

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК:  
МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА  
IMITATION AND SIMULATION OF  
MILITARY SUPPLY PROCESSES:  
METHODS AND TOOLS**

*Филяев Михаил Петрович, с.н.с., д.т.н.  
Фесенко Илья Васильевич  
Венедиктов Александр Владимирович*

**Аннотация:** Рассматриваются методологические основы имитационного моделирования сложных систем и процессов, обосновывается актуальность разработки имитационных моделей процессов материально-технического обеспечения (МТО) войск (сил) на основе применения современных инструментальных средств. Анализируется потенциал наиболее распространенных программных сред имитационного моделирования относительно задач системы управления материально-техническим обеспечением войск (сил).

**Annotation:** The methodological foundations of simulation modeling of complex systems and processes are considered, the urgency of developing simulation models of logistical support processes based on the use of modern tools is substantiated. The potential of the most common software environments for simulation modeling is analyzed with respect to the tasks of the logistics management system for troops (forces).

**Ключевые слова:** МТО, моделирование, имитационная модель, программная среда, Anylogic, iWebsim, GPSSSTUDIO.

**Key words:** supply logistics, modeling, simulation model, software environment, Anylogic, iWebsim, GPSS STUDIO.

Оценка эффективности и оптимизация процессов материально-технического обеспечения (МТО) войск основаны на разработке определенной совокупности математических моделей различной степени широты и детализации. Задачи выбора рациональной структуры и

параметров протекающих в системе МТО процессов могут быть успешно решены лишь на моделях, охватывающих всю систему в целом, а задачи выбора основных параметров подсистем и элементов системы могут и должны решаться на частных моделях, охватывающих те или иные совокупности элементов системы.

В зависимости от степени детализации системы МТО войск моделирование можно проводить на аналогично рассмотренным в работе [1] системном, функциональном или логическом уровнях. При моделировании процессов МТО войск на системном уровне осуществляется абстрагирование наиболее существенных черт функционирования и поведения системы и создания упрощенного модельного отображения. На функциональном уровне проводится моделирование объектов подсистем, а логический уровень предусматривает моделирование элементов подсистем.

В настоящее время известны аналитические модели различных процессов МТО войск, в частности, используемые для решения задачи подвоза материальных средств в операции [2]. Рассматриваемые модели соответствуют системному и функциональному уровням моделирования, т.е. с высоким уровнем абстракции. Программная реализация этих моделей позволяет быстро узнать приблизительное решение задачи, но адекватность получаемых результатов не достаточно высока. Одним из наиболее эффективных путей решения рассматриваемой проблемы является применение имитационного моделирования.

Имитационное моделирование заключается в конструировании модели реальной системы и постановке экспериментов на ней с целью изучения её поведения; в оценке ограничений, налагаемых некоторым критерием или совокупностью критериев; в выборе стратегий, обеспечивающих её функционирование [3].

Имитационные модели учитывают изменяющиеся случайным образом параметры. В модели подвоза материальных средств, например, такими являются сроки выделения транспорта подвоза, его загрузки материальными

средствами, перевозки, разгрузки (перегрузки). Использование динамически изменяющихся параметров вместо усреднённых значений позволяет понять комплексные взаимосвязи между ними, без чего, в свою очередь, не возможно определение рационального варианта организации моделируемого процесса.

В настоящее время известны три методологии имитационного моделирования: системная динамика, дискретно-событийное и агентное моделирование [4].

Системная динамика заключается в исследовании системы на основе причинных связей и глобального влияния одних параметров на другие во времени. Такой вид моделирования более всех других парадигм помогает понять суть происходящего явления и причинно-следственные связи между объектами и процессами. Относительно процессов МТО войск рассматриваемый метод может быть эффективно применен на системном уровне моделирования при определении объемов подвоза материальных средств и их распределении по направлениям подвоза и видам транспорта.

Дискретно-событийное моделирование предполагает абстрагирование от непрерывности всех событий, происходящих в моделируемой системе и рассмотрение только основных из них, таких как, например: перевозка груза, загрузка, разгрузка транспортного средства и других. Этот метод наиболее применим для моделирования логистических систем и систем массового обслуживания и соответственно для процессов МТО войск, где логистическая составляющая является одним из определяющих факторов эффективного применения сил и средств МТО.

Метод агентного моделирования является самым новым в рассматриваемой предметной области. Это направление в имитационном моделировании используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не заранее известными правилами и законами, а наоборот, когда эти правила и законы являются результатом индивидуальной активности элементов моделируемых объектов. Цель агентных моделей — сформировать представление об исследуемых

правилах, общем поведении системы исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных элементов и их взаимодействии в системе. Агент — некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться. Агентное моделирование относительно материально-технического обеспечения войск актуально на логическом уровне рассмотрения системы, например для моделирования работы складов центров материально-технического обеспечения с целью оптимизации процесса их функционирования.

Стремительное развитие компьютерных технологий за последние десятилетия инициировало резкий скачок в разработке современных инструментальных средств имитационного моделирования и их широкое внедрение в различных сферах деятельности. В то же время, в системе материально-технического обеспечения войск какие-либо существенные наработки в области имитационного моделирования до настоящего времени отсутствуют. В связи с этим актуальным является исследование возможностей современных инструментальных средств имитационного моделирования и их применения для решения задач МТО войск.

В настоящее время известен широкий ряд программных продуктов (сред имитационного моделирования), ориентированных на разработку имитационных моделей. Как правило, рассматриваемые программные среды включают в свой состав специальные средства для упрощения разработки моделей — настраиваемые стандартные блоки (логические процедуры) моделирования различных ситуаций. С помощью логических процедур в зависимости от детализации возможно описание любого моделируемого процесса.

В качестве объектов исследования были определены наиболее распространенная (AnyLogic) [5] и относительно новые (GPSSSTUDIO, iWebsim) [6, 7] программные среды. В таблице 1 приведены критерии и

результаты сравнения данных программных сред имитационного моделирования.

Как видно из таблицы, наибольшими возможностями по моделированию и визуализации процессов обладает программная среда AnyLogic, в то же время, и стоимость данного программного продукта значительно превышает рассматриваемые аналоги. Программная среда AnyLogic, широко распространенная на рынке инструментальных средств имитационного моделирования бизнес-логистических процессов, является одной из передовых разработок в этой области.

Таблица. 1. Сравнение программных сред имитационного моделирования

Критерии оценки	<b>AnyLogic</b>	<b>GPSSSTUDIO</b>	<b>iWebsim</b>
Универсальность применения	+++	+	+++
Методическое сопровождение	+++	+	+
Графический интерфейс	+++	+	++
Возможности визуализации	+++	+	++
Доступность (стоимость)	+ (высокая)	++ (средняя)	+++ (бесплатно)
Совместимость с ГИС ОПЕРАТОР	-	-	-
Зависимость от Internet ресурсов	+	+	+++
Правообладатель	Международная компания	Международная компания	Российская компания

AnyLogic обладает значительным спектром возможностей благодаря встроенным библиотекам моделирования различных процессов, возможностью визуализации моделей и экспериментов, как в 2D-демонстрации, так и с использованием 3D-моделей. Программный продукт

сопровождается обширной справкой, включающей в себя не только методические рекомендации, но и большой набор примеров, наглядно демонстрирующих все возможности среды моделирования.

AnyLogic написана на языке Java, а разработанные в ней модели возможно экспортировать, как в Java-вебприложение, так и в отдельное Java-приложение, что позволяет проводить эксперименты на разработанных моделях без установки самого программного продукта. Единственное требование для запуска таких моделей наличие на персональном компьютере Java SE библиотек.

Второй рассмотренный продукт – программная среда GPSSSTUDIO компании «Элина-Компьютер». Данная среда моделирования разрабатывалась в течение нескольких последних лет. В 2013 году появилась первая профессиональная версия инструмента под названием «Расширенный редактор GPSS World». Затем последовательно в течение 2013-2016 г. выпущено несколько версий редактора.

Среда GPSS STUDIO обладает возможностью моделирования различных процессов, но обладает рядом недостатков. Во-первых, малыми возможностями визуализации, а во-вторых, сложностью применения обычным пользователем (в программе используется свой язык моделирования GPSSWorld).

Разработчики iWebsim позиционируют свой программный продукт как аналог AnyLogic. В настоящее время он находится в стадии бета тестирования, но уже обеспечивает достаточный уровень визуализации моделей (без возможности использования 3D-анимации) и позволяет разрабатывать модели достаточно сложных процессов. Определенные ограничения по использованию программной среды накладывает необходимость работы через сеть Internet. Пользователь программы работает через веб-браузер с окном редактора моделей, а непосредственно моделирование экспериментов происходит на удалённой машине (сервере iWebsim), также как и хранение разработанной модели.

Таким образом, в зависимости от уровня моделирования процессов МТО войск (сил) актуально применение всех известных в настоящее время методов имитационного моделирования, в том числе и их комплексное использование. Из рассмотренных современных инструментальных средств для имитационного моделирования процессов МТО наиболее приемлема программная среда AnyLogic, поддерживающая все методы моделирования. Благодаря использованию инструментальной программной среды время разработки имитационной модели многократно сокращается и обеспечивается возможность проведения различных экспериментов над ней, что позволяет провести не только симуляцию процесса, но и оптимизировать его по выбранным параметрам.

#### **Список литературы:**

1. Плащенко В.В. Системные исследования: основы, методы, проблемы и пути их решения: Монография. Ч. 1: Теоретические и методические основы технико-экономических исследований. - Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006.

2. Оперативный тыл (организация материально-технического обеспечения в операциях). Учебное пособие. СПб: ВАМТО, 2012.

3. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов/ Под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2009.

4. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5.- СПб.: БХВ – Петербург, 2005.

5. <http://anylogic.ru/>

6. Имитационные исследования в среде моделирования GPSSStudio. Учебное пособие/ под общей ред. В.В. Девяткова – М: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017.

7. <http://iwebsim.ru/>