
ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАКЕТНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК

УДК 004.942

В.В. ЛАБЕЦ,

кандидат технических наук, доцент

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы планирования ракетно-технического обеспечения группировок войск, обоснована актуальность внедрения современных информационных технологий для повышения его эффективности. В качестве средства снижения временных затрат на планирование предложено использовать имитационную модель доставки ракет группировке войск, показана ее структура, основные возможности, а также выходные результаты. Макет программы, реализующий имитационную модель, предлагается применить в учебном процессе высших учебных заведений при подготовке профильных специалистов и в ходе проведения командно-штабных учений.

Ключевые слова: имитационное моделирование, планирование, программная реализация, повышение эффективности, ракетное вооружение, ракетно-техническое обеспечение.

USING SIMULATION MODELING TO IMPROVE MISSILE SUPPORT PLANNING

Abstract. The article considers the issues of missile support planning and substantiates the significance of modern information technologies implementation to improve its efficiency. In order to reduce expenditure of planning time, it proposes to use a missile delivery simulation model. Its structure, major capabilities and output results are also described. The mock-up of the program that implements the simulation model is proposed to be applied in higher educational institutions in subject matter specialists training and in command and staff exercises.

Keywords: simulation modeling, planning, software implementation, efficiency improvement, missile ordnance, missile support.

Ракетное вооружение применяется и совершенствуется армиями ведущих государств мира уже более 80 лет. Большинство технологий, лежащих в его основе, уже не являются прорывными в науке и технике и доступны для широкого круга специалистов. Современное ракетное вооружение различного назначения развивается в таких направлениях как увеличение дальности действия и скорости полета, уменьшение массогабаритных характеристик и эффективной отражающей поверхности, повышение интеллектуализации при наведении на цель, выполнении задач в составе группы и противодействии средствам противовоздушной (противоракетной) обороны, средствам радиоэлектронной борьбы, а также по другим направлениям.

Ряд государств полагает ракетное вооружение одним из основных инструментов достижения целей в военном конфликте для нанесения неприемлемого ущерба противнику. В концепциях других государств оно

рассматривается как вспомогательное средство, не оказывающее решающего воздействия на итог противостояния. Неоспоримыми являются факты его высокой стоимости и технологичности, сложности разработки, испытаний, производства, хранения и подготовки к применению. Современная ракета является сложным техническим объектом, функционирующим в составе сложных технических систем ракетного вооружения.

Ввиду указанных особенностей технического облика ракетного вооружения в современных армиях за его эксплуатацию (до применения по назначению) отвечают специальные технические подразделения, оснащенные необходимым диагностическим оборудованием и транспортными средствами для доставки. Перечень решаемых задач этими техническими подразделениями может быть различным, но вопросы подготовки ракет к применению и военной логистики (доставки ракет) являются общими для всех. Указанные вопросы решаются путем организации сложных организационно-технических процессов, подверженных влиянию целого ряда случайных факторов, таких как готовность и квалификация технического персонала, показатели технической готовности транспортных и погрузочно-разгрузочных средств, климатические условия, дорожная обстановка, условия освещенности и многие другие. Все это позволяет утверждать, что доставка ракет потребителю является процессом с наличием случайных факторов и состоит из множества случайных подпроцессов, подчиняющихся своим частным законам распределения случайных величин [1].

Процесс доставки ракет в ракетные подразделения группировки войск является составной частью ракетно-технического обеспечения (РТО) Вооруженных Сил Российской Федерации, который организуется и проводится в общей системе материально-технического обеспечения (МТО) войск в боевой и повседневной деятельности с целью поддержания их высокой боевой готовности и боеспособности [2]. Исходя из вероятностного характера процесса доставки ракет, разработка документов планирования РТО войск является сложной расчетно-аналитической задачей, которая может быть решена прямым математическим расчетом (информационно-расчетная задача) или на основе применения компьютерного моделирования.

Выбор вида компьютерной модели зависит от основных требований, предъявляемых к разработке документов планирования РТО войск, таких как уменьшение времени математических расчетов при соблюдении их точности и достоверности. Наиболее целесообразно при компьютерном моделировании процессов доставки ракет рассматривать аналитические модели, имитационные модели и математические модели на основе новых интеллектуальных информационных технологий (искусственного

интеллекта). Достоинства и недостатки каждого из видов моделирования подробно рассмотрены в научной и технической литературе, поэтому детально рассматривать их нецелесообразно. Актуальным является определить, какой из указанных видов моделей наилучшим образом подходит для решения задач планирования РТО войск.

Для выбора рационального способа моделирования применен метод экспертных оценок основных качественных показателей математических расчетов при планировании ракетно-технического обеспечения войск. В качестве экспертов выступили должностные лица служб ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ), научные сотрудники и технические специалисты (программисты). Качественные показатели предложены, исходя из логики требований к математическим расчетам в планирующих документах, и не претендуют на полноту перечисления. Шкала оценок предложена трехбалльная: минимальная, средняя и максимальная. Для наглядности результаты оценки сведены в таблицу и обозначены цветами «светофора». Наиболее важные показатели приведены в первых строках и обозначены «жирным» кеглем. Выбор рациональных способов расчета (моделей) произведен, в основном, на основе анализа оценок первых четырех качественных показателей (табл.).

Таблица

**Основные качественные показатели математических расчетов
при планировании ракетно-технического обеспечения**

Основные качественные показатели расчетов	Расчет оператором «вручную» (ИРЗ)	Аналитическая модель	Имитационная модель	Модель на основе технологий искусственного интеллекта
Точность и достоверность	средняя	максимальная	максимальная	средняя
Временные затраты	максимальные	минимальные	средние	средние
Учет случайных факторов	средний	средний	максимальный	средний
Требования к полноте данных	минимальные	средние	средние	максимальные
Сложность работы для оператора	средняя	минимальная	минимальная	минимальная
Количество операторов	максимальное	минимальное	минимальное	минимальное
Требования к компьютеру	минимальные	средние	средние	максимальные
Требования к электроснабжению	минимальные	средние	средние	средние

Отдельные показатели и оценки требуют пояснения. Так, например, «средняя» точность и достоверность расчетов при расчете оператором «вручную» определяется квалификацией и ошибками человека, а при использовании технологий искусственного интеллекта – несовершенством алгоритмов машинного обучения и алгоритмов обработки информации. «Минимальные» временные затраты на получение результата в аналитической модели процесса обеспечения ракетами обусловлены простотой ввода исходных данных и применения компьютерной программы.

Имитационная модель (ИМ), построенная на основе дискретно-событийного и (или) агентного программирования, дает принципиально большие возможности в учете случайных факторов процесса обеспечения ракетами и всей оперативной обстановки, так как каждое новое состояние объектов моделирования в текущий момент модельного времени зависит от их предыдущего состояния. «Минимальные» требования к полноте исходных данных для планирования РТО войск при прямом расчете объясняются простотой реализации этих расчетов и квалификацией оператора, который может на основе своего опыта применить близкие по содержанию значения к отсутствующим данным. Требования к электроснабжению рабочих мест определяют возможность моделирования на персональном компьютере (ноутбуке), а требования к производительности компьютера – техническую возможность запустить программу модели и получить результат за незначительное время.

Анализ оценок основных качественных показателей математических расчетов при планировании ракетно-технического обеспечения войск позволяет сделать вывод о преимуществе аналитических и имитационных моделей перед другими, рассмотренными в таблице. Это преимущество основано, в основном, на требовании к должностным лицам штабов группировок войск по минимизации времени разработки планирующих документов (где математические расчеты составляют значительную часть), повышению точности расчетов и учету ряда факторов исходной обстановки, имеющих случайный характер. Исходя из оценочных показателей, программы, реализующие аналитическую и имитационную модель, являются равнозначными с точки зрения применения для разработки планирующих документов РТО войск. Однако наиболее предпочтительным будет применение имитационных моделей, которые позволяют за незначительное время выполнить дополнительные исследования проблемного вопроса с помощью нескольких повторяющихся экспериментов, найти неочевидные закономерности, влияющие на результат, «подобрать» решение вариацией некоторых изменяемых параметров и многое другое. Таким образом, применение имитационного моделирования для повышения эффективности планирования РТО войск является актуальным.

Совместное применение имитационного и аналитического моделирования позволит получить еще более точные и адекватные результаты за счет использования преимуществ каждого из указанных методов. Возможен вариант, когда некоторые детерминированные моделируемые процессы будут реализовываться в аналитической модели, а стохастические – в имитационной. При этом результаты расчетов аналитической модели будут входными параметрами для имитационной модели. Этот подход в настоящее время становится нарастающим трендом в сфере математического моделирования [3].

В Научно-исследовательском институте (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) активно ведутся исследования в этой сфере, и разрабатывается специальное программное обеспечение (СПО) в инструментальной среде имитационного моделирования AnyLogic. Результаты работы планируются к реализации в учебном процессе в Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева. Возможными видами проведения занятий могут быть практические занятия, групповые упражнения, итоговый междисциплинарный экзамен, командно-штабные учения со слушателями.

Сотрудниками института созданы определенные наработки и сформирован научно-технический задел по созданию имитационных моделей в рамках решения отдельных задач при планировании МТО (РТО) войск. Так, например, в рамках научно-исследовательской работы создана имитационная модель доставки ракет группировке войск в операции, позволяющая оценить возможности ракетно-технических подразделений по своевременному обеспечению войск требуемой номенклатурой ракет.

ИМ разработана в виде специализированного инструментального средства имитационного моделирования, применение которого позволяет задавать исходную обстановку на электронной карте и исследовать различные варианты организации рассматриваемого процесса.

Макет программы «Имитационная модель доставки ракет группировке войск в операции» предназначен для ввода исходных данных исходной обстановки, реализации моделирующих алгоритмов различных технологических схем доставки ракет группировке войск (сил) и определения рационального варианта доставки ракет в заданной обстановке.

Структура макета программы представлена на рисунке 1 и включает:

- базу (файл) исходных данных,
- СПО ввода и редактирования исходных данных (СПО ИД),
- СПО имитационного моделирования процесса доставки ракет (СПО ИМ),
- СПО анализа результатов имитационных экспериментов (СПО АРИЭ).

Организация ввода исходных данных ИМ реализована через внешний интерфейс программной среды моделирования с помощью текстовых файлов с расширением *.JSON, как показано на рисунке 2. Данный формат файлов поддерживается как в среде моделирования AnyLogic, так и в других современных универсальных средах имитационного моделирования логистических процессов. Хранение информации в нем построено по принципу «ключ-значение», что позволяет иметь вариативную размерность и структуру содержимого по сравнению с *.XLS-файлами программы EXEL или SQL-подобными базами данных, отличающимися сложностью реализации.

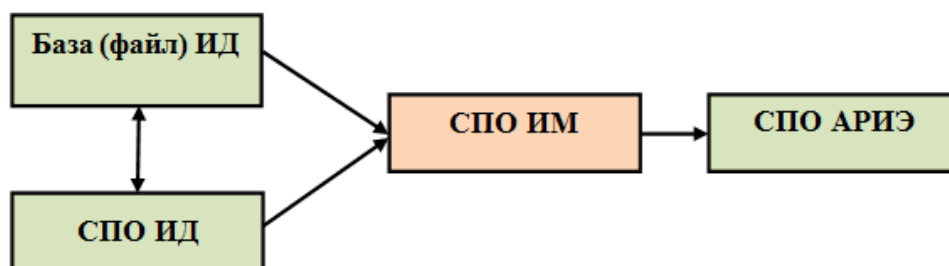


Рис. 1. Структура макета программы ИМ доставки ракет

Количество моделируемых объектов зависит от уровня детализации моделируемого процесса. При построении ИМ принят функциональный уровень детализации, поэтому определены следующие моделируемые объекты:

- железнодорожная станция подачи ракет,
- техническое подразделение (ТП) по обслуживанию и транспортированию ракет потребителям,
- подразделения транспортирования ракет ТП,
- обеспечиваемые подразделения группы войск,
- подразделения транспортирования ракет группы войск.

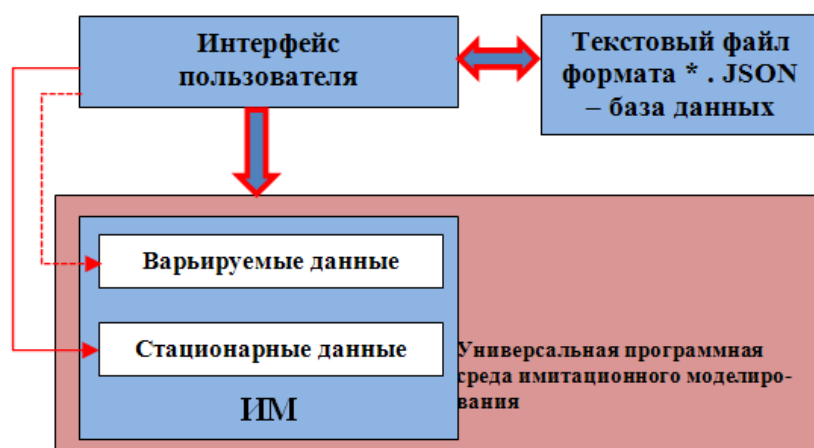


Рис. 2. Подход к организации ввода исходных данных ИМ доставки ракет на основе применения текстовых файлов с расширением *.JSON

Моделируемые объекты могут быть представлены как в единичном экземпляре, так и в виде популяции, что позволяет формировать различные варианты сценариев для проведения имитационного исследования.

В отличие от аналитического моделирования в программно-реализованном алгоритме макета предусмотрено влияние на процесс доставки воздействия противника по автомобильным колоннам и объектам транспортной инфраструктуры, погодных и климатических условий, дорожной обстановки. По факту удара (воздействия) противника по колоннам автомобильной техники в модели рассчитываются потери машин и груза, которые устанавливаются оператором в панели настройки параметров модели. Оператору необходимо найти способ минимизировать вероятность возникновения этого события путем подбора рациональных решений доставки с помощью панели настройки параметров модели, соответствующий элемент которой представлен на рисунке 3. Например, снизить интенсивность воздействия ударов противника увеличением сил подразделений охраны на марше, выбором более защищенного маршрута, средствами ПВО и т. д.

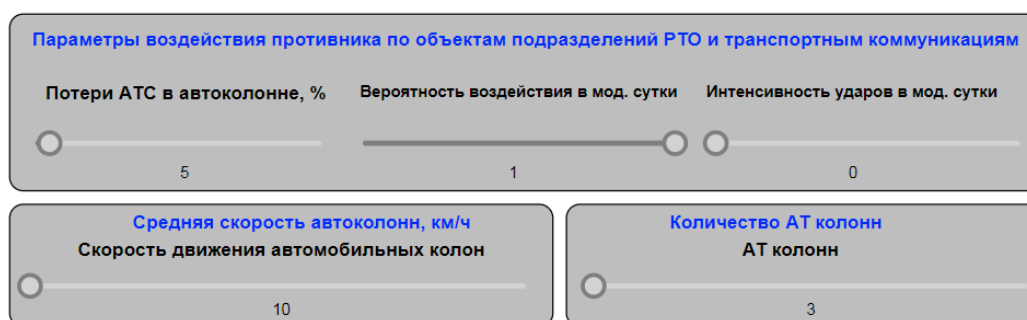


Рис. 3. Управление значениями параметров воздействия противника на панели настройки параметров модели

Итогом выполнения программы будет построение рационального варианта доставки ракет, запись результатов моделирования в файл выходной информации (базу данных результатов моделирования), статистическая обработка результатов имитационного эксперимента, как показано на рисунке 4.

Имитационное приложение позволяет автоматизировать весь процесс имитационного исследования РТО [4]:

- отображать на карте графические обозначения моделируемых стационарных объектов в соответствии с задаваемыми координатами их расположения;
- задавать динамические объекты и логически привязывать их к потребителям;
- задавать маршруты движения автоколонн по координатам промежуточных точек;
- задавать временные интервалы работы с грузом;

– визуализировать моделируемый процесс на карте ГИС: отображать движение автотранспортных средств при осуществлении доставки ракет, отображать динамику изменения любого вида ресурсов (ракет, машин) на рассматриваемых объектах.

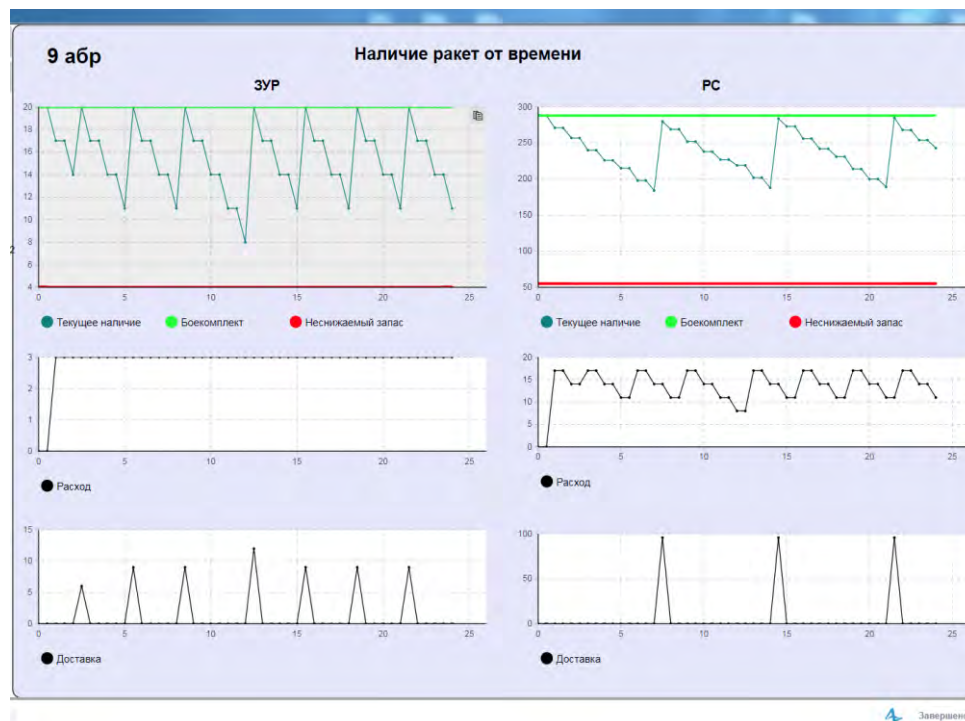


Рис. 4. Графики наличия, расхода и доставки ракет по итогам (в ходе) имитационного эксперимента

Таким образом, результаты математических расчетов в виде рационального варианта доставки ракет могут быть использованы в планирующих документах РТО войск. Имитационное моделирование позволит значительно сократить время на разработку плана обеспечения, повысить точность расчетов, учесть «узкие места» логистического процесса, вскрыть неявные проблемные ситуации, подобрать рациональный (рабочий) вариант доставки ракет, что, в итоге, обеспечит повышение эффективности планирования РТО в целом.

Список использованных источников

1. Филяев М.П., Воробьев А.А. Актуальные вопросы имитационно-аналитического моделирования логистических процессов ракетно-технического обеспечения // Восьмые Уткинские чтения: труды Общероссийской научно-технической конференции. Сер. «Библиотека журнала "Военмех. Вестник БГТУ"». – 2019. – С. 290-296.
2. Руководство по эксплуатации ракетно-артиллерийского вооружения // под ред. Свертилова Н.И. – М: ГРАУ, 2006. – 611 с.
3. Филяев М.П. Совершенствование планирования материально-технического обеспечения группировок войск (сил) на основе применения имитационных моделей // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов. – 2021. – Вып. 4(22). – С. 54-60.
4. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем. – М.: ИНФРА-М, 2013.