



УДК 355.01  
ГРНТИ 78.19.13

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ВООРУЖЕННОГО ПРОТИВОБОРСТВА

*В.А. ВАСИЛЬЕВ*, кандидат технических наук, доцент  
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)  
*П.А. ФЕДЮНИН*, доктор технических наук, профессор  
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)  
*В.А. ВОРОБЬЕВ*, кандидат технических наук, доцент  
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)  
*А.В. ВАСИЛЬЕВ*  
ФГБУ «ГНМЦ» МО РФ (г. Мытищи)

В статье рассмотрены проблемы и современные тенденции в создании моделей боевых действий. Изложены особенности разработки моделей боевых действий с использованием методов теории стохастического программирования.

*Ключевые слова:* вооруженное противоборство, автоматизированные системы, моделирование вооруженного противоборства, линейные системы, модель обмена данными.

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF MODELING IN THE SPHERE OF ARMED CONFLICT

*V.A. VASIL'EV*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
*P.A. FEDYUNIN*, Doctor of Technical Sciences, Professor  
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
*V.A. VOROB'EV*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
*A.V. VASIL'EV*  
FGBU «GNMTC» MO RF (Mytishhi)

In the article problems and modern tendencies in creation of military operations, models are considered. The peculiarities of the combat models development operations with use the stochastic programming theory methods are described.

*Keywords:* armed confrontation, automated systems, simulation of armed confrontation, linear systems, model of data exchange.

**Введение.** Происходящая в настоящее время трансформация форм ведения войн наряду с новыми тенденциями в развитии военного искусства ставят в ряд первоочередных задачу создания кластера моделей вооруженного противоборства (ВП) [1], как инструмента поддержки принятия решений на управление войсками (силами). Задача решается в русле унификации и интеграции всех создаваемых моделей в единую информационно-моделирующую среду (ИМС).

Принятая организационная структура ИМС должна обеспечить функционирование ИМС ВС РФ в виде распределенной защищенной программно-технической системы. Предполагается реализовать два основных режима взаимодействия ИМС и потребителей ее ресурсов – автоматизированных систем военного назначения (АС ВН): распределенное моделирование; обмен данными, решение информационных и расчетных задач, моделирование в интересах АС ВН. С этой целью разработана технология реализации международного стандарта распределенного моделирования IEEE 1516-2010 (HLA) [2]. В рамках стандарта предполагается обеспечивать



единство семантической составляющей информационного обмена на основе информационной модели обмена данными (ИМОД), представляющей собой набор стандартов, содержащих формализованное описание структуры и формата данных, передаваемых при формализованном обмене данными между потребителями [3]. Выполнение в полном объеме обозначенных мероприятий ознаменует собой начало реального внедрения стратегии сетецентрического обмена информацией в интересах всех участников боевых действий.

В то же время итоги проводимых исследований [4] показали, что в настоящее время вопросы моделирования в сфере ВП еще не приобрели своего достаточного научного развития и по-прежнему остаются не только вне интересов, но и вне возможностей отечественной военной науки. Имеющиеся же математические модели (ММ) в большинстве своем не отвечают характеру современного противоборства и не могут быть эффективно использованы в работе органов военного управления (ОВУ) [5]. Доказательством тому является то, что практически все существующие модели [4]:

дают ответ на вопрос: что будет, если спланировать свои действия так, и не отвечают в реальном масштабе времени на вопрос, что сделать, чтобы получить требуемый результат? Применение данного типа ММ для выработки оптимальных (рациональных) решений требует рассмотрения большого количества альтернатив и годится только для этапа заблаговременной подготовки к боевым действиям;

отличаются отсутствием информационного сопряжения с комплексами информационно-расчетных задач (ИРЗ), реализованных в математическом и специальном программном обеспечении существующих комплексов средств автоматизации [5].

К указанным недостаткам следует отнести незаслуженное пренебрежение количественными методами управления в условиях неполной информации об обстановке. Имеются серьезные проблемы в разработке и использовании эффективных инструментальных средств и методов описания данных – семантических решений по интеграции моделирующих систем [6].

Указанные обстоятельства свидетельствуют о том, что в настоящее время четко проявилось противоречие между потребностями ОВУ в многовариантном подходе к прогнозу хода и исхода ВП и возможностями существующих и создаваемых ММ по его адекватному обеспечению [5]. Наличие данного противоречия порождает крайне важную военно-научную прикладную задачу, заключающуюся в детальной научной проработке основных направлений устранения вышеуказанных недостатков и научному обоснованию путей создания новых, соответствующих современным условиям, моделирующих комплексов и систем, реально являющихся надежным и востребованным инструментом обеспечения принятия обоснованных решений.

**Актуальность.** Актуальность проблемы подтверждается большим количеством публикаций на эту тему в различных периодических изданиях. Их анализ показывает, что природа указанного выше противоречия порождена отсутствием у военных теоретиков и должностных лиц ОВУ единого подхода к определению основных составляющих моделирования ВП: терминологии, классификации ММ и методов прогнозирования; методик и границ применения ММ; технологий реализации ММ различного назначения. В первую очередь это проявляется в подмене самого понятия математического моделирования ВП, которое зачастую отождествляется с проведением оперативно-тактических расчетов (ОТР) [7]. Подобный прием не всегда обоснован ввиду имеющегося коренного различия между ММ и ИРЗ, которое заключается в том, что первые предназначены для прогноза развития ситуации при различных вариантах исходных данных (прескриптивные модели), а вторые – преимущественно для проведения расчетов в интересах получения конкретного результата (дескриптивные модели). Стремление некоторых исследователей свести описание реальных боевых действий к дескриптивным моделям с большим количеством поправочных и обобщающих коэффициентов, большинство из которых получено в результате обобщения накопленной статистики, сможет обеспечить положительный эффект от применения моделей лишь в ограниченной области задач принятия решений. Это объясняется наличием следующих факторов.



Во-первых, некоторые процессы невозможно описать в явном виде.

Во-вторых, коэффициенты в уравнениях соответствуют строго заданным условиям задачи, о которых лицо принимающее решение в момент принятия решения знать не будет. Тогда, не предусмотренные расчетным алгоритмом изменения текущей обстановки будут приводить к значительному расхождению результатов моделирования и результатов реальных боевых действий.

В-третьих, одним из требований к разработке моделей является обеспечение участия человека в процессе моделирования с помощью диалоговых «человеко-машинных» процедур. При этом должностные лица ОВУ, по наблюдаемым промежуточным результатам моделирования должны иметь возможность оценивать альтернативные варианты принимаемого решения и оперативно изменять условия моделирования, уточнять и оценивать влияние различных факторов на первоначально разработанный план. В этих целях процесс моделирования должен программироваться дискретно, по этапам и с пошаговой фиксацией текущей обстановки.

На основании выше сказанного можно выделить особенности формирования методологии математического аппарата моделирования и его адаптации к современным условиям ведения ВП. Используем для этого развитый подход, принятый при разработке моделирующих комплексов и систем, интегрированных в многоуровневые АС ВН [5].

Согласно [5] операция (бой) представляется в виде некоторого объекта, обладающего определенными внутренними свойствами. Для получения модели, описывающей данные свойства, необходимо:

1. Определить показатели, количественно описывающие свойства объекта  $\bar{Y} = (Y_1, \dots, Y_k)$ .
2. Описать в избранном формате свойства внешней среды, как внешние факторы (возмущения)  $w_1, \dots, w_s$ , влияющие на избранные показатели внутренних свойств объекта через параметры  $\gamma_1, \dots, \gamma_r$ .
3. Определить взаимосвязь показателей, факторов, свойств и параметров, и осуществить математическое описание объекта в соответствии с общим порядком его функционирования в модели.

Реальный объект моделирования характеризуется функциональным отношением между показателями его свойств и параметров [5]:

$$\bar{Y} = f(w_1, \dots, w_n, \gamma_1, \dots, \gamma_r). \quad (1)$$

В данной зависимости учитываются только те условия и факторы, которые наиболее существенно влияют на реальный объект моделирования. Ввиду неопределенности боевой обстановки, оценка параметров влияющих факторов практически всегда будет сопровождаться ошибками. Вследствие этого ММ является лишь приближенным формализованным описанием реальных боевых действий и, как правило, отличается от них по своим внутренним параметрам. Подобие модели определяется адекватностью реакции показателей  $Y_1, \dots, Y_k$  модели и объекта моделирования на изменения внешних факторов  $w_1, \dots, w_n$ .

Поэтому одним из главных вопросов, имеющего касательство к технологии разработки ММ, является вопрос обеспечения точности соответствия модели учитываемым соотношениям факторов, свойств и параметров избранному показателю  $\bar{Y}$  оцениваемого свойства реального объекта моделирования. В качестве элементов вектора  $\bar{Y}$  могут выступать математическое ожидание величины ущерба, наносимого противнику, математическое ожидание потерь своих войск и т.д. Каждый из этих показателей зависит от ряда случайных элементарных событий (степени вскрытия группировки противника, точности определения координат и степени поражения его объектов, эффективности РЭБ, маскировки и т.д.), зависящих от вероятностных величин, методы учета которых носят приближенный характер. Поэтому результаты моделирования могут отличаться от результатов реальных боевых действий.



Второй важной особенностью моделирования ВП, обусловленной необходимостью учета характера современного ВП, является иерархическая структура процесса моделирования [5]. Первый уровень обеспечивает моделирование в интересах принятия решения командующим оперативного объединения и постановки боевых задач тактическим войсковым формированиям. Второй охватывает процессы принятия решения и постановку боевых задач в тактическом звене управления. Третий уровень – это уровень исполнителей поставленных боевых задач, то есть непосредственно войсковых тактических формирований. На нем моделируется практическая реализация принятых на двух вышестоящих уровнях решений. По своей сути третий уровень представляет собой совокупность частных моделей боевых действий различных видов и родов войск и является «физической» средой модели. При этом предполагается использование на нижнем уровне моделирования в основном метода Монте-Карло (в случае имитации взаимодействия отдельных боевых единиц), на среднем уровне – марковские модели, а на верхнем (агрегированном) уровне применение математического аппарата ланчестеровских моделей, базирующихся на соответствующих системах дифференциальных уравнений.

Изложенный подход, по мнению авторов [5], обеспечивает идентификацию реальных задач моделирования и адекватный учет специфики современного ВП. В то же время из анализа работы [5] и других работ, посвященных моделированию ВП, можно сделать вывод о необходимости дальнейшего уточнения (согласования) наиболее важных вопросов интеграции ММ третьего уровня в ИМС с учетом базовых правил HLA.

Во-первых, значительные сложность, объемы и многообразие задач моделирования, требуют не только больших временных затрат, но и объемов оперативной памяти и памяти хранилищ данных. Поэтому для каждой предметной области ВП к ММ (с учетом важности решаемых боевых задач) должны быть определены требования по адекватности, универсальности и экономичности.

Во-вторых, требуют уточнения вопросы синхронизации моделей в распределенной среде имитационного моделирования. Известно, что существуют различные виды имитационных моделей, в основе которых лежит та или иная концепция: события; процессы; объекты или агенты; непрерывные модели. Поскольку все указанные виды моделей могут быть использованы для описания объектов и процессов, неизбежно возникнут затруднения с управлением временем в инфраструктуре реального времени (RTI) HLA. В дополнение к этому, возможно, потребуется обеспечивать приоритетность исполнения программных продуктов, реализующих соответствующие ММ в условиях ограниченности времени на принятие решения.

В-третьих, важной, по мнению авторов данной статьи, является задача согласования правил и ограничений на формирование и агрегирование показателей в прескриптивных ММ для каждой предметной области ВП. Данный процесс предполагает совместную работу военных аналитиков, должностных лиц ОВУ и непосредственных исполнителей решаемых боевых задач.

В-четвертых, создание ИМС неразрывно связано с решением сопутствующих военно-экономических вопросов. Целесообразно для этого определить показатель (группу показателей) эффективности использования потенциальных моделей в процессе принятия решений, и на его основе оценивать целесообразность создания этих моделей. В качестве показателя может выступать, например, коэффициент обоснованности принимаемого решения [9].

Подводя итог анализу текущего состояния математического обеспечения процессов принятия решения, авторы статьи предлагают к обсуждению некоторые рекомендации по развитию методологии математического аппарата моделирования.

Прежде всего, следует отметить, что вследствие концептуальных и методических трудностей к настоящему времени не сформирован единый методологический подход к решению задач принятия решений при неполной информации об обстановке. Тем не менее, накоплено достаточно большое число методов формализации постановки и принятия решений с учетом неопределенностей, в том числе с использованием метода статистического моделирования (метода





Монте-Карло). Выбор данного метода в качестве базового на нижнем уровне моделирования [5], очевидно, основывается на его достоинствах, а именно:

статистические модели не требуют серьезных допущений и упрощений;

статистические модели не чувствительны к используемым законам распределения, сложности системы и множественности ее состояний.

Однако, как показал опыт применения метода Монте-Карло в задачах принятия решений [10], при определенных условиях (например, большом количестве альтернативных вариантов решения) проявляется его главный недостаток – трудоемкость. Кроме того, результаты моделирования сложнее осмыслить, чем, например, расчеты по дескриптивным моделям и, соответственно, труднее оптимизировать решение. Поэтому использование данного метода целесообразно при разработке предварительного плана в условиях, когда необходим учет незначительного числа исходных данных.

Оперативное планирование предусматривает получение информации об обстановке в ходе боевых действий в два или много приемов, что позволяет корректировать принятые решения. При этом решения принимаются, как правило, в условиях неопределенности или риска при соблюдении разнообразных ограничений, определяемых конкретным содержанием боевой задачи и свойствами объекта моделирования. Процедура поиска оптимальных (рациональных) решений в указанных обстоятельствах логично укладывается в рамки развивающейся дисциплины – стохастического программирования.

Актуальность стохастического программирования для описания объектов и процессов практически всех предметных областей ВП определяется не только случайными ошибками в оценке обстановки, погрешностями прогнозирования условий функционирования управляемых объектов и процессов. Стохастические модели оптимизации в большей степени соответствуют условиям выбора решений, чем детерминированные постановки экстремальных задач, и при использовании численных методов нахождения решающих правил (решающих распределений) оказываются проще для реализации алгоритмов управления объектами и процессами [11].

Рассмотрим типовые примеры экстремальных задач боевого управления, решаемых методами стохастического программирования.

**Задача 1.** Одноэтапное стохастическое управление самолетами (вертолетами) с наземного пункта управления.

Подобные задачи могут решаться на этапе подготовки к боевым действиям в процессе выработки оптимального решения на управление боевыми авиационными комплексами при наведении на воздушные (наземные, морские) цели.

В качестве математического аппарата предлагается теория линейных систем с гауссовским шумом, в которой, в том числе, рассматриваются вопросы оптимального управления с обратной связью при наличии неопределенности. Конкретный выбор типа системы осуществляется исходя из следующих соображений:

линейная система с гауссовскими шумами является адекватной ММ многих сложных систем;

теория нелинейных систем с шумом (и нелинейных с гауссовским шумом) еще не разработана настолько, чтобы ее можно было применять при решении прикладных задач управления.

Типовая дискретная задача детерминированного оптимального управления имеет вид:

$$x^T(s)D_s x(s) \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$x(t+1) = Ax(t) + Bu(t), \quad t = 0, 1, \dots, s-1, \quad (3)$$

$$|u(t)| \leq 1, \quad |t = 0, 1, \dots, s-1. \quad (4)$$

Здесь  $x(t)$  –  $n$ -мерный вектор параметров состояния системы в момент  $t$ ;  $u(t)$  –  $m$ -мерный



вектор управления;  $D_s$  – симметричная положительно определенная матрица размера  $n \times n$ ;  $A$  и  $B$  матрицы соответственно размера  $n \times n$  и  $n \times m$  – характеристики управляемого объекта и субъекта (устройства) управления.

На практике объект управления подвергается помимо управляющего воздействия различного вида воздействиям  $w(t)$ , а компоненты вектора состояния системы определяются со случайной ошибкой. В этом случае в цепь обратной связи подаются составляющие вектора  $z(t)$ , которые отличаются от  $x(t)$  на случайный вектор  $v(t)$ . В подобной постановке задачи могут исследоваться системы, информационная структура связи которых, под воздействием внешней среды, меняется случайным образом. Тогда при допущении о нормальном распределении случайных параметров дестабилизирующих воздействий и ошибок наблюдения можно воспользоваться стохастической моделью управления вида [12]:

$$M \left\{ x^T(s) D_s x(s) + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^s [x^T(t) K_v x(t) + u^T(t-1) K_w u(t-1)] \right\} \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$x(t+1) + v(t+1) = A[x(t) + v(t)] + B[u(t) + w(t)]. \quad (6)$$

Здесь  $v(t)$  и  $w(t)$  – белые гауссовы случайные последовательности с нулевыми математическими ожиданиями и корреляционными матрицами  $K_v$  и  $K_w$  соответственно.

Рассматриваемая экстремальная задача относится к задачам стохастического программирования, а оптимальный алгоритм управления представляется в виде решающего правила или решающего распределения. При этом выбору подлежат параметры управления – составляющие  $u(t)$ . Характеристики объекта управления (боевого авиационного комплекса), определяемые в линейной системе матрицей  $A$ , предполагаются известными – детерминированными или случайными. В качестве целевого функционала задачи принимается математическое ожидание положительно определенной квадратичной формы ошибок наведения самолетов (вертолетов) на цель. Целевая функция может определяться не только конечным состоянием системы в момент времени  $t = s$ , но и состоянием системы в течение всего процесса ее функционирования.

Помимо условий равенств, определяющих траекторию движения системы, могут быть заданы жесткие и, при наличии, статистические и вероятностные ограничения на компоненты векторов состояния и управления. Ограничения на  $x(t)$  исключают недопустимые состояния системы. Ограничения на  $u(t)$  учитывают наличие информационных, технических и других ресурсов и возможностей управления.

Рассматриваемая одноэтапная задача предусматривает поиск алгоритма управления для всей траектории системы ( $t = 0, 1, \dots, s - 1$ ) на этапе планирования, когда по условиям задачи принятия решения коррекция в процессе управления не возможна.

**Задача 2.** Многоэтапное стохастическое управление самолетами (вертолетами) с наземного пункта управления.

Модели стохастического управления, в которых алгоритм управления учитывает последовательное поступление информации и может корректироваться в процессе управления, описываются многоэтапными стохастическими задачами. Целевой функционал задачи для каждого этапа определяется аналогично одноэтапным стохастическим задачам. Типовая многоэтапная задача стохастического управления имеет вид:

$$M \left\{ x^T(s) D_s x(s) + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^s [x^T(t) K_{v_t} x(t) + u^T(t-1) K_{w_t} u(t-1)] \right\} \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$P \left\{ -\varepsilon_t \leq x(t+1) - \sum_{i=0}^t [A(i)x(i) + B(i)u(i)] \leq \varepsilon_t \mid x(0), u(0), \dots, x(t-1), u(t-1) \right\} \geq \alpha_t, \quad (8)$$

$$x(t) \in X_t, u(t) \in U_t, t = 0, 1, \dots, s - 1. \quad (9)$$

Здесь  $\varepsilon_t \geq 0, t = 0, \dots, s - 1$  – заданные векторы;  $0 \leq \alpha_t \leq 1$  – заданные параметры;  $X_t$  и  $U_t$  – заданные множества.



Модели (2)-(9) представляют собой модели стохастического программирования, в которых требуется минимизировать отклонение системы от заданной траектории при трех группах условий. Первая группа ставит в зависимость параметры состояния системы от параметров управления. Вторая и третья группы устанавливают допустимые области определения параметров состояния и, соответственно, параметров управления в различные моменты времени.

Принятые в рассмотренных задачах показатели количественно описывают свойства системы управления и по смыслу являются компонентами вектора  $\bar{Y}$  в (1) для модели такого объекта, как, например, воздушный бой.

**Задача 3.** Если допустить, что любая траектория системы, не выходящая за границы некоторой заданной области, является приемлемой, естественно принимать в качестве целевого функционала затраты (информационные ресурсы, ресурсы системы связи и т.д.) связанные с управлением. Важность и сложность задач подобного типа проявилась с началом проектирования ИМС. Это связано с необходимостью оценки требуемого для принятия решения на всех уровнях количества информации (на синтаксическом и прагматическом уровнях), позволяющего реализовать имеющиеся потенциальные технологические возможности ИМС.

Приведем общую постановку многоэтапной задачи стохастического программирования, в которой требуется оптимизировать количество информации потребной для принятия решения и планирования.

Пусть имеется некоторая система, состояние которой  $x_k$  меняется от этапа к этапу в дискретные моменты времени  $k = 0, 1, \dots, n$  под воздействием управления  $u_k$  и случайного возмущения  $w_k \in \Omega_k$ . Будем считать, что лицу принимающему решение (выбирающему  $u_k$ ) известен закон:

$$x_{k+1} = \varphi_k(x_k, u_k, w_k), k = 0, 1, \dots, n, \quad (10)$$

в соответствии с которым система меняет свое состояние на этапе  $k$ . Допустимое множество  $U_k$ , которому должно принадлежать управление на  $k$ -м этапе, также предполагается заданным. Переход из состояния  $x_k$  в состояние  $x_{k+1}$  под воздействием управления  $u_k$  увеличивает целевой функционал задачи на величину  $\varphi_{0k}(x_k, u_k, x_{k+1})$ .

В силу соотношения (10)  $\varphi_{0k}$  зависит от  $w_k$ . Совместное распределение  $P(w^n)$  системы случайных величин  $w^n = (w_0, w_1, \dots, w_n)$ , определяющим вероятностную меру на  $\Omega^n$ , предполагается известным.

Задача заключается в выборе последовательности управлений  $u_k, k = 0, 1, \dots, n$ , максимизирующей функционал:

$$M\{\varphi_0(w^n, u^n)\} = \sum_{i=0}^n M\{\varphi_{0i}(x_i, u_i, x_{i+1})\}, \quad (11)$$

при условиях:

$$\begin{aligned} x_{k+1} - \varphi_k(x_k, u_k, x_{k+1}) &= 0, \\ u_k &\in U_k, k = 0, 1, \dots, n. \end{aligned}$$

Из (11) следует, что решение задачи и оптимальное значение целевого функционала зависят от информации, которую лицо принимающее решение имеет возможность в процессе управления принимать и обрабатывать. Задача окончательно сформулирована, если будет задана информация, которой априорно располагает должностное лицо, и которую он получает на каждом этапе.



**Выводы.** Подводя итог всему вышеизложенному, отметим, что практическая реализация изложенных подходов наряду с реализацией принципов экономической эффективности построения моделей, их согласованного развития и системной совместимости моделей различного назначения позволит создать кластер моделей боевых действий, являющийся реальным инструментом обеспечения принятия эффективных решений по управлению войсками и силами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев В.В. Применение имитационного моделирования в автоматизированных системах военного назначения // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сборник докладов пятой юбилейной всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011. Том 1. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011. С. 194–202.
2. Специальное программное обеспечение реализации стандарта распределенного моделирования IEEE 1516-2010 (RRTI-2010). Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013614599 от 16 мая 2013 г.
3. Информационная модель обмена данными о вооруженном противоборстве. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011618877 от 15 ноября 2011 г.
4. Акт результатов работы экспертной группы по рассмотрению отечественных и российских разработок в области моделирования боевых действий. Минск, ГШ ВС. 2010.
5. Короленко В.А., Синявский В.К., Гочиев Н.Х. Моделирование боевых действий как основной инструмент принятия обоснованных решений // Наука и военная безопасность: научно-теоретическое приложение к журналу «Армия»: печатный орган Министерства обороны Республики Беларусь и ГУ «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь». 2015. №1. С. 26–32.
6. Мураховский В. Цифровое поле боя: российский подход // Армейский вестник, 2012. [www.army-news.ru](http://www.army-news.ru) (дата обращения: 21.05.2018).
7. Выпасняк В.И., Калиновский Д.Б., Тиханичев О.В. Моделирование вооруженного противоборства: перспективы развития // Военная мысль, №7. 2009. С. 12–20.
8. Саймон Г., Смитбург Д., Томсон В. Менеджмент в организациях. М.: Экономика, 1995. 335 с.
9. Васильев В.А., Данилин М.А., Мосин А.И., Стафеев М.А. Определение показателя обоснованности решения на управление авиацией, принимаемого в условиях неопределенности // Теория и техника радиосвязи, 2017. №1. С. 79–82.
10. Васильев В.А., Чистилин Д.А., Стафеев М.А., Суслин М.А. Модель управления вертолетным комплексом при наведении на наземную цель в условиях действия преднамеренных помех // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2017. №3. С. 96–103. Режим доступа: <http://www.sc.mil.ru> (дата обращения: 21.05.2018).
11. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. М.: КРАСАНД, 2010. 392 с.
12. Брайсон А., Хо Ю-Ши. Прикладная теория оптимального управления. М.: Мир, 1972. 544 с.

## REFERENCES

1. Korolev V.V. Primenenie imitatsionnogo modelirovaniya v avtomatizirovannyh sistemah voennogo naznacheniya // Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: Sbornik dokladov pyatoy yubileynoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii IMMOD-2011. Tom 1. SPb.: OAO «TSTSS», 2011. P. 194–202. (in Russian).





2. Spetsial'noe programmnoe obespechenie realizatsii standarta raspredelennogo modelirovaniya IEEE 1516-2010 (RRTI-2010). Svidetel'stvo Rospatenta o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EHVM № 2013614599 ot 16 maya 2013 g. (in Russian).
3. Informatsionnaya model' obmena dannymi o vooruzhenom protivoborstve. Svidetel'stvo Rospatenta o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EHVM № 2011618877 ot 15 noyabrya 2011 g. (in Russian).
4. Akt rezul'tatov raboty ehkspertnoy gruppy po rassmotreniyu otechestvennyh i rossiyskih razrabotok v oblasti modelirovaniya boevykh deystviy. Minsk, GSH VS. 2010. (in Russian).
5. Korolenko V.A., Sinyavskiy V.K., Gochiev N.H. Modelirovanie boevykh deystviy kak osnovnoy instrument prinyatiya obosnovannykh resheniy // Nauka i voennaya bezopasnost': nauchno-teoreticheskoe prilozhenie k zhurnalu «Armiya»: pechatnyy organ Ministerstva oborony Respubliki Belarus' i GU «Nauchno-issledovatel'skiy institut Vooruzhennykh Sil Respubliki Belarus'». 2015. №1. P. 26–32. (in Russian).
6. Murahovskiy V. TSifrovoye pole boya: rossiyskiy podhod // Armeyskiy vestnik, 2012. www.army-news.ru (data obrashheniya: 21.05.2018). (in Russian).
7. Vypasnyak V.I., Kalinovskiy D.B., Tihanichev O.V. Modelirovanie vooruzhennogo protivoborstva: perspektivy razvitiya // Voennaya mysl', №7. 2009. P. 12–20. (in Russian).
8. Saymon G., Smitburg D., Tomson V. Menedzhment v organizatsiyah. M.: EHkonomika, 1995. 335 p. (in Russian).
9. Vasil'ev V.A., Danilin M.A., Mosin A.I., Stafeyev M.A. Opredelenie pokazatelya obosnovannosti resheniya na upravlenie aviatsiyey, prinimaemogo v usloviyakh neopredelennosti // Teoriya i tekhnika radiosvyazi, 2017. №1. P. 79–82. (in Russian).
10. Vasil'ev V.A., CHistilin D.A., Stafeyev M.A., Suslin M.A. Model' upravleniya vertoletnym kompleksom pri navedenii na nazemnyuyu tsel' v usloviyakh deystviya prednamerennykh pomekh //Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika. 2017. №3. P. 96–103. Rezhim dostupa: <http://www.sc.mil.ru> (data obrashheniya: 21.05.2018). (in Russian).
11. YUdin D.B. Zadachi i metody stohasticheskogo programmirovaniya. M.: KRASAND, 2010. 392 p. (in Russian).
12. Brayson A., Но YU-SHi. Prikladnaya teoriya optimal'nogo upravleniya. M.: Mir, 1972. 544 p. (in Russian).

© Васильев В.А., Федюнин П.А., Воробьев В.А., Васильев А.В., 2018

Васильев Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Федюнин Павел Александрович, доктор технических наук, профессор, начальник кафедры, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Воробьев Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, [mrworobjev@ya.ru](mailto:mrworobjev@ya.ru).

Васильев Антон Валерьевич, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, Главный научный метрологический центр Минобороны России, Россия, 141002, г. Мытищи, ул. Комарова, 13.