

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

УДК. 004,942

ГРНТИ 78,25,39

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК (СИЛ)

А.С. Якшин, М.Н. Волков

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала
армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации
Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова д.8, vatt@mil.ru*

В статье рассматриваются методы математического моделирования, особое внимание при этом уделяется имитационному моделированию. Обосновывается необходимость применения имитационного моделирования для решения транспортных задач. Приводится пример использования имитационного моделирования для решения задачи организации погрузки войск при перевозке железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: модель, имитационное моделирование, железнодорожные перевозки, материально-техническое обеспечение.

ON THE APPLICATION OF SIMULATION MODELING FOR THE ORGANIZATION OF MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT OF TROOPS (FORCES)

A. S. Yakshin, M. N. Volkov

Khrulev Military Academy of Logistics

Russia 199034, St. Petersburg, naberezhnaya Makarova, 8, vatt@mil.ru

The article discusses the methods of mathematical modeling. Special attention is given to simulation. The authors prove the necessity of application of simulation modeling for the solution of transport problems. They give an example of applying simulation for the purposes of organization of troops loading during transportation by rail.

Keywords: a model, simulation, railway transportation, logistics.

Введение

Применение современных технологий имитационного моделирования в настоящее время является важным звеном поддержки принятия решений при организации управления силами и средствами системы материально-технического обеспечения. Коренные изменения в формах, способах и средствах

ведения современной войны, изменение военно-политической обстановки в мире, а также военно-экономическая реформа, проводимая в Российской Федерации, предъявляют новые требования и ставят принципиально новые задачи перед механизмом функционирования и принципами деятельности системы материального обеспечения.

Огромная территория нашей страны, низкая плотность автомобильных дорог и слабое развитие других видов транспорта позволяют говорить о том, что особенное значение в решении вопросов материально-технического обеспечения приобретает железнодорожный транспорт.

В условиях ограниченности возможностей экспериментального исследования транспортных систем возникает потребность в соответствующей форме представить процессы функционирования систем и описание протекания этих процессов с помощью математических моделей.

Основные понятия и определения.

В настоящее время существует большое количество определений понятия «модель», но наиболее распространенным является предложенное в работе В.А. Штофа «Моделирование и философия», где под моделью «понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» [1, с. 19].

Это определение отражает наиболее характерные особенности метода моделирования, которые включают в себя как наличие объекта-посредника, замещающего оригинал, так и существенное сходство между объектом-посредником и оригиналом (адекватность). Кроме того, следует отметить эвристическую плодотворность – исследование должно быть направлено на получение новой информации об исходном объекте.

В настоящее время широкое распространение получили методы математического моделирования. По сути, все области науки, использующие математический аппарат с целью получения необходимых данных о реальных процессах и явлениях, применяют математическое моделирование [2].

Одним из самых перспективных способов описания и анализа процессов перевозки войск железнодорожным транспортом является имитационное моделирование. Согласно ставшему классическим определению [3, 4], имитационное моделирование представляет собой процесс создания и исследования модели, направленный на изучение поведения системы, либо на получение оценки различ-

ных стратегий, обеспечивающих функционирование системы. Оно является частным случаем математического моделирования и в нем присутствует возможность достаточно точно описать большое число объектов, для которых затруднена или невозможна разработка аналитических моделей.

Основными условиями [5, 6], при которых целесообразно использовать методы имитационного моделирования, являются следующие:

1) отсутствие формализованной математической постановки задачи;

2) неразработанность аналитических методов решения поставленной задачи;

3) получение в результате имитационного моделирования более простого способа решения задачи, чем существующие аналитические методы;

4) изучение с помощью имитационного моделирования длительного интервала функционирования системы в сжатые сроки или, наоборот, более подробное изучение работы системы в развернутый интервал времени;

5) снижение затрат на проведение экспериментов с реальными системами и возможность исследования реальных систем в случае, когда эксперименты на них в принципе невозможны, в результате имитационного моделирования.

Основными методами имитационного моделирования являются системная динамика, мультиагентное моделирование и дискретно-событийное моделирование [7].

Системная динамика – метод моделирования, направленный на исследование причинных связей и глобальных влияний между объектами и явлениями. Проведение мультиагентного моделирования позволяет получить представление о поведении децентрализованной системы, исходя из индивидуального, частного поведения отдельных активных объектов.

Все методы имитационного моделирования применяются, исходя из характерных уровней абстракции и детализации используемых моделей (рис. 1).

Для метода системной динамики характерен очень высокий уровень абстракции, в то же время дискретно-событийное моделирование поддерживает средний и низкий

уровни абстракции. Мультиагентные модели могут быть как и очень детализированными, так и предельно абстрактными.

Чаще всего для исследования транспортных систем используется дискретно-событийный подход, при котором непрерывный процесс функционирования системы аппроксимируется последовательностью мгновенных переходов, определяющих изменения её состояний



Рис. 1. Области применения методов имитационного моделирования

Целесообразность использования имитационного моделирования для решения задачи организации погрузки войск при перевозке железнодорожным транспортом обусловлена особенностями рассматриваемых систем. В частности, исследуемые транспортные системы содержат элементы непрерывного и дискретного характера, подвержены влиянию многочисленных случайных факторов и описываются существенно упрощенными соотношениями, сужающими область достоверности результатов, полученных аналитическими методами. Кроме того, в процессе организации погрузки войск при перевозке железнодорожным транспортом возникают так называемые «конфликты по общим ресурсам», результатами которых становятся очереди и простои.

Для решения задачи погрузки войск при перевозке железнодорожным транспортом рассмотрим имитационную модель на основе дискретно-событийного подхода, разработанную в среде AnyLogic [7].

Имитационное моделирование погрузки войск. Выбор в качестве среды разработки AnyLogic продиктован тем, что кроме возможности создания моделей различного уровня сложности и абстрактности этот программный продукт обладает широкими анимационными возможностями, что позволяет

строить наглядные модели и анализировать транспортные процессы не только с помощью встроенных графиков, но и посредством 2D- и 3D-моделей. Более подробно анализ обоснования выбора среды моделирования для решения задач материально-технического обеспечения войск проведён в работе «Имитационное моделирование процессов материально-технического обеспечения войск: методы и инструментальные средства» М.П. Филяева, И.В. Фесенко, А.В. Венедиктова.

Целью проведения моделирования является определение характеристик процесса погрузки войск для сокращения времени планирования перевозок войск железнодорожным транспортом.

В качестве статических элементов моделирования рассматриваются:

- железнодорожная сеть и сеть автомобильных дорог общего пользования;
- железнодорожные станции погрузки;
- выделенные районы ожидания;
- район сосредоточения.

В качестве динамического элемента имитационного моделирования рассматривается эшелон. В рамках подготовки моделирования принято решение, что детализация ниже уровня эшелона проводиться не будет.

К задачам проводимого имитационного моделирования организации погрузки войск при перевозке железнодорожным транспортом относятся:

- 1) определение общего времени прохождения района погрузки, начиная с момента выхода из района сосредоточения до момента выхода на магистральную трассу;
- 2) оценка времени, проведенного эшелонами в очередях ожидания;
- 3) поиск оптимального темпа убытия из района сосредоточения.

Среда разработки AnyLogic предоставляет возможность подготовки как логической составляющей диаграммы процесса, так и её презентационной части.

После завершения разработки запуск эксперимента происходит в два этапа. Первым запускается титульный лист модели, содержащий настройки параметров текущего эксперимента. Затем появляется возможность наблюдать в области просмотра анимированное представление модели, здесь же можно переключиться и просмотреть выполняемую диаграмму процесса.

На титульном листе эксперимента размещены органы управления, которые позволяют задавать параметры моделирования. Перечень параметров представлен в таблице 1.

Таблица 1
Изменяемые параметры титульного листа модели

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Единицы измерения	Тип данных	Элемент управления
1	количество эшелонов	n	эш.	целочисленное значение	окно ввода
2	темп прибытия эшелонов на погрузку	iny	эш./сут.	целочисленное значение	«бегунок»
3	вместимость очереди района ожидания	c_{max}	эш.	целочисленное значение	выпадающий список «флажок»
4	разрешённая средняя скорость движения автотранспорта	va	км/ч	вещественное число	«бегунок»
5	средняя скорость движения железнодорожного транспорта	vtr	км/ч	вещественное число	«бегунок»

Основой для проведения моделирования служит ГИС-карта с нанесёнными районами сосредоточения, ожидания и погрузочными станциями.

Структурная схема алгоритма поведения динамических элементов в районе погрузки представлена на рис. 2.

В ходе проведения моделирования динамическими элементами выполняются следующие операции:

- сбор и размещение в районе сосредоточения;
- движение по дорогам общего пользования до районов ожидания с заданной скоростью;
- размещение в районе ожидания согласно очередности;
- с учётом погрузочной способности станций осуществляется выход на погрузку; движение осуществляется по дорогам общего пользования;
- время погрузки эшелона моделируется

задержкой, представляющей собой случайную величину;

- после завершения погрузки эшелоны покидают район по железной дороге с заданной средней скоростью движения железнодорожного транспорта.

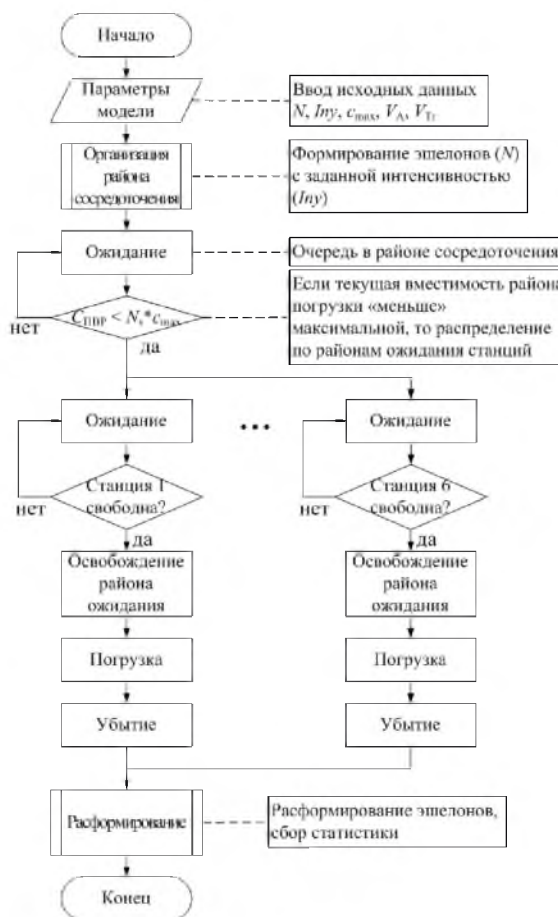


Рис. 2. Обобщенный алгоритм поведения агентов в районе погрузки

Распределение эшелонов по станциям погрузки производится, исходя из максимальной вместимости районов ожидания и погрузочной способности станций.

Для улучшения наглядности модели анимационное представление динамических элементов меняется в зависимости от выполняемых операций. В районах сосредоточения и ожидания погрузки динамические элементы отображаются значком установленной палатки.

При движении по автомобильной дороге динамические элементы принимают вид грузовика,

а после завершения процесса погрузки графическое изображение меняется на локомотив.

На рисунке 3 показан экран презентации модели, наблюдаемой в процессе исследования.

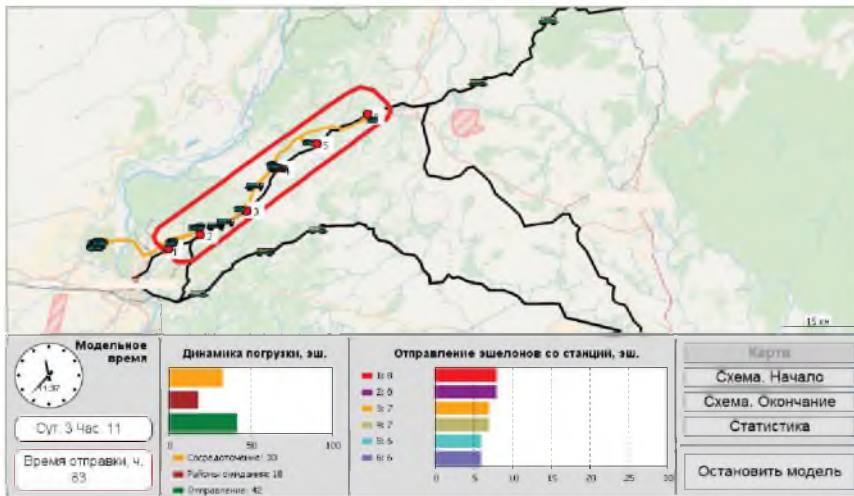


Рис. 3. Презентационная часть процесса

Центральная область экрана презентации содержит ГИС-карту района погрузки с нанесённой маршрутной сетью, железнодорожными станциями, районами ожидания и сосредоточения. В левом нижнем углу размещаются стрелочные и цифровые часы модельного времени. Цифровые часы обеспечивают индикацию в сутках. Далее слева направо расположены столбчатые диаграммы, отражающие динамику погрузки эшелонов и распределение отправленных эшелонов по станциям.

В правом нижнем углу презентационной части находятся кнопки переключения между видовыми экранами модели, а также кнопка «остановить/продолжить», позволяющая

поставить на паузу процесс моделирования. При этом рядом с изображением каждого агента появится присвоенный номер эшелона.

Для проведения дальнейшей обработки и представления результатов имитационного исследования результаты каждого прогона заносятся в файл формата Excel. В состав выходных данных входят порядковый номер эшелона, время появления и уничтожения по каждому агенту и время, проведённое в очередях.

Рассмотрим логическую часть диаграммы имитационного процесса, скриншоты которой представлены на рисунках 4 и 5.

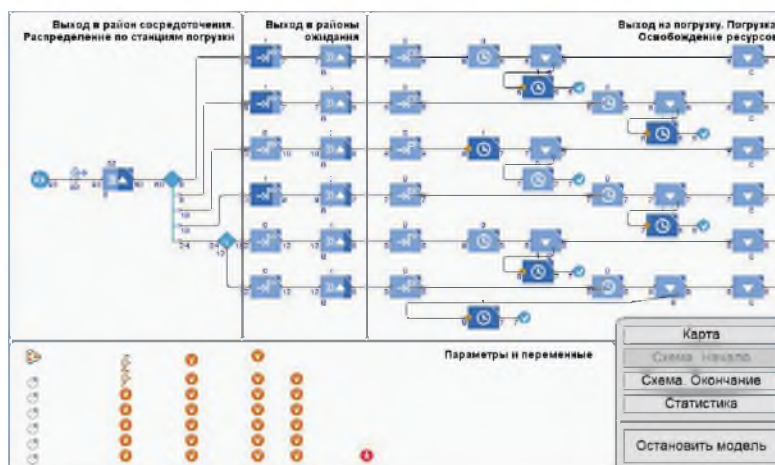


Рис. 4. Логическая часть диаграммы процесса, начало схемы

В правом нижнем углу (рис. 4) размещается область задания параметров и переменных. Над ней расположена структурно-логическая схема, позволяющая реализовать рассмотренные ранее функции модели и учесть необходимые особенности процесса погрузки. Правый верхний угол схемы со-

держит блоки, обеспечивающие появление агентов в диаграмме процесса, прикрепление и распределение агентов по станциям погрузки. Следующая группа блоков обеспечивает выход в районы ожидания и организацию очередей на погрузку.

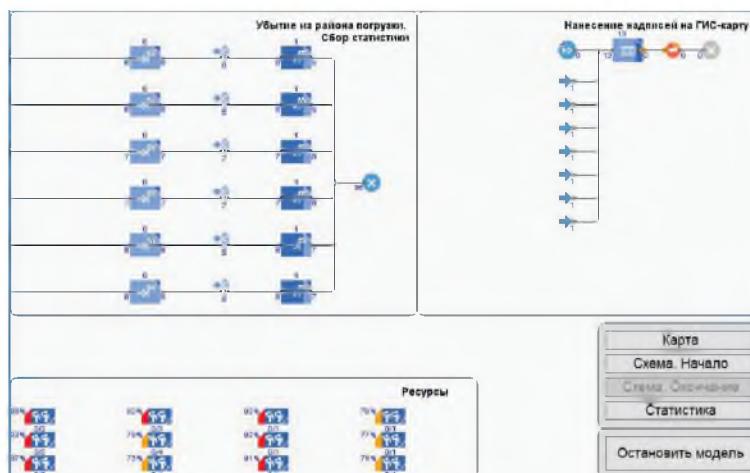


Рис. 5. Логическая часть диаграммы процесса, окончание схемы

Окончание схемы представлено на рис. 5. Продолжение схемы содержит блоки, обеспечивающие убытие агентов и сбор статистики. Кроме того, видовой экран включает группу блоков задания ресурсов модели и блоки нанесения надписей на ГИС-карту. Все видовые экраны оснащены кнопками навигации, позволяющими переходить между элементами модели.

Проведение моделирования позволяет построить временные диаграммы, отражающие общее время погрузки по станциям; время, затраченное на ожидание погрузки; загрузку районов ожидания и сосредоточения. Все эти данные в графической форме представлены на экране сбора статистики (рис. 6)

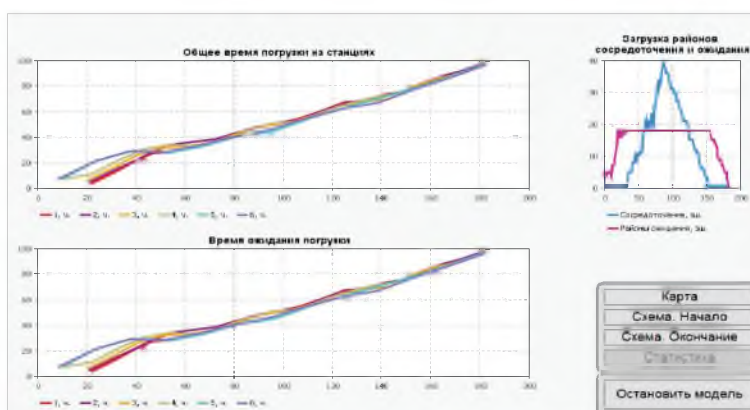


Рис. 6. Экран сбора статистики процесса

Заключение

Следует отметить, что построенная модель помимо решения рассмотренных задач обладает существенным потенциалом развития. Модель может быть существенно дополнена за счет учёта магистральной переброски войск и уточнена детальной процедурой погрузки военной техники на железнодорожные платформы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – Москва – Ленинград: Наука, 1966. – 302 с.
2. Данков, А.А. Моделирование – как важнейшая составная часть процесса разработки и модернизации перспективного вооружения / А.А. Данков. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2017. – 76 с.
3. Лоу, А.М. Имитационное моделирование. Классика CS / А.М. Лоу, В. Д. Кельтон. – 3-е изд. – Санкт-Петербург: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.
4. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. / Р. Шеннон. – Москва: Издательство «Мир», 1978. – 212 с.
5. Математическое и имитационное моделирование экономических процессов. Составитель А.А. Мицель. – Томск: Изд-во ТГУ, 2016. – 193с.
6. Замятина, О.М. Моделирование систем: учебное пособие / О.М. Замятина. – Томск: Издательство ТПУ, 2009. – 204 с.
7. Официальный сайт компании AnyLogic Company. – Режим доступа <http://www.anylogic.ru/> (дата обращения: 14.10.2018)
8. Филяев, М.П. Имитационное моделирование процессов материально-технического обеспечения войск: методы и инструментальные средства / М.П. Филяев, И.В. Фесенко, А.В. Венедиктов // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации / Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, выпуск 1 (7) 2018. – С. 83 – 89.

Якшин Александр Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Волков Михаил Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.

В целом, разработка новых методических подходов к созданию и практическому применению имитационных моделей в интересах материально-технического обеспечения войск (сил) позволит существенно повысить эффективность поддержки принятия решений, в том числе их оперативность, точность и качество и тем самым повысить эффективность деятельности органов военного управления.

REFERENCES

1. Shtoff, V.A. Modelirovanie i filosofiya / V.A. Shtoff. – Moskva - Leningrad: Nauka, 1966. – 302 s.
2. Dankov, A.A. Modelirovanie – kak vazhneyshaya sostavnaya chast' protsessa razrabotki i modernizatsii perspektivnogo vooruzheniya / A.A. Dankov. – Sankt-Peterburg: Universitet ITMO, 2017. – 76 s.
3. Lou, A.M. Imitatsionnoe modelirovanie. Klassika CS / A.M. Lou, V. D. Kel'ton. – 3-e izd. – Sankt-Peterburg: Piter; Kiev: Izdatel'skaya gruppa BHV, 2004. – 847 s.
4. Shennon, R. Imitatsionnoe modelirovanie sistem - iskusstvo i nauka. / R. Shennon. – Moskva: Izdatel'stvo «Mir», 1978. – 212 s.
5. Matematicheskoe i imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov. Sostavitel' A.A. Mitsel'. – Tomsk: Izd-vo TGU, 2016. – 193s.
6. Zamyatina, O.M. Modelirovanie sistem: uchebnoe posobie / O.M. Zamyatina. – Tomsk: Izdatel'stvo TPU, 2009. – 204 s.
7. Oftsial'nyy sayt kompanii AnyLogic Company – Rezhim dostupa <http://www.anylogic.ru/> (data obrascheniya: 14.10.2018)
8. Filyaev, M.P. Imitatsionnoe modelirovanie protsessov material'no-tehnicheskogo obespecheniya voysk: metody i instrumental'nye sredstva / M.P. Filyaev, I.V. Fesenko, A.V. Venediktov // Nauchnye problemy material'no-tehnicheskogo obespecheniya Vooruzhennykh Sil Rossiyskoy Federatsii / Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo Politehnicheskogo universiteta, vypusk 1 (7) 2018. – S. 83 – 89.

Yakshin Aleksandr Sergeevich – Cand. Sc. {Engineering}, Senior Researcher; Volkov Mihail Nikolaevich – Cand. Sc. {Engineering}, Senior Researcher. Research Institute (of Military and System Reserches of the Armed Forces of the Russian Federation) of Khrulev Military Academy of Logistics.

Статья поступила в редакцию 22.10.2018.