующую модель стрельбы в части курсового угла, проекции цели, коэффициента фигурности, ошибок наведения и сопровождения цели/

3.1. Уточнение курсового угла

При стрельбе по движущейся цели необходимо осуществлять вынос точки прицеливания по направлению движения цели. Данный процесс требует решения задачи встречи снаряда с целью, что достигается определением и учётом поправок на величину из-

менения расстояния $ВИР_{ц}$ и на величину изменения направления $ВИН_{ц}$. Существующая методика предполагает, что курсовой угол цели $q_{ц}$ неизменен с момента её обнаружения. Это не соответствует действительности и применимо только в случае фронтального движения. В связи с этим возникают противоречия в определении поправок на движение цели. Избежать этих противоречий поможет ввод дополнительной переменной, учитывающее изменение курсового угла цели в момент совершения выстрела q_p .

3.2. Уточнение длины проекции цели

Определение вероятности попадания в цель требует учёта её размеров. В классической методике размер ширины цели m учитывается только в момент определения курсового угла цели $q_{ц}$. В связи с этим формула определения величины видимого размера цели по ширине определяет ширину проекции цели только в начальный момент подготовки к стрельбе. При стрельбе по неподвижной цели ширина m не меняется. Однако при оценке ведения огня по движущейся цели ширина видимого размера цели будет отличаться от исходной. Это означает, что ширина проекции цели по отношению к наводчику может меняться в зависимости от фактического курсового угла. Поэтому при определении вероятности попадания необходимо использовать размеры проекции цели в момент встречи снаряда с плоскостью цели. Для этого введем дополнительный параметр – курсовой угол в момент встречи снаряда с целью $q_в$. Шириной цели является проекция длины объекта на вертикальную плоскость, $L_{ц}$. Схема определения $L_{ц}$ на виде сверху представлена на рис. 4.

Как видно из рис. 4, длина проекции цели $L_{ц}$ определяется по отношению к наводчику и в случае движения цели она различна в каждый момент времени, даже при прямолинейном движении цели.

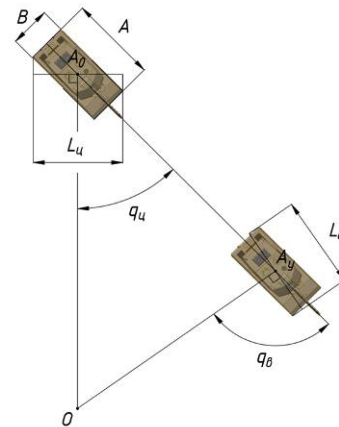


Рис. 4. Схема определения длины проекции цели

3.3. Уточнение коэффициента фигурности

При учёте фигурности цели, как правило, пользуются стандартными таблицами с конкретными образцами техники. Однако перечень объектов в этих таблицах весьма ограничен и могут возникать ситуации, когда необходимо определить коэффициент фигурности $K_{ф}$ объекта. Кроме того, коэффициент фигурности зависит от ракурса цели. Однако в расчётах обычно применяют единый коэффициент фигурности для всех углов встречи снаряда с целью, то есть не учитывается фактический курсовой угол цели в момент встречи со снарядом $q_в$. Для определения $K_{ф}$ неизвестного объекта предлагается использовать проекцию цели на основе трехмерной модели. Определение коэффициента фигурности рассчитывается отношением фактической площади цели к площади описанного прямоугольника цели к в вертикальной плоскости (рис. 5).

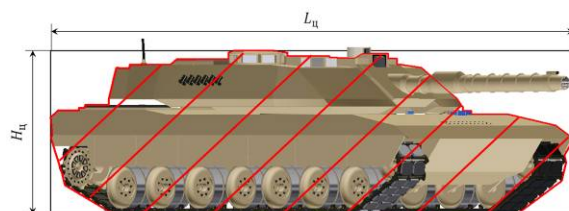


Рис. 5. Пример определения коэффициента фигурности

Проведём вычисления для фронтального и флангового расположения гусеничной ма-

шины, а также для курсового угла 45° . Полученные данные сведём в табл. 1.

Таблица 1
Коэффициент фигурности

Значение курсового угла встречи q_θ	Значение коэффициента фигурности K_ϕ
0°	0,747
45°	0,790
90°	0,765

Анализируя табл. 1, можно сделать вывод, что различие коэффициентов фигурности для выбранной цели, составляет до 6%. Так как фактический курсовой угол в момент совмещения снаряда с целью будет отличаться от курсового угла q_u , а для каждого угла в отдельности определять коэффициент фигурности графическим способом нецелесообразно ввиду малого различия значений коэффициента. В связи с этим предлагается ввести условие:

$$K_\phi(q_\theta) = \begin{cases} 0,790; & 15^\circ < q_\theta < 75^\circ \\ 0,747; & 0^\circ \leq q_\theta \leq 15^\circ \\ 0,765; & 75^\circ \leq q_\theta \leq 90^\circ \end{cases}$$

Таким образом принятые в существующей методике допущения о неизменном значении коэффициента фигурности цели могут приводить к погрешности свыше 5%. Учёт изменения K_ϕ позволит повысить точность вычислений вероятности попадания.

3.4. Уточнение ошибок наведения по неподвижной цели

Существующая методика теории стрельбы не учитывает ошибки наведения при ведении огня с места по неподвижной цели. В работе [8], посвящённой анализу ошибок стрельбы, отмечается, что при стрельбе с места по неподвижной цели ошибки наводки по высоте и направлению равны, соответственно,

$$E_{z_n} = 0,1 \text{ т.д. и } E_{y_n} = 0,1 \text{ т.д.}$$

Сравнивая эти срединные ошибки наводки с величинами технического рассеивания B_σ и B_θ , порядка 0,3 т.д., авторы заключают,

что основной вес имеют ошибки, не зависящие от стрелка (наводчика, оператора). На основании этого делается вывод о том, что ошибками наводки можно пренебречь в связи с их малостью по отношению к техническому рассеиванию. Необходимо обратить внимание, что эти результаты получены на основании исследования стрельбы из 100-мм пушки. Однако проведенный в настоящем исследовании анализ показал, что в действительности этот вывод не всегда верен, тем более в случае применения более современного вооружения. В дополнение к этому целесообразно отметить, что в связи с увеличением дальностей стрельбы, даже ошибку 0,1 т.д. уже нельзя считать малой и пренебрегать её учётом, так как на дальностях прямого выстрела бронебойным подкалиберным снарядом в абсолютных величинах эта ошибка составляет порядка 0,2 м на дистанции 2000 м, что сопоставимо со значениями технического рассеивания современных ствольных орудий быстроходной гусеничной техники.

3.5. Уточнение ошибок наведения по движущейся цели

Математическая модель теории стрельбы предлагает использовать коэффициент увеличения рассеивания для учёта возрастания ошибок стрельбы по движущейся цели. Данный коэффициент применим к техническому рассеиванию снарядов. Получается, что движение цели влияет на параметры самого орудия. При стрельбе с места влияние перечисленных факторов отсутствует. Воздействие на техническое рассеивание при неизменном угле возвышения происходит, в основном, за счёт привода поворота башни и стабилизатора линии прицеливания. Основной причиной увеличения рассеивания снарядов при стрельбе по движущейся цели является необходимость её сопровождения в процессе подготовки исходных данных для стрельбы. Это удержание производится наводчиком при помощи прицельного приспособления, после чего данные поступают в баллистический вычислитель, либо сопровождение цели учитывается глазомерно.

На сегодняшний день значения коэффициентов рассеивания приведены для скорости движения цели до 25 км/ч. Современные образцы бронированной техники способны значительно быстрее передвигаться. В некоторых работах говорится о необходимости увеличения скорости движения перспективных боевых машин до 160 км/ч [12]. Поэтому, чтобы определить возрастание ошибок удержания цели, необходимо их выразить

через коэффициенты увеличения рассеивания и аппроксимировать данные для скоростей свыше 25 км/ч. Результаты такой аппроксимации линейной зависимостью приведены в табл. 2, где y – ошибка сопровождения и удержания цели на прицельной марке или центральном угольнике прицельного приспособления, а x – скорость движения цели.

Таблица 2

Результаты аппроксимации ошибок наведения

$q_{ц}$	Ошибка наведения	Выражение, т.д.	Среднеквадратичная ошибка
0°	$E_{y_{нд}}$	$y = 0,018x$	$R^2 = 0,9408$
	$E_{z_{нд}}$	$y = 0,0294x$	$R^2 = 0,9671$
45°	$E_{y_{нд}}$	$y = 0,0209x$	$R^2 = 0,9599$
	$E_{z_{нд}}$	$y = 0,0371x$	$R^2 = 0,9424$
90°	$E_{y_{нд}}$	$y = 0,0226x$	$R^2 = 0,9505$
	$E_{z_{нд}}$	$y = 0,0446x$	$R^2 = 0,9248$

Полученные данные позволяют учитывать среднюю ошибку наведения как функцию от скорости движения цели, т.е. $E = k(V)$. В данном случае k – линейный коэффициент. Аппроксимация зависимостей из табл. 2 позволит определить значение

ошибки наведения по движущейся цели при заданном курсовом угле и фиксированной скорости движения цели, отличных от значений в таблице. Полученная трёхмерная поверхность ошибок представлена на рис. 6.

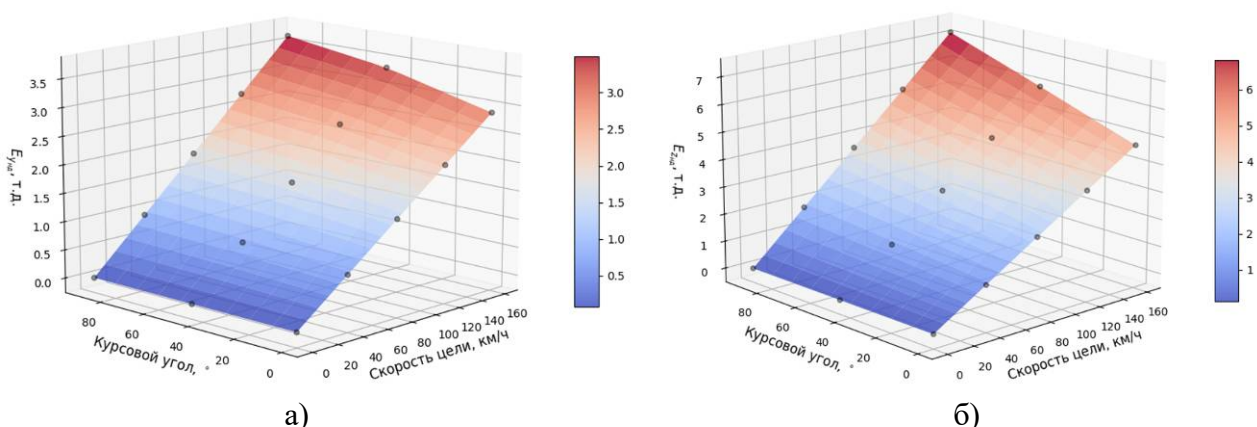


Рис. 6. Поверхность ошибок наведения по движущейся цели;
 а) по высоте; б) по направлению

3.6. Анализ эффективности уточненной методики

Определим разность вероятностей попадания в цель первым выстрелом 120-мм снарядом между усовершенствованной методикой и методикой без доработок при глазо-

мерном способе определения поправок на движение цели (рис. 7). Как видно из рис. 7, с возрастанием скорости движения цели на дальностях в пределах прямого выстрела имеются расхождения в результатах расчётов вероятности попадания. При неподвижной цели расхождение минимально. С возрастанием скорости расхождение результатов расчёта достигает значения более 16% на

дальности 500 м при движении цели со скоростью 100 км/ч. С увеличением расстоянием до цели уменьшается расхождение в результатах расчёта. Таким образом, усовершенствованная модель позволяет повысить точность вычислений, особенно при исследовании влияния движения цели на её защищённость.

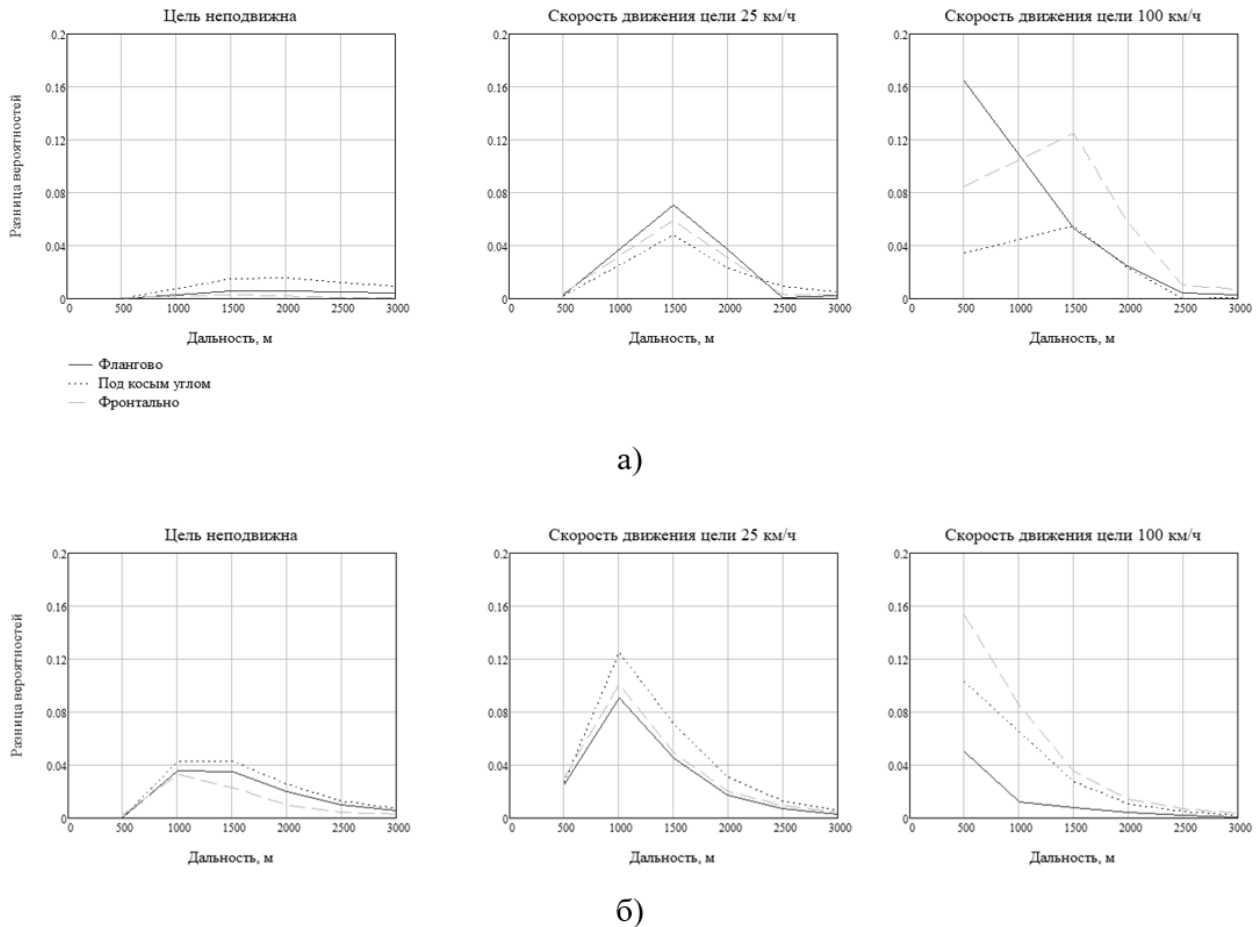


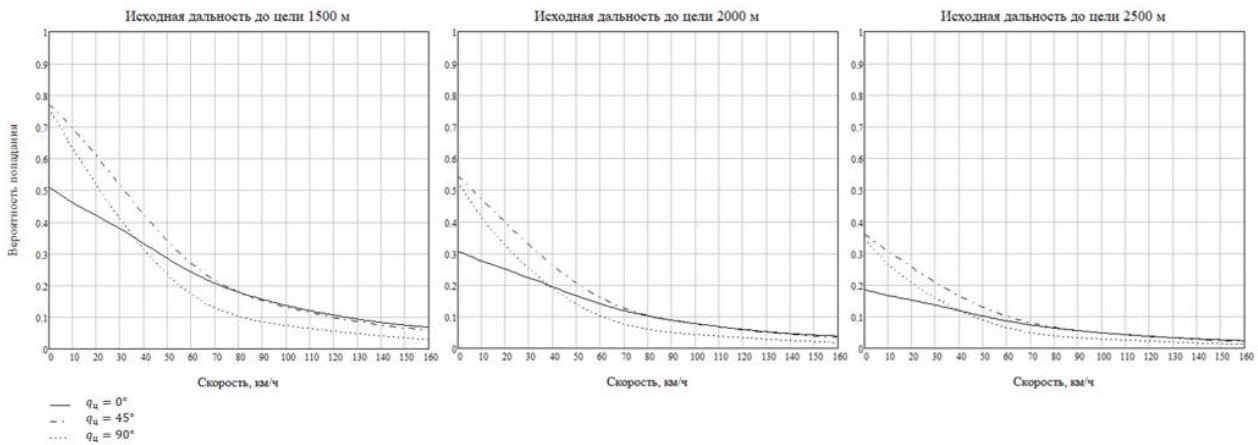
Рис. 7. Разность вероятностей попадания в цель при расчетах по усовершенствованной и существующей методикам на примере 120-мм снарядов:
 а) снаряд КЕ; б) снаряд МЗ

4. Результаты и их анализ

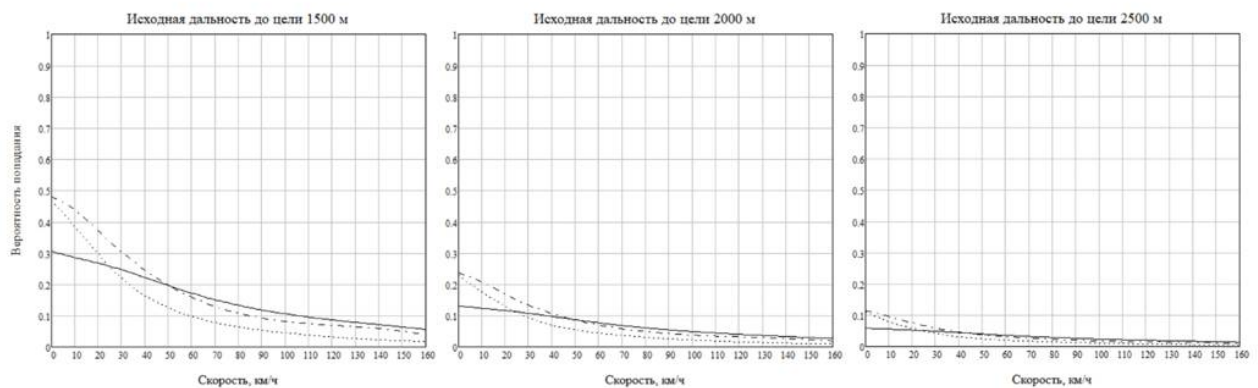
С учётом доработанной методики определим влияние скорости на вероятность попадания в цель. В качестве орудия примем 120-мм пушку западного образца [9, 13], а размеры цели аналогичные машине М1 Абрамс. Рассмотрим попадание с учётом трех основных направлений движения цели, то есть при фланговом, фронтальном и косом

направлениях. Скорость цели, с учётом возможностей перспективных образцов техники, примем до 160 км/ч.

Представим зависимость в виде $P(V)$, огонь ведется на трёх исходных дальностях 1500 м, 2000 м и 2500 м, автоматизированная система управления огнем выключена или отсутствует, результаты отобразим на рис. 8.



а)



б)

Рис. 8. Зависимость вероятности попадания от скорости движения цели без использования автоматизированной системы управления огнём:
а) снаряд КЕ; б) снаряд МЗ

Из рис. 8 видно, что вероятность попадания кумулятивным снарядом МЗ значительно меньше в сравнении с бронебойным подкалиберным КЕ. Данный факт известен и подтверждён на практике, а его физическая сущность объясняется относительно низкой начальной скоростью и высоким баллистическим коэффициентом [14].

По принятым ранее исходным данным определим вероятность попадания при

стрельбе с использованием автоматизированной системой управления огнём. Полученные зависимости представим на рис. 9.

Таким образом, результаты анализа показывают, что защитные свойства цели существенно повышаются при увеличении скорости движения. Этот тезис справедлив как при стрельбе с использованием автоматизированных систем, так и без них.

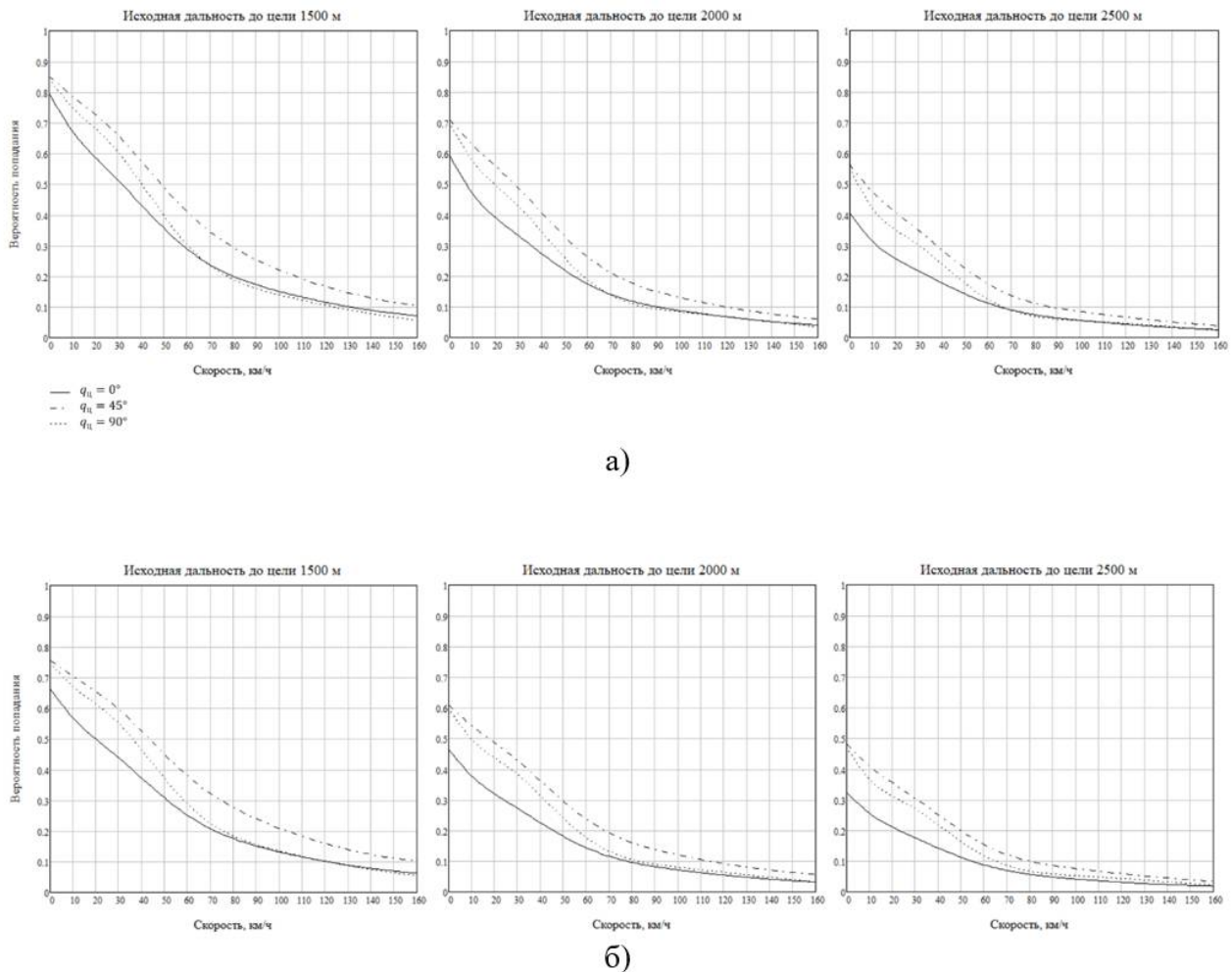


Рис. 9. Зависимость вероятности попадания от скорости движения цели с учётом применения автоматизированной системы управления огнём:
 а) снаряд КЕ; б) снаряд МЗ

Применение ручных противотанковых гранатометов носит массовый характер в виду их распространенности, дешевизны, низких требований к квалификации стрелка. Главным недостатком гранатометов является небольшая дальность выстрела. Как правило, дальность стрельбы из ручного противотанкового гранатомета составляет порядка 300 м. Это предположительно может привести к нивелированию возможности повышения защищённости за счёт подвижности цели. Исследуем этот вопрос. Рассмотрим влияние движения быстроходной гусеничной машины на эффективность попадания в него из гранатомета на примере данных в источниках [15-17]. Результаты расчёта показаны на рис. 10.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что за счёт подвижности цели может

быть снижена вероятность попадания в неё из ручного противотанкового гранатомета. Особенно это ярко проявляется, когда цель движется флангово.

К неуправляемым сухопутным противотанковым средствам поражения, помимо рассмотренных ранее, можно отнести и самоходные артиллерийские установки. Стрельба из них преимущественно осуществляется по навесной траектории. При расчёте эффективности следует применять выражение (2). Расчёт вероятности попадания должен происходить согласно теории стрельбы из наземной артиллерии [18, 19]. В этом случае появляются источники ошибок, присущие данному способу ведения огня. Даже с учётом полной подготовки стрельбы вероятность попадания в точечную цель крайне мала.

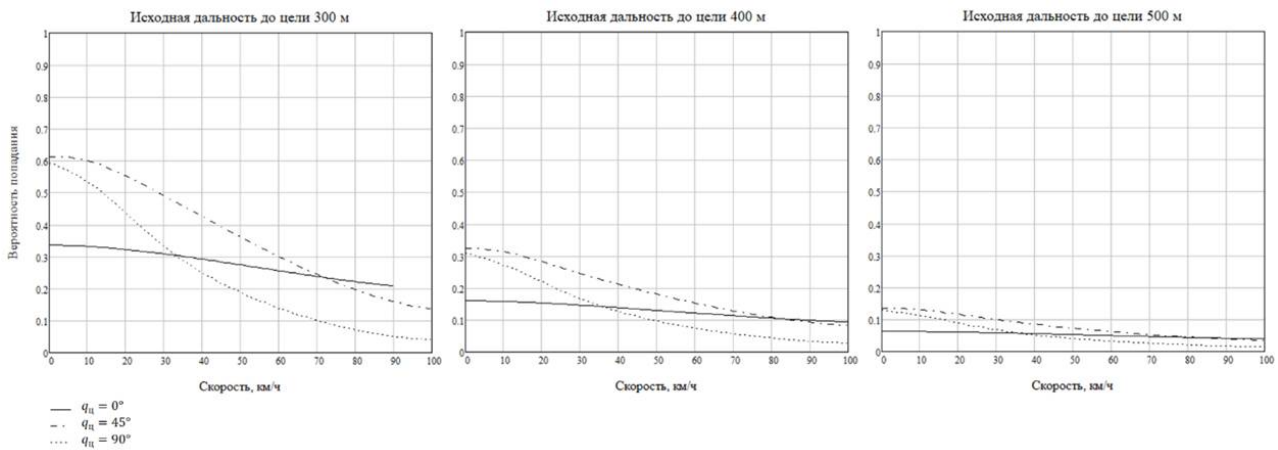


Рис. 10. Зависимость вероятности попадания от скорости движения цели при стрельбе из противотанкового гранатомета

Это наглядно продемонстрировано зависимостью вероятности попадания от дальности ведения огня по неподвижной цели на рис. 11.

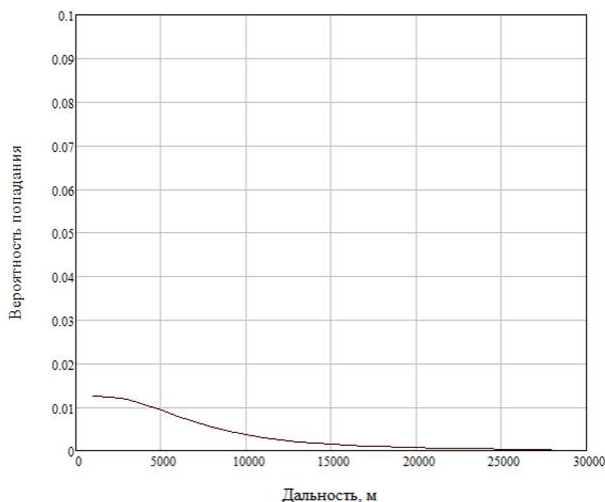


Рис. 11. Зависимость вероятности попадания от дальности ведения огня из артиллерийской системы в неподвижную цель при стрельбе не прямой наводкой

Ввиду малого значения вероятности попадания точечным выстрелом, в артиллерии принято оценивать эффективность стрельбы нормой расхода снарядов. При этом обычно огонь ведется не по конкретной цели, а по скоплению целей или групповой цели. Огневая задача решается, как правило, не одиночным орудием, а подразделением. При этом в большинстве случаев поражение идет не за счёт точного попадания в технику, а за счёт осколочно-фугасного воздействия сна-

ряда. Для бронированных целей, при стрельбе 155-мм осколочно-фугасным снарядом, как правило, при разрыве ближе 10 м, цель считается поражённой. Поэтому эффективность стрельбы не прямой наводкой оценивается по характеристикам площади поражения – накрытию цели. Ввиду этого, для повышения защищённости цели требуется выход из зоны поражения за время полета снаряда. Известно, что значения средних ошибок при стрельбе из самоходных артиллерийских установок составляет порядка 1% от дальности стрельбы. По направлению это значение примерно равно 4 тысячных. Данные справедливы для полной подготовки стрельбы. Учёт огневого воздействия остальных орудий из батареи можно вести посредством коэффициента рассеивания, который возникает в результате пристрелки. Таким образом, образуется зона поражения, выйдя за пределы которой снижается вероятность попадания в цель. Исходя из этого, в первом приближении можно оценить влияние движения цели на её защищённость через вероятность попадания в зону вокруг цели. При увеличении скорости до допустимых значений для современных машин, даже при допущении о линейном законе увеличения ошибки, вероятность поражения ожидаемо снизится в два-три раза, а с учётом действия нормального закона, это приведёт к ещё большему уменьшению вероятности попадания (поражения). Ещё сильнее это влияние проявится, если использовать маневрирование, т.к. в соответствии с рассмотренными

правилами стрельбы, подготовка исходных данных ведётся в предположении, что известен маршрут движения цели.

Таким образом, подвижность образца позволяет существенно снизить вероятность накрытия его огнём артиллерии.

5. Заключение

Предложенная усовершенствованная модель стрельбы позволяет повысить точность расчёта вероятности попадания по движущимся целям.

Подвижность цели существенно повышает её защищённость от всех видов наземных

Список литературы

1. Григорян В.А., Белобородко А.Н., Дорохов Н.С. Частные вопросы конечной баллистики. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 591 с.

2. Королёв А.Ю., Королёва А.А., Яковлев А.Д. Маскировка вооружения, техники и объектов. СПб: Университет ИТМО, 2015. 155 с.

3. Купрюнин Д.Г., Дорохов Н.С., Чистяков Е.Н. Динамическая защита вчера, сегодня, завтра // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. 2014. № 9. С. 5-11.

4. Евдокимов В.И., Гуменюк Г.А., Андриященко М.С. Неконтактная защита боевой техники. СПб: Реноме, 2009. 174 с.

5. Степанов В.В., Андриященко М.С., Борисов Е.Г. Методы и средства защиты бронетехники. СПб: Реноме, 2017. 311 с.

6. Степанов В.В., Андриященко М.С., Евдокимов В.И. Современные противотанковые средства. СПб: Реноме, 2016. 195 с.

7. Наставление по стрельбе из танков. Основы стрельбы из танков. М.: Воениздат, 1970. 135 с.

8. Романов Н.И. Теория стрельбы из танков. М.: ВА БТВ, 1973. 423 с.

9. Schusstafel der 120 mm Kanone KE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kotsch88.de/tafeln/st_120mm-ke.htm (дата обращения: 26.04.2026).

10. Голуб Г.Г., Заславский Е.И., Лукьянов Н.А. Классификация ошибок стрельбы из танка. Оценка влияния групп ошибок на вероятность попадания // Вопросы оборон-

противотанковых средств при стрельбе неуправляемыми боеприпасами.

Основной вклад подвижности машины в повышение её защищённости вносится через увеличение ошибок стрельбы. То есть за счёт увеличения ошибок удержания цели в прицельном приспособлении и за счёт увеличения ошибок определения и назначения поправок на упреждение цели. Наиболее значительно влияние подвижности на защищённость проявляется при фланговом движении цели.

References

1. Grigoryan V.A., Beloborodko A.N., Dorokhov N.S. *Chastnie voprosi konechnoi ballistiki* [Questions on Final Ballistics]. Moscow, BMSTU Publ., 2006. 591 p. (In Russian)

2. Korolyov A.Yu., Korolyova A.A., Yakovlev A.D. *Maskirovka vooruzheniya, tekhniki i obektov* [Camouflage of weapons, equipment and objects]. Saint Petersburg, ITMO University Publ., 2015. 155 p. (In Russian)

3. Kupryunin D.G., Dorokhov N.S., Chistyakov E.N. Dynamic protection yesterday, today, tomorrow. *Tekhnika i vooruzhenie vchera, segodnya, zavtra*, 2014, No. 9, pp. 5-11 (In Russian)

4. Yevdokimov V.I., Gumenyuk G.A., Andryushchenko M.S. *Nekontaktная zashchita boevoi tekhniki* [Non-contact protection of military equipment]. Saint Petersburg, Renome Publ., 2009. 174 p. (In Russian)

5. Stepanov V.V., Andryushchenko M.S., Borisov Ye.G. *Metodi i sredstva zashchiti bronetekhniki* [Methods and means of protection of armored vehicles]. Saint Petersburg, Renome Publ., 2017. 311 p. (In Russian)

6. Stepanov V.V., Andryushchenko M.S., Yevdokimov V.I. *Sovremennie protivotankovie sredstva* [Modern anti-tank weapons]. Saint Petersburg, Renome Publ., 2016. 195 p. (In Russian)

7. *Nastavlenie po strelbe iz tankov. Osnovi strelbi iz tankov* [The tank shooting manual. The basics of tank shooting]. Moscow, Voennizdat Publ., 1970. 135 p. (In Russian)

8. Romanov N.I. *Teoriya strelbi iz tankov*

- ной техники. 1973. Серия XX. Выпуск 37. С. 3-10.
11. Иванов И.К., Лаврищев Б.П., Потемкин Э.К., Соколов В.Я. Основные факторы, влияющие на точность стрельбы из танка // Вестник бронетанковой техники. 1980. № 2. С. 7-9.
12. Григорян В.А., Юдин Е.Г., Терехин И.И. Защита танков. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 326 с.
13. Schusstafel der 120 mm Kanone MZ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kotsch88.de/tafeln/st_120mm-mz.htm (дата обращения: 26.04.2026).
14. Иванов И.К., Карабанова Н.В., Кузнецов В.С., Лаврищев Б.П. Точность стрельбы кумулятивными снарядами // Вестник бронетанковой техники. 1986. № 2. С. 7-10.
15. Tradoc bulletin 3. Soviet RPG-7 anti-tank grenade launcher [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://djvu.online/file/9DnMiPiWbHuTm?ysclid=md61t97nao416730916> (дата обращения: 26.04.2026).
16. Anderson D., Thomson D. Analyzing helicopter evasive maneuver effectiveness against rocket-propelled grenades // Journal of Guidance, Control and Dynamics. 2014. Vol. 37 (1). P. 277-289.
17. Манышев В.В., Тактическая подготовка. М.: КноРус, 2024. 399 с.
18. Дагадаев М.М., Коростелев Е.В., Комьяженко Г.А., Северов Т.П. Стрельба наземной артиллерии. М.: Воениздат, 1960. 342 с.
19. Блинов Г.И. Теория стрельбы наземной артиллерии. Кн. 1. М.: Воениздат, 1960. 536 с.
- [Tank shooting theory]. Moscow, Akad. Publ., 1973. 423 p. (In Russian)
9. Schusstafel der 120 mm Kanone KE. Available at: https://www.kotsch88.de/tafeln/st_120mm-ke.htm
10. Golub G.G., Zaslavskii E.I., Lukyanov N.A. Classification of tank firing mistakes. Assessment of the impact of mistake groups on the probability of a hit. *Voprosi oboronnoi tekhniki*, 1973, Ser. XX, Vol. 37, pp. 3-10. (In Russian)
11. Ivanov I.K., Lavrishchev B.P., Potemkin E.K., Sokolov V.Ya. The main factors influencing the accuracy of tank fire. *Vestnik bronetankovoi tekhniki*, 1980, No. 2, pp. 7-9. (In Russian)
12. Grigoryan V.A., Yudin E.G., Terekhin I.I. *Zashchita tankov* [Tank protection]. Moscow, BMSTU Publ., 2007. 326 p. (In Russian)
13. Schusstafel der 120 mm Kanone MZ. Available at: https://www.kotsch88.de/tafeln/st_120mm-mz.htm
14. Ivanov I.K., Karabanova N.V., Kuznetsov V.S., Lavrishchev B.P. Accuracy of firing with high explosive anti-tank round. *Vestnik bronetankovoi tekhniki*, 1986, No. 2, pp. 7-10 (In Russian)
15. Tradoc bulletin 3. Soviet RPG-7 anti-tank grenade launcher. Available at: <https://djvu.online/file/9DnMiPiWbHuTm?ysclid=md61t97nao416730916>
16. Anderson D., Thomson D. Analyzing helicopter evasive maneuver effectiveness against rocket-propelled grenades. *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, 2014, Vol. 37 (1), pp. 277-289.
17. Manishev V.V. *Takticheskaya podgotovka* [Tactical training]. Moscow, KnoRus Publ., 2024. 399 p. (In Russian)
18. Dagadaev M.M., Korostelev E.V., Komyazhenko G.A., Severov T.P. *Strelba nazemnoi artillerii* [Land artillery firing]. Moscow, Voenizdat Publ., 1960. 342 p. (In Russian)
19. Blinov G.I. *Teoriya strelbi nazemnoi artillerii. Kn. 1* [The theory of firing land artillery. Book 1]. Moscow, Voenizdat Publ., 1960. 536 p. (In Russian)