

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-7-15  
УДК 656.614.3

А. А. Давыденко,  
Г. Б. Попов

## РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИ ЦЕПИ ПОСТАВОК ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Моделирование сегодня является общепризнанным инструментом поддержки принятия решений в самых различных областях управления и бизнеса. В статье рассмотрены вопросы проектирования и управления сложными логистическими цепями поставок. Показано влияние таких факторов, как изменчивость и динамика, свойственные этим объектам вследствие сильной зависимости от быстро меняющейся операционной среды, которые обуславливают максимально быстрое построение соответствующих моделей, точнее, их прототипов. Отмечается, что в большинстве случаев проблемы решаются уже на этапе построения прототипа, и в некоторых случаях его создание носит характер постановки задачи и формирования технического задания на полномасштабное моделирование, проблемой которого, в свою очередь, является доказательство адекватности модели. Показано, что наличие прототипа с доказательным поведением в этом случае дает разработчику эффективный инструмент для установления валидности, калибровки и последующего установления адекватности конечного продукта. Наглядно продемонстрировано, что построение прототипа должно использовать максимально простые и эффективные средства, доступные заказчику и постановщику задачи для специалистов по моделированию. В статье описывается предлагаемый для этого подход и обсуждаются результаты его применения.*

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, цепи поставок, прототипирование, доказательство адекватности.

### Введение

Товародвижение — это процесс, обеспечиваемый системой доставки продукции от производителя до конечного потребителя в точно определённое время с максимально высоким уровнем обслуживания. Качественными показателями этого процесса являются: обеспечение различной партионности отгрузки товара по просьбе покупателя, выбор рационального вида транспорта, содержание оптимального уровня запасов и создание нормальных условий хранения и складирования товаров, а также соблюдение необходимого, заранее оговоренного уровня цен на услуги товародвижения [1]. Указанные показатели имеют также значительное влияние при проектировании и управлении цепями поставок как инструментом, обеспечивающим возможность товародвижения.

В современных условиях одним из важнейших факторов работоспособности предприятия является обеспеченность информационными ресурсами и умение сотрудников предприятия ими оперировать. Своевременная обработка и управление информационными потоками является одной из ключевых задач такого оперирования. Одним из инструментов, позволяющих реализовать данную задачу, является математическое моделирование.

Аналитические информационные технологии подразумевают использование нескольких типов математических моделей, примерами которых являются описательные имитационные модели. Данные модели описывают, каким образом цепь поставки или её часть будет функционировать при изменении ключевых параметров [2], [3].

### Выбор среды реализации

В условиях жесткой конкуренции на рынке не все компании имеют возможность приобрести дорогостоящее программное обеспечение (ПО), необходимое для полноценного и качествен-

ного моделирования логистических процессов и цепей поставок. Кроме того, разработка интерактивной модели может потребовать привлечения специалистов в данной области, а также определённых временных и трудовых затрат. В некоторых случаях использование такого рода ПО может быть необоснованным, к примеру, из-за простоты моделируемой цепи поставок. Задачей данного исследования является разработка прототипа интерактивной модели цепи поставок посредством общедоступного ПО, не требующего дополнительной подготовки для работы с ним. В результате проведения анализа рынка ПО, подходящего для целей дискретно-событийного моделирования, было выявлено, что большая часть продукции является платной и трудоёмкой в освоении пользователями, не специализирующимися в области информационных технологий. Примерами такого ПО являются пакеты программ «AnyLogic» (The AnyLogic Company), «Arena» (Rockwell Software), «SIMUL8» (SIMUL8 Corporation) [4] – [6]. Необходимо отметить, что указанное ПО разработано специально для целей имитационного и дискретно-событийного моделирования, поэтому позволяет добиться наиболее качественных результатов. Однако применять данные пакеты приложений при моделировании простых случаев цепей поставок нерационально.

Помимо инструментов, созданных исключительно для целей дискретно-событийного моделирования, имеется ПО общего назначения, подходящее для разработки прототипов интерактивных моделей. К такому ПО относится пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office [7]. Использование входящего в него продукта Microsoft Excel в качестве простейшего инструмента дискретно-событийного моделирования обладает следующими преимуществами [8], [9]:

- отсутствие необходимости в затратах на приобретение дополнительного ПО;
- отсутствие необходимости в дополнительных трудовых и финансовых затратах привлечение специалистов / обучение сотрудников;
- широкая распространённость и относительная простота в использовании.

Использование специализированного ПО целесообразно лишь в случае невозможности работы в данном направлении с помощью ПО общего назначения [10], [11].

### Описание прототипа интерактивной модели цепи поставок

Прежде чем приступить к разработке интерактивной модели цепи поставок, необходимо определить, какие ключевые элементы будут в нее непосредственно входить. Предположим, что рассматриваемая цепь поставок состоит из трёх предприятий-производителей продукции, морского порта отправления (порт 1), из которого осуществляется отгрузка груза в морской порт прибытия (порт 2) и дистрибьютора, осуществляющего сбыт продукции различным покупателям. Данная схема приведена на рис. 1.

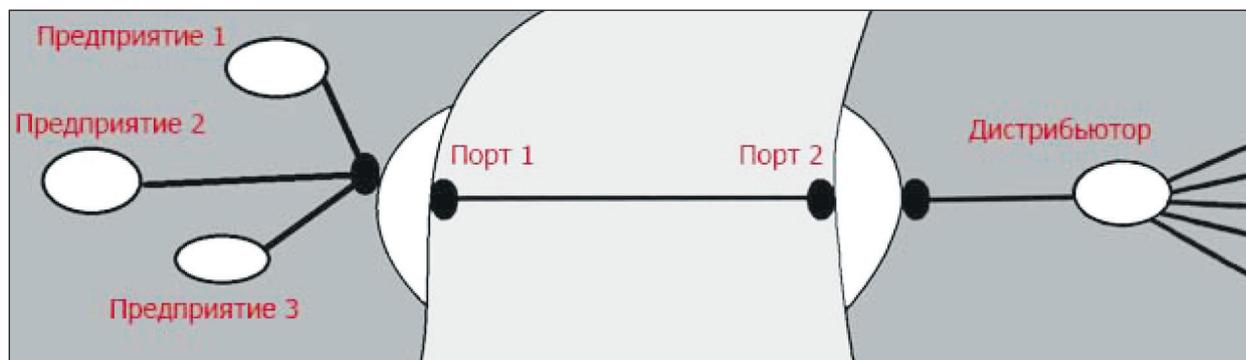


Рис. 1. Пример топологии цепи поставки от производителя до дистрибьютора

Поскольку имеются три предприятия-производителя, необходимо начать описание модели с их производственной программы. Будем считать, что год состоит из 52 недель, разбитых на четыре условных сезона, по 13 недель каждый (традиционные *весна, лето, осень, зима* не равны по продолжительности и в условном рассмотрении неудобны). Программа производства характе-

ризуется сезонной вариативностью  $K_s$ ,  $s = 1 \dots 4$ . Пусть внутри каждого сезона имеется своя вариативность  $K_w$ ,  $w = 1 \dots 13$  для каждой из 13 недель, составляющих сезон. Наконец, пусть каждая неделя характеризуется вариативностью по дням  $K_d$ ,  $d = 1 \dots 7$ .

Пусть предприятие должно выпустить за год продукцию в некотором заданном количестве  $Q$ , ед. продукции. В таком случае выпуск продукции в каждый день года характеризуется величиной

$$P_0[i] = QK[i], \quad (1)$$

где  $Q$  — планируемый годовой объем производства, ед. продукции;  
 $K[i]$  — доля от годового объема продукции выпускаемая в  $i$ -й день.  
 При этом  $K[i]$  определяется по следующей формуле:

$$K[i] = K_s K_w K_d, \quad (2)$$

где  $K_s$  — сезонная вариативность, %;  
 $K_w$  — недельная вариативность, %;  
 $K_d$  — дневная вариативность, %.

Следующим этапом разработки прототипа модели является определение взаимосвязей между элементами предприятия, портом отправления, а также связывающей их транспортной магистралью. Предприятие в данном проекте предполагается состоящим из нескольких функциональных элементов. Первым элементом является производство, которое получает программу  $P_0[i]$ ,  $i = 1 \dots 365$ . Если производство в состоянии справиться с программой, то оно выпускает заданное количество продукции:

$$P[i] = P_0[i]. \quad (3)$$

Если производство не в состоянии выпускать продукцию, то  $P_0[i] = 0$ . В этом случае производственная деятельность предприятия связана потерями  $L[i]$ , которые условно принимаются равными невыполненному дневному заданию:

$$L[i] = -P_0[i]. \quad (4)$$

Выполнение задания не вызывает потерь, т. е. в этом случае  $L[i] = 0$ . Из ранее изложенного видно, что потери и продукция описываются, соответственно, состояниями  $L[i]$  и  $P[i]$ , которые отражают деятельность функционального элемента «производство». Элемент «производство», в свою очередь, не в состоянии выпускать продукцию, если переполняется склад, который является следующим функциональным элементом описываемой модели предприятия. Склад каждый день  $[i]$  накапливает продукцию  $P[i-1]$ , произведенную в предыдущий день. Иными словами, состояние склада определяется формулой

$$S[i] = S[i] + P[i-1]. \quad (5)$$

Когда на складе накапливается объем продукции, составляющий транспортную партию  $T_0$ , соответствующий объем складированной продукции направляется на грузовой терминал предприятия (если этот терминал свободен, т. е. с него уже вывезена предыдущая транспортная партия). Терминал является еще одним функциональным элементом модели производства. Отправка транспортной партии со склада является единственным механизмом, уменьшающим хранимый на складе запас. Если терминал долго не может отправить транспортную партию, то склад постоянно пополняет запас за счет производимой каждый день продукции вплоть до своего переполнения. Переполнение склада вызывает остановку производства, что, в свою очередь, обуславливает потери. Терминал не может отправить транспортную партию, если на подходах к нему не имеется транспортных средств (например, шесть грузовых автомобилей максимальной грузоподъемностью 20 т каждый, т. е. 120 т в день).

Еще одним функциональным элементом модели является транспорт на подходах к терминалу. Количество транспортных средств  $T[i]$  в ожидании подачи на терминал определяет состоя-

ние этого элемента. Если на терминал поступает транспортная партия, то транспортное средство из этой очереди подается на терминал, что уменьшает длину очереди, т. е.

$$T[i+1] = T[i] - 1. \quad (6)$$

Эту длину увеличивает возвращение на терминал транспортного средства, доставившего груз по назначению и проделавшего весь обратный путь. Терминал непосредственно связан с транспортной магистралью, длина которой описывается совокупностью суточных перегонов, или звеньев:  $D_1, D_2, D_3, \dots$ . Если время в пути составляет, к примеру, семь суток, то магистраль состоит из семи звеньев:  $D_1, D_2, \dots, D_7$ .

Звено как функциональный элемент модели работает совсем просто: если на терминале есть готовое транспортное средство, то  $D_1[i] = 1$ , что реализуется простым присваиванием  $D_1[i] = T[i-1]$ . Каждое следующее звено работает по правилу  $D_2[i] = D_1[i-1]$ ,  $D_3[i] = D_2[i-1]$  и т. д. В общем случае

$$D_n[i] = D_{n-1}[i-1]. \quad (7)$$

В описываемой модели продукция предприятия отгружается в морской порт. Иными словами, последнее звено транспортной магистрали  $D_N$  должно передать транспортное средство на предпортовую станцию. Однако этому может препятствовать объявленный запрет (конвенция) на приемку транспортного средства  $r[i]$ . В этом случае транспортное средство пополняет очередь:

$$q[i] = q[i-1] + 1. \quad (8)$$

Вызвать запрет на прием транспорта может, например, переполнение склада порта. Невозможность разгрузки и, соответственно, возврата транспортного средства на предприятие может вызвать дефицит транспортных средств для вывоза продукции со склада. Склад начнет накапливать запас за счет производимой каждый день продукции вплоть до своего переполнения. Переполнение склада вызывает остановку производства, которая, в свою очередь, влечет за собой потери (данная ситуация была рассмотрена ранее). Наконец, допущенное под разгрузку транспортное средство доставит груз в порт и отправится в обратный путь, следуя по звеньям магистрали в обратном порядке:  $D_7, D_6, \dots, D_1$ . По прибытии на подъездные пути терминала транспортное средство пополнит транспорт на подходах к терминалу.

### Обсуждение результатов моделирования

В порт отправления груз поступает с трех производств, как это было рассмотрено ранее. Для наглядности реализации процесса завоза продукции в порт на рис. 2 изображен сводный график завоза со всех трех предприятий.

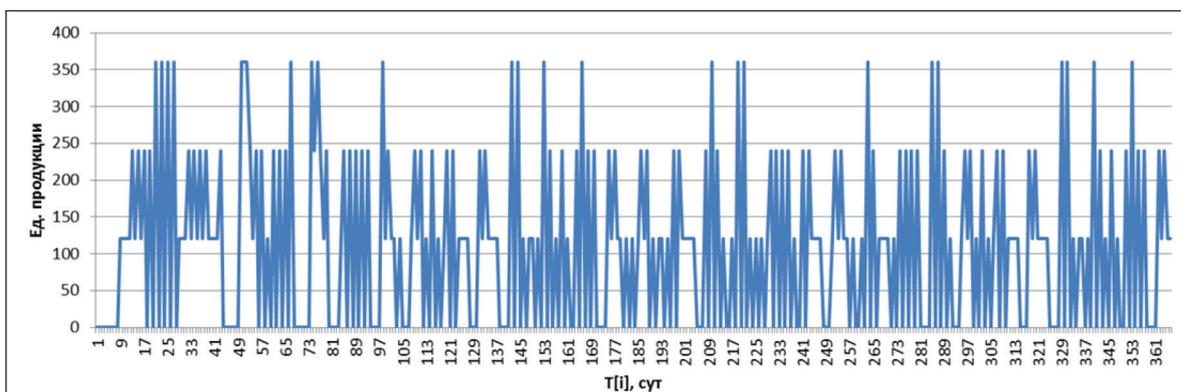


Рис. 2. График завоза груза в морской порт отправления

На рис. 3 приведен график вывоза груза из порта отправления судном грузоподъемностью 2950 т (судно типа «Волго-Балт», проект № 791) и судном грузоподъемностью 1000 т (значение

выбрано для сравнения). На основе приведенного графика можно реализовать механизм забора груза из порта отправления судном для перевозки его в порт прибытия. Минимальное требуемое количество судозаходов в год для судна определяется по формуле

$$N_{\text{судозаход}} = \frac{Q_{\text{порт1}}}{Q_{\text{ч}}}, \quad (9)$$

где  $Q_{\text{порт1}}$  — количество груза, поступившего в порт 1 за год;  $D_{\text{ч}}$  — чистая грузоподъемность судна.

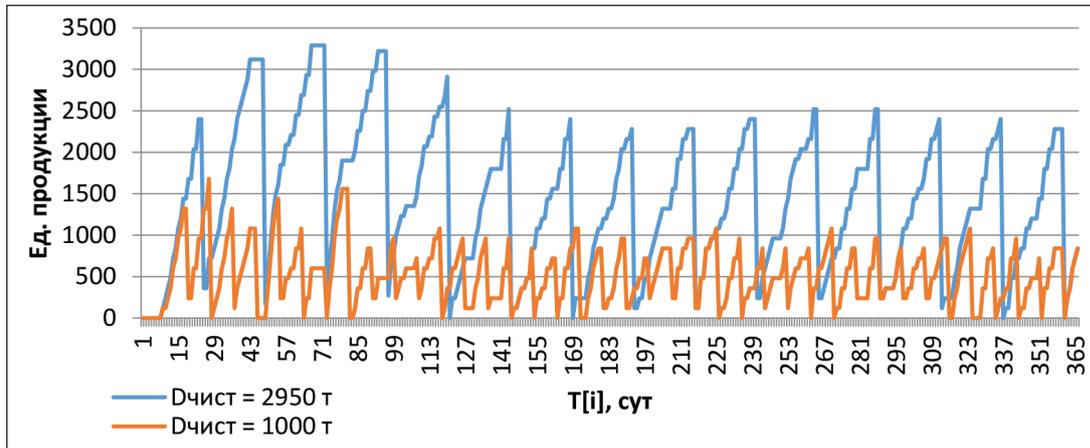


Рис. 3. График вывоза груза из порта отправления

Фактическое количество судозаходов будем определять в виде количества судозаходов, рассчитанного по формуле (9), плюс два судозахода. Для определения периода, через который судно будет заходить в порт, чтобы забрать груз, воспользуемся формулой

$$T_{\text{судозаход}} = \left\lceil \frac{365}{N_{\text{судозаход}}^{\text{факт}}} \right\rceil, \quad (10)$$

где  $N_{\text{судозаход}}^{\text{факт}}$  — количество фактических судозаходов в порт отправления.

Заход судна в порт задается с помощью определения кратности номера дня периоду захода судна, т. е. если  $[i]$  кратно  $T_{\text{судозаход}}$ , то будет осуществляться судозаход. Вывозиться при этом будет количество груза, накопленное в порту к этому моменту, т. е. количество груза в  $[i - 1]$ -й день. В этот день количество груза в порту отправления будет равно нулю. После того как судно вышло из порта, будет снова осуществляться накапливание груза в порту отправления. Как видно из рис. 3, чем меньше грузоподъемность судна, тем больше количество судозаходов и тем меньше вывозимая партия груза, что подтверждает адекватность поведения модели.

Далее необходимо рассчитать, в какой день  $[i + k]$  судно будет осуществлять заход в порт прибытия, т. е. сформировать расписание движения судов (дата выхода судна из порта 1 уже известна). Значение  $[k]$  задается произвольно в зависимости от конкретной моделируемой ситуации. Для примера зададим  $[k] = 10$ . Тогда судно, заходя в порт 1 каждый 24-й день, т. е. при  $[i] = 24$ ,  $[i] = 48$ ,  $[i] = 72$  и т. д., будет заходить в порт 2 через 10 дней, т. е. в моменты  $[i] = 34$ ,  $[i] = 58$ ,  $[i] = 82$  и т. д.

С целью упрощения будем считать, что единственным способом пополнения склада порта 2 является заход и выгрузка судна, пришедшего из порта 1. При этом единственным способом уменьшения количества груза на складе порта прибытия является вывоз его транспортными средствами и доставка до получателя. Доставка до получателя, в свою очередь, осуществляется по транспортной магистрали, принцип работы которой был рассмотрен ранее при описании вывоза груза со склада производителя.

Для описания деятельности порта 2 по приёму груза введём понятия: *остаток на начало дня для склада* и *остаток на конец дня для склада*. Остаток на начало дня ( $G_{\text{нач}}[i]$ ) отражает выгрузку

груза с судна ( $Q_c[i]$ ) на склад, остаток на конец дня ( $G_{\text{кон}}[i]$ ) показывает, сколько груза осталось на складе порта 2 после вывоза продукции наземным транспортом в адрес получателя. Транспортную партию,  $q[i]$ , как и ранее, примем равной 120 т (колонна из шести грузовых автомобилей, загрузкой по 20 т каждый). При переполнении склада порта прибытия выгрузка с судна становится невозможной, поэтому груз остаётся на судне и возникает остаток груза на судне. До тех пор, пока остаток груза на судне ( $z[i]$ ) не будет выгружен, судно не может покинуть порт. Каждый лишний день, проведенный под выгрузкой сверх стальной нормы времени, приносит расходы в виде демереджа. Из-за того, что партия груза, прибывшая на судне, может быть выгружена не вся по причине переполнения склада, необходимо ввести еще одну величину — количество груза, поступившего на склад ( $g[i]$ ). Математически описать зависимости между этими величинами можно следующим образом:

$$G_{\text{нач}}[i] = G_{\text{кон}}[i-1] + g[i]; \quad (11)$$

$$G_{\text{кон}}[i] = G_{\text{нач}}[i] - g[i]; \quad (12)$$

$$z[i] = Q_c[i] - g[i] + z[i-1], \quad (13)$$

где  $g[i]$  либо приравнивается к  $z[i]$ , в случае, если  $z[i]$  помещается на склад, т. е. если  $z[i]$  меньше разницы между емкостью склада порта 2 и остатком на конец предыдущего дня ( $G_{\text{кон}}[i]$ ), либо считается равным разнице между емкостью склада порта 2 и  $G_{\text{кон}}[i]$  в обратном случае.

На рис. 4 приведен график, описывающий ситуацию в порту прибытия. В разрабатываемом прототипе модели получатель груза является дистрибьютором, который накапливает на своём складе достаточную для продажи партию реализации  $P_r$ , а затем находит разных покупателей и сбывает им эту партию груза. Условимся, что для поиска, продажи и вывоза продукции в общем случае дистрибьютору необходимо определённое число суток, т. е. время на реализацию продукции ( $t_r$ ). При этом количество груза на складе дистрибьютора  $Q_d[i]$  определяется по формуле

$$Q_d[i] = Q_d[i-1] + q_d[i] - p_r[i], \quad (14)$$

где  $q_d[i]$  — количество груза, поступившего на склад дистрибьютора в  $[i]$ -й день;  $p_r[i]$  — количество груза, реализованного в  $[i]$ -й день.

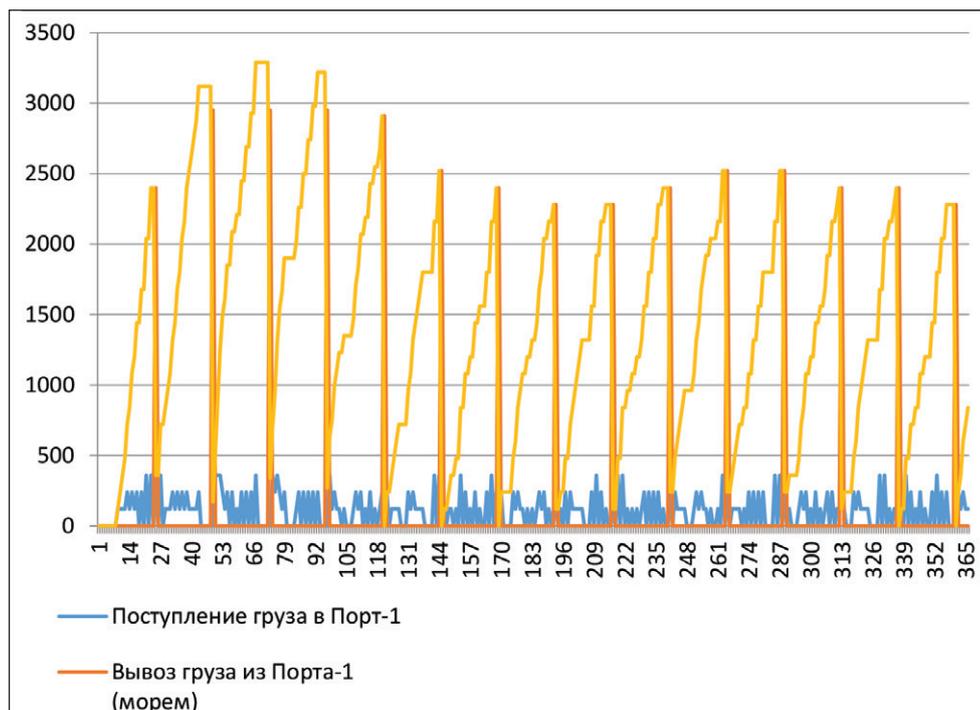


Рис. 4. График динамики поведения подсистемы морской транспорт — порт прибытия — дистрибьютор

В  $[i]$ -й день на склад поступает  $q_d [i]$  т груза, привезенного из порта 2; в  $[i+1]$ -й день на склад поступает  $q_d [i+1]$  т груза и т. д. Значение  $Q_d$  при этом постоянно растёт. Когда  $Q_d [i]$  становится равным  $P_r$ , начинается отсчёт дней, необходимых для реализации ( $t_r$ ). В момент времени  $[i + t_r]$  вся партия реализации  $P_r$  считается проданной, т. е.  $p_r[i + t_r] = P_r$ . При  $t_r = 0$  сут продукция реализуется в тот же день, когда на складе накапливается достаточная для реализации партия. Такой механизм, позволяющий оценить ситуацию при реализации продукции в общей форме, показан на рис. 5.



Рис. 5. График реализации продукции дистрибьютором

### Выводы

1. Описан прототип интерактивной модели цепи поставок, позволяющий оценить количественные показатели работы цепи поставок при введении определённых исходных данных.
2. Реализация прототипа базируется на использовании простых алгоритмов и математических выражений, что позволяет анализировать поведение системы и проводить «бэктрейсинг» (разбор хода процесса).
3. В случае необходимости выявить «узкие места» цепи или быстро принять управленческое решение использование прототипа интерактивной модели можно считать вполне оправданным.
4. Для решения более сложных задач и достоверного моделирования цепи поставок необходима реализация модели на платформе соответствующего ПО и привлечение специалистов в области информационных технологий и моделирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдакова О. В. Методы для оценки эффективности маркетинговых решений / О. В. Юдакова // Экономические науки. — 2011. — № 77. — С. 82–86.
2. Бочкарев А. А. Планирование и моделирование цепи поставок / А. А. Бочкарев. — М.: Альфа-Пресс, 2008. — 192 с.
3. Grigoryev I. AnyLogic 7 in Three Days: A Quick Course in Simulation Modeling / I. Grigoryev. — 2 ed. — United States: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. — 256 p.
4. Кузнецов А. Л. Генезис агентного имитационного моделирования в ходе развития методов технологического проектирования портов и терминалов / А. Л. Кузнецов // Эксплуатация морского транспорта. — 2009. — № 4. — С. 3–7.

5. Кузнецов А. Л. Моделирование сетей контейнерного грузораспределения / А. Л. Кузнецов, С. С. Павленко, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 5 (33). — С. 33–42.
6. Excel 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://products.office.com/ru-ru/excel> (дата обращения – 24.02.2016).
7. Law A. M. *Simulation Modeling & Analysis* / A. M. Law. — McGraw-Hill, 2007. — 768 p.
8. Kelton W. D. *Simulation with Arena* / W. D. Kelton, R. Sadowski, N. Zupick. — 6th ed. — McGraw-Hill Education, 2014. — 656 p.
9. Barlow J.F. *Excel Models for Business and Operations Management* / J. F. Barlow. — England: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. — 415 p.
10. Kuznetsov A. Simulation for assessment of the interface between port traffic and dredging activity / A. Kuznetsov, A. Keizer // *Proceedings of the 15th International Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelSta'15)*, 21–24 October 2015. — Riga, Latvia, 2015. — P. 41.
11. Кузнецов А. Л. Классификация и функциональное моделирование эшелонированных контейнерных терминалов / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, А. А. Давыденко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 6 (34). — С. 7–16.

## DEVELOPMENT OF A SUPPLY CHAIN INTERACTIVE MODEL PROTOTYPE BY MEANS OF DISCRETE-EVENT SIMULATION

*Simulation today is a widely acknowledged instrument for supporting of the decision-making processes in many fields of management and business. The design and control of logistic supply chains is not an exemption. In the same time, volatility and dynamics of these objects caused by quickly changing outer operational environment put forward a task of very short model' development cycle, specifically prototyping of models. In many cases, the solutions for the problems could be found already in the prototype development process. In other cases, the prototype plays a role of technical specification and goal setting for simulation. The adequacy of the model usually is a big question. The existence of a prototype provides an effective tool for validation, calibration and adequacy proof of the model. In any cases, the development of the prototype needs the simplest and efficient means, available and easy handled by the customer of the simulation. The paper describes an approach for this and discusses the results of its application.*

*Keywords: simulation modelling, discrete-event simulation, supply chains, prototyping, adequacy proof.*

### REFERENCES

1. Judakova, O. V. “Metody dlja ocenki jeffektivnosti marketingovyh reshenij.” *Economic sciences* 77 (2011): 82–86.
2. Bochkarev, A. A. *Planirovanie i modelirovanie cepi postavok*. M.: Alfa-Press, 2008.
3. Grigoryev I. *AnyLogic 7 in Three Days: A Quick Course in Simulation Modeling*. 2d ed. United States: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
4. Kuznetsov, A. L. “Genesis of the agent simulation in development of methods of technological design of ports and terminals.” *Jekspluatacija morskogo transporta* 4 (2009): 3–7.
5. Kuznetsov, Alexander Lvovitch, Sergei Sergejevich Pavlenko, and Victoria Nickolaevna Scherbackova-Slysarenko. “Container distribution networks modeling.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(33) (2015): 33–42.
6. Excel 2016. Web. 24 Feb. 2016 <<https://products.office.com/ru-ru/excel>>.
7. Law A. M. *Simulation Modeling & Analysis*. McGraw-Hill, 2007.
8. Kelton, W. D., R. Sadowski, and N. Zupick. *Simulation with Arena*. 6th ed. McGraw-Hill Education, 2014.
9. Barlow, J. F. *Excel Models for Business and Operations Management*. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
10. Kuznetsov, A., and A. Keizer. “Simulation for assessment of the interface between port traffic and dredging activity.” *Proceedings of the 15th International Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelSta'15)*, 21-24 October 2015. Riga, Latvia, 2015: 41.

11. Kuznetsov, Aleksandr Lvovich, Aleksandr Viktorovich Kirichenko, and Aleksandr Aleksandrovich Davydenko. "Classification and functional modeling of echeloned container terminals." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiralа S. O. Makarova* 6(34) (2015): С. 7–16.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Давыденко Александр Александрович* — кандидат экономических наук.  
Федеральное агентство морского и речного транспорта  
*kaf\_pgt@gumrf.ru*  
*Попов Герман Борисович* — аспирант.  
Научный руководитель:  
*Кузнецов Александр Львович* — доктор технических наук, профессор.  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
*german\_bp@mail.ru*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Davydenko Aleksandr Aleksandrovich* — PhD.  
Federal Agency of Sea and Inland Water Transport  
*kaf\_pgt@gumrf.ru*  
*Popov German Borisovich* — postgraduate.  
Supervisor:  
*Kuznetsov Aleksandr Lvovich* — Dr. of Technical Sciences, professor.  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
*german\_bp@mail.ru*

*Статья поступила в редакцию 23 мая 2016 г.*

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-15-22  
УДК 655.62.052.4

**А. А. Ершов**

## СПОСОБЫ ВЫЖИВАНИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ АВАРИЯХ

*В статье рассматриваются способы выживания пассажиров и членов экипажа при морских и речных авариях судов. Отмечается, что большое число погибших при таких авариях членов экипажа, как в случае гибели российского теплохода «Булгария», китайского судна «Звезда Востока», итальянского лайнера «Costa Concordia» и южнокорейского парома «Sewol», объясняется в том числе тем, что людям, находящимся на борту и спасателям, не были известны закономерности опрокидывания судна и способы выживания, определяемые условиями, при которых находиться на борту терпящего бедствие судна крайне опасно. Отмечается, что людям на борту не были известны конкретные условия, при которых судно неизбежно опрокидывается, и способы определения этих условий на борту судна, чтобы успеть своевременно покинуть его. В статье предлагаются практические способы выживания, основанные на закономерностях потери остойчивости судна, которые позволят всем находящимся на борту своевременно обнаружить опасность гибели судна и безопасно покинуть его перед опрокидыванием.*

*Ключевые слова:* опрокидывание морских и речных судов, способы выживания людей при морских и речных авариях.

### Введение

Анализ гибели судов, приведших к человеческим жертвам, показывает, что значительная часть этих катастроф происходила в узкостях или в непосредственной близости от берега. К последним крупным морским авариям, связанным с гибелью судов в таких условиях, можно отнести опрокидывание лайнера «Costa Concordia» в 2012 г. и южнокорейского парома «Sewol» в 2014 г. Крупнейшей речной аварией, сопровождавшейся гибелью большого количества пассажиров и членов экипажа, явилась катастрофа российского судна «Булгария» в 2011 г. и китайского судна «Звезда Востока», произошедшая в 2015 г. Анализ этих и других аварий также показал, что значительная часть морских и речных катастроф, связанных с гибелью людей, происходит в штормовых условиях [1] – [3].