

УДК 623.4.011

А.Н. Куприненко

*Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, Львов*

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВООРУЖЕНИЯ**

*Показано, что точный количественный анализ процессов функционирования перспективного вооружения в реальных задачах не имеет практического значения. Обосновано целесообразность применения для моделирования данных процессов методов нечеткой логики.*

**Ключевые слова:** моделирование, процессы функционирования перспективного вооружения, нечеткая логика.

### **Постановка проблемы**

Возникновение новых видов угроз национальной безопасности, противоречий, которые приводят к нестабильности и конфликтам, вызывают необходимость создания систем (комплексов, образцов) вооружения соответствующих изменившимся условиям ведения вооруженной борьбы.

На ранних этапах создания перспективного вооружения во время проведения военно-научных исследований, направленных на обоснование концепций, технических обликов и требований, важное значение имеет оценка эффективности применения вооружения в возможных военных конфликтах, которая проводится на основе моделирования процессов его функционирования.

Важность обеспечения реальности планирования оснащения Вооруженных Сил перспективным вооружением с учетом этапов его разработки и производства обуславливает необходимость прогнозирования возможного хода боевых действий на долгосрочную перспективу (более 10 лет) [1-2].

Таким образом, процессы функционирования перспективного вооружения характеризуются высокой степенью неопределенности, т.е. принятие решений происходит в условиях, когда цели, ограничения и последствия возможных действий точно не известны.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Поскольку задача моделирования процессов функционирования перспективного вооружения связана с долгосрочным прогнозированием, бессмысленно говорить о возможности точного и однозначного описания этих процессов.

В данном случае целесообразно вести речь о приблизительном их представлении с учетом возможных изменений форм и способов ведения вооруженной борьбы, тенденций развития вооружения и научно-технического прогресса в военной сфере.

Несмотря на это, традиционно понимание процессов функционирования вооружения отождествляют с возможностью их точного количественного анализа. Подтверждением этого является применение для моделирования таких методов исследований как марковские случайные процессы, метод динамики средних, метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) [3-9].

Перечисленные методы основаны на использовании математического аппарата теории вероятностей.

Исторически теория вероятностей была первым математическим аппаратом для представления неопределенностей в математических моделях. По этой причине любая неопределенность долгое время считалась стохастической по своей природе и наделялась, иногда искусственно, свойствами случайного события.

В то же время, стохастическая неопределенность имеет место в ситуациях, когда некоторое хорошо описанное событие в неизменных условиях может произойти, а может не произойти [10]. При этом с течением времени степень неопределенности, связанная с этим событием, может измениться. Результат любой частной реализации вероятностного процесса является исключительно вопросом случая, и предсказать последовательность событий просто невозможно. Для вероятностных процессов оказывается возможным лишь точное описание статистических оценок некоторых усредненных характеристик этого процесса.

На данный момент существует большое количество теоретических моделей функционирования образцов вооружения на основе вероятностно-статистических методов, но их практические сопоставления с действительностью во многих случаях не делались ни разу, например моделей, приведенных в [11-12].

Поэтому **целью статьи** является обоснование методов моделирования процессов функционирования перспективного вооружения, имеющих практическую ценность.

## Изложение основного материала

Указанные выше обстоятельства обусловили необходимость проведения анализа возможностей существующих методов моделирования боевых действий на долгосрочную перспективу [13].

При проведении анализа учитывалось, что теория вероятностей:

1. Оперирует только теми случайными событиями, которые «могут быть осуществлены неограниченное количество раз, притом в неизменных условиях» [14, С. 17], а также «обладают так называемой статистической устойчивостью, или иначе устойчивостью частот» [14, С. 18].

2. Не имеет отношения к «единичным, неповторимым событиям, если только относительно них нет возможности провести длительные независимые испытания в одинаковых условиях» [14, С. 18].

В результате проведения анализа установлено, что при использовании вероятностно-статистических методов для моделирования процессов функционирования перспективного вооружения основная надежда покоится в том, что недостаток информации об исследуемом процессе удастся возместить большим количеством фактического материала. Но будущие военные конфликты относятся к уникальным, неповторимым событиям и достаточное количество фактического материала, который должен быть получен «неограниченное количество раз, притом в неизменных условиях», как правило, получить не удастся. По этому поводу авторы [6, С. 114] отмечают: «Только при очень большом числе наблюдений (опытов) элементы случайности сглаживаются, и проявляется ясно видимая закономерность, присущая прогнозируемому процессу. Однако на практике число наблюдений (опытов), как правило, является ограниченным и приходится решать вопрос о выборе данного эмпирического распределения теоретической кривой распределения, характеризующей закономерные черты прогнозируемого процесса». При решении задачи выбора вида теоретической кривой, который должен выбираться «исходя из анализа существа прогнозируемого процесса»

[6, С. 115], «приобретает остроту вопрос о вольной или невольной подгонке результатов под желательные для исследования выводы» [15, С. 16].

Получению удовлетворительных результатов как теоретическим, так и экспериментальным путем препятствуют трудности, связанные с невозможностью проведения натурных испытаний и прямого измерения параметров, неполнотой и неточностью исходной информации, которую реально удастся собрать за ограниченное время. В данном случае уместно заметить, что «информационная ситуация, складывающаяся при проведении научных

исследований и разработок вооружения, отличается от информационной ситуации в статистической физике и математической статистике прежде всего многообразием и формой задания исходной информации» [8, С. 15].

Указанные трудности моделирования процессов функционирования перспективного вооружения делают практически невозможным получение:

вероятностей перехода системы из одного состояния в другое (плотности вероятностей перехода) в моделях случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем, построенных с использованием аппарата марковских случайных процессов [16, С. 129];

интенсивности потоков событий, переводящих элемент системы из состояния в состояние, «которые зависят от случайных численностей состояний» [5, С. 300], что не позволяет составить дифференциальные уравнения динамики средних;

«оценки влияния отдельных факторов и характеристик на исход моделируемой ситуации», а также оценки вариантов этих исходов [6, С. 131], [16, С. 129];

оценки степени выполнения поставленных задач [17, С. 48].

оценок в «прогнозировании скачков в развитии вооружения (переход на новые физические принципы действия, комплексирования средств поражения и обеспечения системы управления войсками и оружием и т.п.)» [18, С. 54];

Известно [5, 7], что в случаях, когда построение аналитической вероятностной модели прогнозируемого процесса затруднено, применяется метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). При применении указанного метода с целью определения характеристик исследуемого случайного процесса необходимо большое число реализаций, потому как «устойчивые закономерности обнаруживаются при многократном наблюдении процесса» [5, С. 413].

Громоздкость и трудоемкость работы с моделью, а также «отсутствие возможности в каждой реализации оценки влияния тех или иных факторов на результат исследования» [6, С. 131] существенно ограничивает возможности применение метода Монте-Карло для моделирования процессов функционирования перспективного вооружения.

В существующих моделях функционирования вооружения не учитываются факторы, которые «по самой своей природе не могут быть выражены количественно» [3, С. 111].

На этапе оценки результатов моделирования, лицо, принимающее решение (ЛПР), использующее эти результаты должно «проделать некоторую умственную работу и связать полученные результаты с элементами, опущенными при количественном анализе» [3, С. 112]. Очевидно, что это увеличивает время информационной подготовки принятия решения.

Отсутствие возможности учета в существующих вероятностных моделях факторов, которые не могут быть выражены количественно, может быть причиной того, что рекомендации результатов моделирования «могут оказаться односторонними (неполными), основанными только на учете факторов, заложенных в расчеты, а принятое решение не вполне обоснованным» [7, С. 9].

Примером факторов, характерных для процессов функционирования вооружения, которые не могут быть выражены количественно, могут быть факторы, зависящие от условий функционирования вооружения. Например, интенсивность применения противником средств поражения, дорожные условия.

Интенсивность применения противником средств поражения зависит от вида огня, способа и дальности обстрела, а также плотности огня, которая определяется видом и количеством средств поражения, их боевой скорострельностью.

Известно [19], что классифицировать и количественно оценить все многообразие дорожных условий сложно, особенно если принять во внимание, что в зависимости от сезона и специфических условий региона комплексное воздействие однотипных дорог при движении образца вооружения может быть различным. Поэтому общая оценка сложности дорожных условий является качественной (по категориям условий эксплуатации, учитывающим типы дорог и состояние их покрытия), а количественная оценка дается только лишь по отдельным показателям, характеризующим то или иное свойство дороги, фактор дорожных условий (сопротивление качению, опорно-сцепные свойства, макро- и микропрофиль, кривизна дорог). Для определения указанных показателей применяется статистическая оценка характеристик дорог, исходными данными при этом являются измерения наиболее характерных участков дорог большой протяженности. Получить достаточное количество результатов таких измерений является трудной, часто неразрешимой за ограниченное время задачей.

Различное сочетание определяющих указанные факторы условий, характерное для боевых действий, обуславливает многообразие возможных ситуаций. В свою очередь, многообразие возможных ситуаций вызывает сложности учета этих факторов количественными методами анализа.

Следует отметить, что в тактико-техническом задании (ТТЗ) на выполнение опытно-конструкторской работы по разработке образца вооружения в подразделе «Требования по назначению» отдельные характеристики (параметры) вооружения могут быть заданы только с учетом оперативно-тактических (и других) условий использования образца. Например,

требования по эффективности стрельбы БТР устанавливаются в ТТЗ по среднему времени на подавление целей с учетом скорости движения образца, типа поражаемой цели, расхода боеприпасов, дальности до цели.

Но прежде чем это требование будет установлено в ТТЗ, необходимо выяснить: какую эффективность стрельбы вооружения БТР в перспективе (через 10 лет) считать высокой?

Рассмотрим пример. Требование по эффективности стрельбы основным вооружением БТР, установленное в ТТЗ, формулируется, как правило, следующим образом: «среднее время на подавление живой силы и целей основным вооружением с ходу при движении со средней скоростью 15-20 км/ч при расходе 24 30-мм патронов (3-5 очередями по 5-8 выстрелов) по цели «пулеметный расчет» на дальностях 1000, 1500 м, должно составлять не более 20 и 25 с соответственно».

Для того чтобы обосновано записать в ТТЗ это требование именно в такой формулировке, необходимо доказать, что при заданных выше условиях выполнения задачи среднее время на подавление целей, которое составляет не более 20 и 25 с, соответствует необходимой на перспективу эффективности вооружения БТР.

Очевидно, что для этого целесообразно провести научное исследование. При проведении такого исследования принятие решения осуществляется, как правило, экспертами, знания которых неизбежно содержат те или иные неопределенности. Эксперту значительно легче давать суждения качественного вида, а сложнее – количественного, тем более, когда речь идет об оценках на долгосрочную перспективу. Количественная форма экспертных оценок обладает существенными недостатками. Дело в том, что эксперт, производит оценку интуитивно, неявным образом основываясь на всех знаниях, полученных им ранее, и в его представлении ответом на вопрос не обязательно должно быть точное число, но также им может быть некоторое множество чисел с нечеткими, расплывчатыми границами. Например: «около 5», «примерно в интервале от 7 до 10» и т.п. Если эксперт дает оценку как точную, то это означает, что он сам выбирает единственный элемент, который, по его мнению, имеет наибольшую степень принадлежности упомянутому выше множеству. При этом может возникнуть ошибка в правильном выборе такого элемента, которая добавляется к ошибке, в определении самого множества, а кроме того, игнорируются другие элементы области рассуждения, хотя их степень принадлежности может быть близкой к 1.

Во избежание ошибок возникает необходимость обработки неточных и качественных экспертных оценок, а это выходит за пределы возможностей традиционных методов точного количественного анализа.

Необходимо сказать также несколько слов о таком важном факторе, определяющем использование прогноза для принятия решений, как полезность результатов прогнозирования. Известно [6, С. 259], что «о полезности результатов прогнозирования лицо, принимающее решение, может судить по ... тому, насколько легко понять (осмыслить) эти результаты», в противном случае теряется доверие к этим результатам. Применение в существующих вероятностных моделях в качестве основного показателя (критерия) среднего значения величин (математического ожидания) «не всегда дает прямой ответ на вопрос о степени выполнения поставленных задач, что снижает ценность моделирования, а иногда и компрометирует метод в целом» [17, С. 48]. Поэтому для подготовки убедительных данных ЛПР, возникает необходимость представления результатов прогнозирования на «языке», который легко понимается ЛПР.

Сложившаяся ситуация свидетельствует о несовершенстве существующих методов моделирования процесса функционирования перспективного вооружения, что подтверждает актуальность их дальнейшего развития.

Результаты проведенного анализа, позволяют определить перечень дополнительных требований,

предъявляемых к указанным методам. К таким требованиям можно отнести:

1. Описание процесса в условиях неполноты и неточности исходной информации.

2. Учет дополнительной неформализуемой информации о возможных изменениях форм и способов ведения вооруженной борьбы, тенденциях развития вооружения и научно-технического прогресса в военной сфере.

Формализация факторов, влияющих на процесс функционирования вооружения, показателей эффективности и критериев оценки эффективности применения перспективного вооружения, имеющих не только количественное, но и качественное описание.

3. Представление информации о результатах моделирования в форме, удобной для понимания ЛПР.

Важность учета факторов, показателей эффективности, которые не могут быть выражены количественно, а также невозможность их формализованного описания вероятностными методами вызывает необходимость использования качественных оценок, комплексно характеризующих эти факторы (показатели).

В табл. 1 и 2 приведены соответственно примеры качественных оценок интенсивности применения противником крупнокалиберного стрелкового оружия по цели типа БТР и дорожных условий.

Таблица 1

**Пример качественной оценки интенсивности применения противником крупнокалиберного стрелкового оружия по цели типа БТР**

Вид огня	Способ ведения стрельбы	Количество средств поражения, ед.	Дальность обстрела, м	Качественная оценка интенсивности применения средств поражения
Короткими очередями	в точку	1	больше 800	НИЗКАЯ
Длинными очередями, сосредоточенный	с рассеиванием в глубину	2-3	500-800	СРЕДНЯЯ
Непрерывный, сосредоточенный	с рассеиванием в глубину	больше 3	меньше 500	ВЫСОКАЯ

Таблица 2

**Пример качественной оценки дорожных условий**

Характеристика возможных условий	Качественная оценка дорожных условий
дороги с твердым покрытием, булыжные, гравийные и щебеночные	БЛАГОПРИЯТНЫЕ
грунтовые дороги (удовлетворительного состояния, разбитые, в период распутицы), песчаный грунт, лесные дороги	НЕСЛОЖНЫЕ
бездорожье, степная и снежная целина, заболоченная местность	СЛОЖНЫЕ

Приведенные в табл. 1 и 2 качественные оценки факторов, влияющих на процессы функционирования перспективного вооружения, подтверждают реальную возможность их комплексного учета и качественного описания.

Постоянное развитие форм и способов ведения вооруженной борьбы обуславливает возрастание сложности внутренней структуры современного вооружения и расширение круга решаемых им задач. Это приводит к необходимости рассматривать

образцы вооружения как сложные технические системы. Но чем сложнее система, тем сложнее модель, используемая для описания процесса ее функционирования. Усложнение модели оправдывается необходимостью раскрытия существенных сторон прогнозируемого процесса функционирования вооружения. Авторы [8, С. 15–16] по этому поводу отмечают: «Сложные технические системы (объекты вооружения и военной техники) имеют сложные математические модели, структура которых определяется в первую очередь характером взаимодействия отдельных элементов. Структурные схемы таких систем строятся на базе логических понятий «И», «ИЛИ».....».

При прогнозировании в военном деле «основным методом прогнозирования при исследовании проблем военного искусства, теории и практики ведения боевых действий, определении основных законов вооруженной борьбы и методов управления процессами, сопровождающими вооруженную борьбу, является эвристическое прогнозирование» [6, С. 217], которое имеет огромное значение «при проектировании и создании образцов вооружения и военной техники, когда во внимание необходимо принимать не только возможности науки, техники и производства, но и другие факторы, так как применение математических методов здесь затруднено в связи со сложностью создания пригодных к использованию математических моделей» [6, С. 162-163].

При этом используется одна из самых важных сторон человеческого мышления – способность оценивать информацию, т.е. выбирать из давящего на мозг разнообразия сведений те и только те, которые имеют отношение к анализируемой проблеме.

Человек в повседневной деятельности никогда не использует формального моделирования на основе математических выражений, он не ищет одного закона описывающего все. Язык, который он использует для моделирования – это нечеткий естественный язык. Мысли, высказывания человека, если говорить о них с точки зрения логики, имеют крайне выраженный качественный характер, они нечетки. Например, такие утверждения как «образец вооружения имеет *высокую* эффективность», «компоновка образца обеспечивает *удобство* обслуживания», «*сложные* дорожные условия эксплуатации» несут значительную информацию для человека, несмотря на неточность выделенных курсивом слов. Это происходит потому, что элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых множеств (классов объектов) в которых переход от «принадлежности к классу» к «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен. Знания, которыми человек пользуется повседневно, представлены содержательно, они несовершенны, неточны и противоречивы. Несмотря на это человек способен с их помощью делать выводы очень

высокого уровня – и все потому, что он имеет нечеткие знания и обладает нечеткими умственными способностями обработки этих знаний.

Учитывая сложившиеся обстоятельства, для описания процессов функционирования перспективного вооружения предлагается использовать нечеткие слова и рассуждения человека.

Проведенный анализ существующего на сегодняшний день математического аппарата показал, что методами, позволяющими математически описывать нечеткие понятия и знания, оперировать этими знаниями и делать нечеткие выводы, являются методы нечеткой логики.

Согласно [20] методы нечеткой логики целесообразно использовать в случаях, когда: а) исследуемые процессы являются слишком сложными; б) отсутствует адекватная математическая модель; в) доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно.

Возможность описания условий и метода решения задачи на языке, близком к естественному, предоставляемая методами нечеткой логики, позволяет представлять информацию о результатах моделирования в форме, удобной для понимания ЛППР.

Предположим, что изменения характера ведения вооруженной борьбы, в частности, расширение пространственных и сокращение временных показателей выполнения задач в тактическом звене, интеграция средств поражения, разведки и управления, применение рассредоточенных боевых порядков, повышение роли маневренных действий и снижение возможностей позиционной обороны, привели к необходимости создания перспективного образца бронетанкового вооружения с боевыми свойствами, адекватными изменившимся условиям применения образца.

Возникает задача оценки эффективности его применения с целью обоснования концепции и технического облика образца в форме формализованных качественно-количественных характеристик.

Когда речь идет о моделировании реального процесса функционирования образца вооружения, общая процедура, как правило, предусматривает определение [3]:

1. Факторов, влияющих на эффективность применения образца.

2. Зависимости показателей, характеризующих эффективность выполнения задач перспективным образцом от влияющих факторов.

Предлагаемая автором процедура имеет аналогичную последовательность и отличается от существующих тем, что на этапе определения зависимости показателей эффективности применения перспективного образца вооружения от влияющих факторов, полученная в результате опроса экспертов информация обрабатывается не статистическими методами, а методами нечеткой логики.

Как указывалось ранее, показатели характеризующие эффективность выполнения задач перспективным образцом, а также факторы, влияющие на эффективность его применения, могут быть описаны как количественно, так и качественно.

В то же время прогнозируемые оценки экспертов, которые содержат элементы неточности (понятия с нестрогими границами), могут быть:

1. Приблизительно точечными. Например:

Дальность действительной стрельбы должна быть не менее 6000 м.

Время приведения в состояние боевой готовности не более 2 мин.

Масса образца должна быть приблизительно 15 т.

2. Приблизительно интервальными. Например:

Запас хода по топливу должен быть приблизительно 550-600 км.

Скорость движения по грунтовым дорогам должна быть примерно в интервале 40-50 км/ч.

3. Качественными. Например:

Если дальность до цели 2000-2500 м и среднее время поражения цели не более 15 с, то эффективность стрельбы высокая.

Если 14,5-мм пуля Б-32 на дальности более 600 м и угле встречи 10-40° обеспечивает поражение, то стойкость противопульной брони низкая.

Подчеркнутыми в приведенных примерах являются элементы неточности и качественные оценки.

Для обработки приближенных точечных и интервальных экспертных оценок предлагается подход, описанный в [21].

Для формализации качественных оценок и характеристик (параметров), которые могут быть заданы только с учетом оперативно-тактических и других условий применения образца предлагается использовать основной метод нечеткой логики – нечеткий логический вывод.

Типовая структура системы нечеткого логического вывода показана на рис. 1.

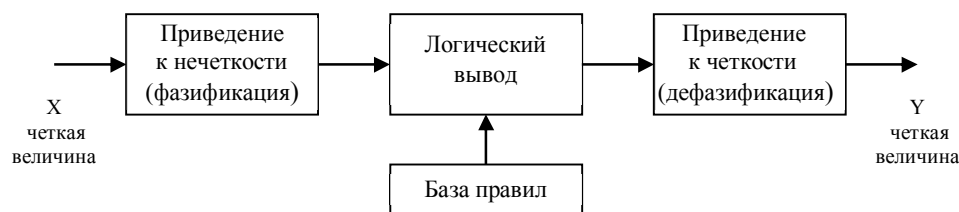


Рис. 1. Типовая структура системы нечеткого логического вывода

Приведенная на рис. 1 структура содержит следующие блоки: *база правил*, формируемая в результате проведения опроса экспертов, представленная нечеткими продукционными правилами типа «ЕСЛИ – ТО»; *блок фазификации*, в котором высказывания экспертов формализуются функциями принадлежности нечетких множеств; *блок логического вывода*, в котором на основе правил определяется значение выходной переменной в виде нечеткого множества; *блок дефазификации*, в котором происходит преобразование нечеткого набора выводов в четкое число.

Для примера рассмотрим построение зависимости эффективности стрельбы образца вооружения от влияющих факторов в конкретных условиях.

Задача эксперту: оценить эффективность стрельбы образца бронетанкового вооружения, движущегося со средней скоростью 20-30 км/ч по подвижной бронированной цели типа танк.

Пример высказывания эксперта:

ЕСЛИ дальность до цели 2000-2500 м  
И среднее время поражения цели не более 15 с,  
ТО эффективность стрельбы ВЫСОКАЯ.

Особенность подобных высказываний состоит в том, что их адекватность не изменяется при незначительных колебаниях условий выполнения задачи образцом вооружения.

В результате проведения экспертного опроса сформулировано 9 правил и сформировано базу правил, приведенную в табл. 3.

Таблица 3

База правил, сформированная в результате проведения экспертного опроса

№ п/п	Дальность до цели, $x_1$	Среднее время поражения, $x_2$	Эффективность стрельбы, $y$	Вес правила
1	5000-5500 м	не более 15 с	высокая	1
2	3000-3500 м	не более 30 с	низкая	0,2
3	3000-3500 м	не более 10 с	средняя	0,6
4	5000-5500 м	не более 10 с	высокая	1
5	3000-3500 м	не более 15 с	средняя	0,6
6	1000-1500 м	не более 15 с	низкая	0,2
7	5000-5500 м	не более 30 с	средняя	0,6
8	1000-1500 м	не более 10 с	средняя	0,6
9	1000-1500 м	не более 30 с	низкая	0,2

Формализацию значений переменной «дальность до цели ( $x_1$ )» и эффективности стрельбы ( $y$ ) выполним гауссовыми функциями принадлежности, переменной «среднее время поражения ( $x_2$ )» – z-образными. Выбор указанных форм функций принадлежности обусловлен тем, что они позволяют учитывать вид экспертных оценок, характеризуются достаточной гибкостью, необходимой на последующих этапах построения модели, и простотой.

В результате моделирования на основе применения системы MATLAB построено нелинейную зависимость эффективности стрельбы образца бронетанкового вооружения от влияющих факторов в заданных условиях (рис. 2).

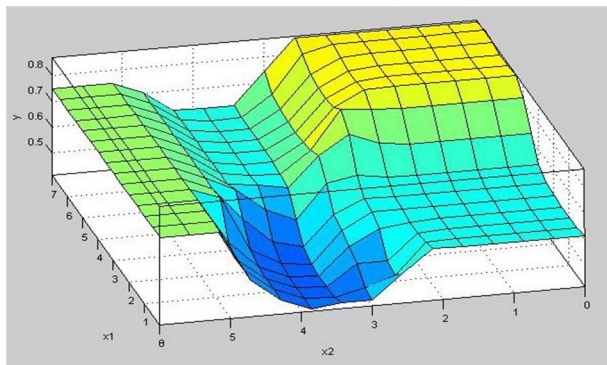


Рис. 2. Зависимость эффективности стрельбы образца бронетанкового вооружения от влияющих факторов

Полученная нечеткая модель, в отличие от существующих, позволяет определить значения показателя эффективности стрельбы изменением значений влияющих факторов, используя возможности пакета Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB 7.0.1.

## Выводы

Процессы функционирования перспективного вооружения характеризуются неопределенностью и сложностью формализованного описания. Существующие методы точного количественного анализа не позволяют:

1. Моделировать данные процессы в условиях неполноты, неточности исходной информации.

2. Учитывать факторы, влияющие на процесс функционирования перспективного вооружения, и показатели эффективности применения перспективного вооружения, имеющих качественное описание.

3. Представлять информацию о результатах моделирования в форме, удобной для понимания ЛПР.

Использование методов нечеткой логики позволяет получить нелинейные зависимости характеристик перспективного вооружения и показателей эффективности его применения от влияющих факторов.

Одним из недостатков нечетких систем является то, что вид и параметры функций принадлежности,

которые описывают входные и выходные переменные системы, выбираются субъективно и могут оказаться не вполне отражающими реальную действительность.

С целью устранения указанного недостатка, полученные модели предлагается выполнять адаптивными. Это является целью дальнейших исследований.

## Список литературы

1. Чепков І.Б. Значення оперативно-тактичних вимог для розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ / Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: матеріали Другої Всеукр. Наук.-техн. конф., 28-29 квітня 2009 р. – Львів: ЛІСВ, 2009. – С.25-28.
2. Пальчук М.М. Деякі проблемні питання оснащення Збройних Сил України та інших військових формувань сучасними озброєннями та військовою технікою, виявлені в ході оборонного огляду в Україні, та можливі шляхи їх вирішення / Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки: матеріали наук.-техн. конф., 16-17 грудня 2010 р. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2010. – С.15-17.
3. Квейд Э. Анализ сложных систем / Э. Квейд. – М.: Советское радио, 1969. – 520 с.
4. Фендриков М.Н., Яковлев В.И. Методы расчетов боевой эффективности вооружения / М.Н. Фендриков, В.И. Яковлев. – М.: Воениздат, 1971. – 224 с.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
6. Чуев Ю.В. Прогнозирование в военном деле / Ю.В. Чуев, Ю.Б. Михайлов. – М.: Воениздат, 1975. – 279 с.
7. Абчук В.А. Справочник по исследованию операций / В.А. Абчук, Ф.А. Матвейчук, Л.П. Томашевский. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
8. Мартыщенко Л.А. Методы военно-научных исследований в задачах разработки и испытания вооружения / Л.А. Мартыщенко, В.В. Панов. – Ч.1. – М.: МО, 1981. – 280 с.
9. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии / Под ред. А.А. Бобрикова. – СПб.: «Галейя Принт», 2006. – 424 с.
10. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH / А. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 716 с.
11. Жеребин А.М. Модель боевых действий для оценки эффективности перспективного авиационного вооружения / А.М. Жеребин, Н.И. Зурабян // Вестник Московского авиационного института. – 2009. – Т.16. – № 4. – С. 8-13.
12. Супрун В.П. Применение полумарковского процесса к обобщению одной модели боевого функционирования артиллерийского комплекса / В.П. Супрун, А.А. Вакал // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2009. – № 3. – С. 9-11.
13. Купріненко О.М. Аналіз методів обґрунтування оперативно-тактичних вимог до перспективних систем (комплексів, зразків) озброєння та військової техніки / О.М. Купріненко // Військово-технічний збірник. – 2011. – №1(4). – С.10-14.
14. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей / Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1988. – 448 с.
15. Тутубалин В.Н. Границы применимости (вероятностно-статистические методы и их возможности) / В.Н. Тутубалин. – М.: Знание, 1977. – 63 с.

16. Анилко О.Б., Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники: монография / О.Б. Анилко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 196 с.

17. К вопросу о методологии математического моделирования операций / М.В. Сергеев, Х.И. Лейбович, Р.М. Юсупов, В.П. Сорокин // Военная мысль. – 1988. – №12. – С. 47-52.

18. Михайлов Ю.Б. Проблемы военно-научных исследований по обоснованию систем вооружения Сухопутных войск России / Ю.Б. Михайлов // Военная мысль, 1993. – № 5. – С. 51-57.

19. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили / В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.

20. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; [пер. с англ. Н.И. Ринго]. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

21. Купріненко О.М. Обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки з використанням нечітких множин / О.М. Купріненко, В.А. Голуб // Військово-технічний збірник. – 2009. – № 1. – С. 43-46.

**Рецензент:** кандидат технических наук, старший научный сотрудник Н.В. Чорний, Академия сухопутных войск, Львов.

### Обґрунтування методів моделювання процесів функціонування перспективного озброєння

Купріненко О.М.

Показано, що точний кількісний аналіз процесів функціонування перспективного озброєння в реальних задачах не має практичного значення. Обґрунтовано доцільність застосування для моделювання цих процесів методів нечіткої логіки.

**Ключові слова:** моделювання, процеси функціонування перспективного озброєння, нечітка логіка.

### Justification for methods of modeling the processes of future weapons systems' functioning

A.N. Kuprinenko

It has been shown that accurate quantification of future weapons systems' functioning processes in real world has no practical value. Viability of fuzzy logic methods employment when modeling such processes has been justified.

**Key words:** modeling, future weapons systems' functioning processes, fuzzy logic.

УДК 623.764

А.И. Лобачев, А.В. Аксененко, В.А. Андронов, В.М. Радченко

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»

## К ВОПРОСУ О МАНЕВРИРОВАНИИ РАКЕТЫ ДЛЯ СКРЫТИЯ ИСТИННОЙ ТОЧКИ СТАРТА

Для схем и параметров послестартового маневра ОТР, маскирующего точку старта, актуальными являются исходные данные и граничные условия, необходимые для формирования оптимального управления. Специалистами ГП "КБ "Южное" определены высоты радиовидимости в зависимости от совокупности параметров местности, РЛС противника и расстояния от неё до точки старта. Высота радиовидимости является граничным условием при выборе продолжительности маневра. Для вероятных средств нанесения удара по пусковой установке стартующей ОТР предложен подход к определению параметров зоны поражения, необходимых для задания глубины маневра. В результате анализа предварительных характеристик разведывательных, информационных и ударных средств, которые могут использоваться противником, проведена оценка баланса времени процесса осуществления ответного удара с целью поражения пусковой установки, из которой стартовала ОТР, и сформированы рекомендации по допустимому времени нахождения пусковой установки в точке старта с учетом величин расстояний между стартующей ОТР и ударным комплексом противника.

**Ключевые слова:** оперативно-тактическая ракета, послестартовый маскирующий маневр, высота радиовидимости, высота радиогоризонта, диаграмма направленности антенны, радиолокационная станция, зона поражения, контрбатарейная борьба, ответный удар, время осуществления удара, пусковая установка.