

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ «ТОЧНО В СРОК»****В. С. Лукинский, Т. Г. Шульженко (Санкт-Петербург)**

Необходимость формирования новых подходов к повышению организационно-экономической устойчивости компаний, сохранения их конкурентоспособности и эффективности функционирования обусловлена требованиями современного уровня развития российской экономики, характеризуемого усилением конкуренции в различных отраслях, возросшим динамизмом внешней среды компаний, доминированием идеи «рынка покупателя». Одним из способов разрешения указанных проблем является реализация принципов логистики в управлении как отдельными компаниями, так и цепями поставок. Вместе с тем трансформация логистического подхода из рядового метода операционного менеджмента в «инструмент интегрированного управления материальным потоком и связанными с ним информационными, финансовыми потоками и сервисом, способствующим достижению целей организации с оптимальными затратами» [2] с соответствующим повышением статуса логистики до уровня стратегии компании, требует разработки комплекса методов поддержки принятия управленческих решений на всех уровнях управления: от оперативного до стратегического.

Сформированный к середине 2000-х годов теоретический базис логистики, а также нарастающие процессы усложнения конкурентной среды на отечественных рынках, требующие более активного использования предлагаемых логистикой технологий, привели к качественному скачку в развитии логистики как науки. Данный период характеризуется формированием оригинальных концепций логистики, в наибольшей степени отвечающих потребностям субъектов экономической системы, ряда теорий логистики. Между тем, дальнейшее усложнение процессов, протекающих в логистических системах, обусловленное завершением этапа становления рыночных отношений, закреплением логистического подхода, развитием современных предприятий, связано с необходимостью формирования нового аппарата, учитывающего свойства нелинейности и нестационарности процессов, требования интеграции и устойчивости цепей поставок, а также применения нового научного метода логистики, связывающего эмпирический и теоретический уровни формирования научного знания. Описываемые явления выдвигают на первый план ряд задач: поиск путей дальнейшей интеграции в рамках логистических систем и цепей поставок; формирование механизмов оценки конкурентоспособности цепей поставок с учетом их надежности, гибкости и других показателей; формирование комплекса моделей и методов управления логистическими системами с учетом нелинейности и нестационарности протекающих в них процессов. Решение приведенных задач логистического менеджмента, на наш взгляд, требует привлечения аппарата имитационного моделирования, поскольку использование методологии аналитического описания таких процессов отличается высокой степенью сложности не только их формального описания, но и практической реализации.

По мнению Д.Бауэрсокса и Д.Клосса [1], компетентность в логистике достигается благодаря рациональному управлению такими функциональными областями как управление запасами, складирование и транспортировка. Следует отметить, что именно эти функциональные области включают наибольшее число задач, подлежащих решению методами имитационного моделирования. В частности, в управлении запасами в качестве наиболее актуальных задач следует отнести: «восстановление» процесса расхода (пополнения) запасов по неполным данным, т.е. формирование искусственным образом недостающих статистических данных, необходимых для прогнозирования; определение последствий применения различных стратегий управления запасами, а также

сравнительная оценка эффективности различных систем управления запасами по результатам соответствующих имитационных экспериментов.

В логистике складирования попытки аналитического описания функционирования складских объектов (в частности, логистических терминалов на магистральных видах транспорта) с использованием положений теории массового обслуживания, а именно многофазовых систем массового обслуживания, включают достаточное количество допущений, существенно снижающих качество моделей. Действительно, значительное разнообразие параметрических характеристик (входного потока, времени обслуживания), присущих различным фазам подобных систем массового обслуживания, а также нестационарность их функционирования, указывает на необходимость привлечения методов имитационного моделирования при решении подобных задач.

Усложнение условий сохранения эффективности и конкурентоспособности логистических систем и цепей поставок предъявляет особые требования к параметрам качества обслуживания потребителей, в число которых входит средняя продолжительность цикла выполнения заказа, а также надежность поставки в заданные сроки. Инструментом реализации задачи обоснования временных параметров составляющих логистического цикла и формирования комплекса управленческих решений по предотвращению и сокращению негативного влияния нежелательных отклонений от заданного потребителем (заказчиком) времени доставки является модель «точно в срок» (*JIT – Just in time*). Однако анализ доступной авторам научной литературы по логистике позволяет констатировать следующее: во-первых, большинство ученых рассматривают понятие «точно в срок» на концептуальном описательном или семантическом уровне; во-вторых, немногочисленные попытки довести положения концепции «точно в срок» до модели, на основании которой можно принимать решения, не нашли в настоящее время широкого применения. В частности, в работе [4] приведены аналитические зависимости для определения параметров доставки «точно в срок», однако практическая реализация предложенной модели затруднена сложностями формализации и аналитического описания некоторых ее составляющих.

Вместе с тем известно, что уменьшение неопределенности логистического цикла является сегодня одной из основных проблем логистического менеджмента. В общем случае источниками неопределенности являются случайные величины  $T_i$ , характеризующие продолжительность выполнения отдельных операций цикла, к числу которых относят: передачу, обработку, комплектование, транспортировку заказа, доставку заказа конечному потребителю. Наибольшие сложности при подготовке и принятии управленческих решений традиционно вызывают операции транспортировки. Это обусловлено тем, что внешняя среда данных операций характеризуется большей степенью неопределенности, что, в свою очередь, сопряжено с разнообразными по природе, размеру и частоте рисками. Основным источником случайности является маршрут, характеризующийся определенной протяженностью, типом дорожного покрытия, местными ограничениями и другими параметрами. Международные автомобильные перевозки (МАП) являются еще более сложным процессом в организационном, технологическом и, как следствие, управленческом аспекте по сравнению с внутренними перевозками (в пределах одной страны). Сложность международных перевозок вызвана необходимостью учета операций, связанных с пересечением границ, особенностей таможенного регулирования грузопотоков, национального документооборота, инспекционных проверок транспортных средств, соблюдения весогабаритных и экологических и прочих обстоятельств.

Тогда с учетом перечисленных особенностей МАП, общее время перевозки может быть определено по следующей формуле:

$$T_0 = \sum_{i=1}^A t_{i,i+1} + \sum_{j=1}^B \tau_j + \sum_{k=1}^C \Theta_k, \quad (1)$$

где  $t_{i,i+1}$  – время движения между  $i$ -м и  $(i+1)$ -м пунктами;  $\tau_j$  – время оформления таможенных документов в  $j$ -м пункте (внутри страны и на пограничных переходах);  $\Theta_k$  – время погрузки, разгрузки и складирования в  $k$ -м пункте;  $A, B, C$  – количество участков движения автомобиля, пунктов таможенного оформления и пунктов погрузки-разгрузки соответственно.

Очевидно, что все составляющие формулы (1) являются случайными величинами.

Однако данный подход отражает ситуацию непрерывного нахождения автомобиля на линии при выполнении рейса, что не полностью учитывает специфику международных перевозок, обусловленную: во-первых, ограничением режима труда и отдыха водителя или экипажа автомобиля согласно Европейскому соглашению, касающемуся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР); во-вторых, запретами (ограничениями) на движение большегрузных автомобилей по территории некоторых европейских стран в выходные и праздничные дни; в-третьих, необходимостью проведения ремонтно-профилактических воздействий, в частности, устранения отказов, а также другими причинами простоя на линии (например, проверкой дорожной полицией нагрузки на оси, которая входит в производственную деятельность водителя в течение рабочего дня, иную, чем управление автомобилем). Тогда откорректированная формула для общей продолжительности рейса в международном сообщении может быть представлена в виде:

$$T_0 = \sum_{i=1}^A t_{i,i+1} + \sum_{j=1}^B \tau_j + \sum_{k=1}^C \Theta_k + \sum_{l=1}^D \varphi_l + \sum_{m=1}^E \psi_m + \sum_{n=1}^F \eta_n, \quad (2)$$

где  $\varphi_l$  – случайная составляющая, отражающая увеличение времени рейса для проведения ремонтно-профилактических воздействий и других причин;  $\psi_m$  – случайная составляющая, отражающая ограничения, связанные с ЕСТР;  $\eta_n$  – случайная составляющая, отражающая запреты на движение большегрузных автомобилей;  $D, E, F$  – число случаев простоя автомобиля с учетом указанных причин соответственно.

При формировании модели (2) учтены особенности требований ЕСТР, связанные с накоплением времени работы водителя в течение дня, недели и двух недель, что приводит к скачкообразному увеличению времени выполнения рейса без изменения пройденного пути. Этим обусловлено включение в модель (2) составляющей  $\psi_m$ . Дальнейшая конкретизация требований ЕСТР обусловила необходимость введения в модель следующих неравенств-ограничений:

$$\begin{aligned} t_{i,i+1} &< T_y; \\ t_{i,i+1} + \tau_j + \psi_l &< T_d, \end{aligned} \quad (3)$$

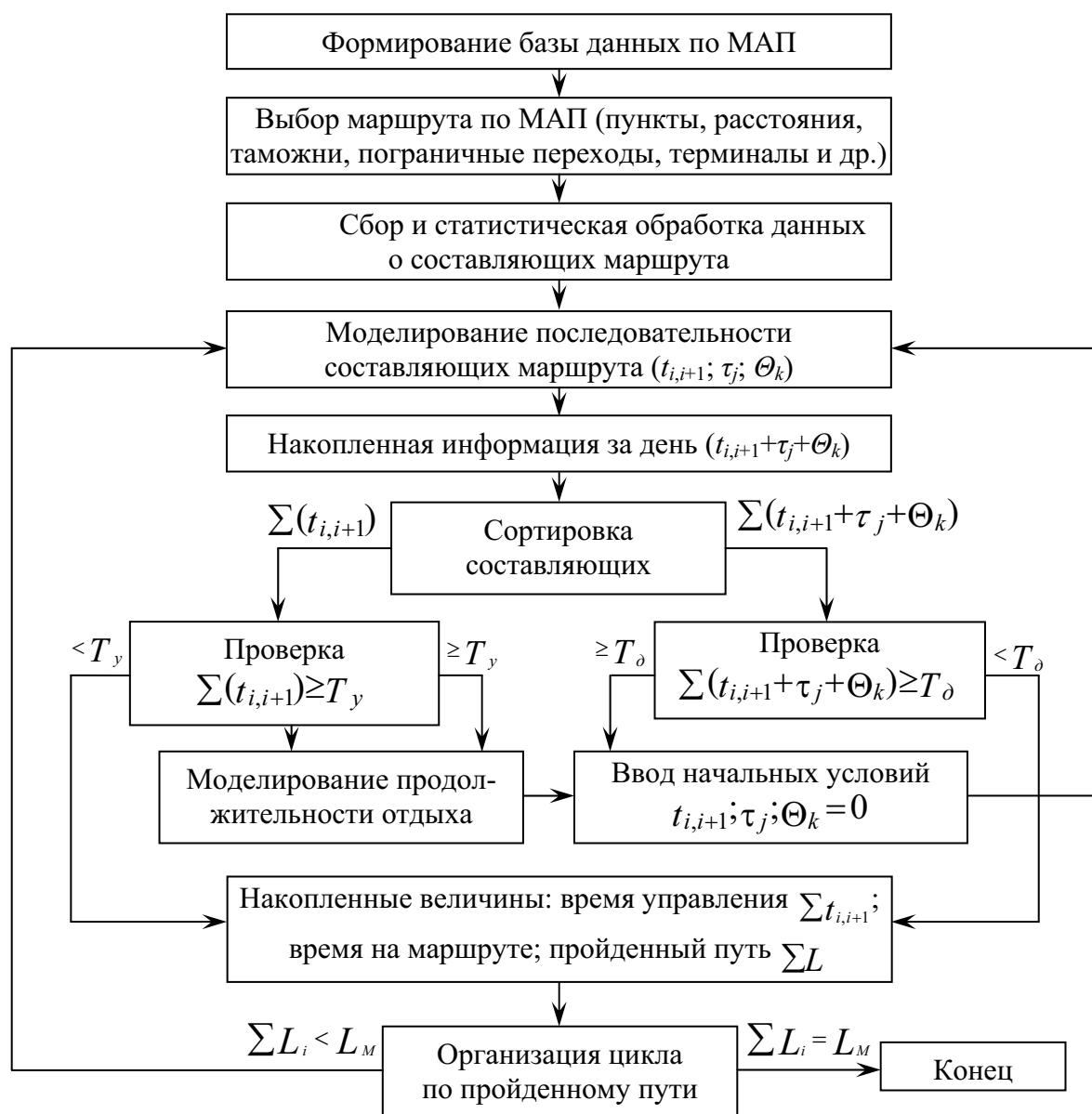
где  $T_y$  – время непрерывного управления автомобилем;  $T_d = 24 - T_{om}$ ;  $T_{om}$  – время ежедневного отдыха.

Аналогично могут быть учтены ограничения при движении большегрузных автомобилей в ряде европейских стран в выходные (праздничные) дни, в ночное время и т.п. Это также приводит к увеличению времени перевозки и должно учитываться при расчете.

Выполненный анализ указывает на необходимость использования метода статистического моделирования для определения времени перевозки с использованием фор-

мулы (2) с учетом случайных составляющих и ограничений (3). На рисунке представлена блок-схема моделирования международной автомобильной перевозки с учетом требований ЕСТР. Проиллюстрируем реализацию приведенного алгоритма на конкретном примере.

Будем полагать, что транспортировка включает операции по вывозу грузеных контейнеров с последующим возвратом порожних контейнеров автопоездом в составе тягача и полуприцепа по маршруту Санкт-Петербург – Хельсинки (порт) – Санкт-Петербург. В результате сбора и статистической обработки данных о временных составляющих рейсов по маршрутам международных перевозок Российская Федерация – Финляндия (в частности, Санкт-Петербург – Хельсинки – Санкт-Петербург) через пограничный переход Торфяновка были получены следующие результаты (табл. 1). Примем, что время начала работы – 8 утра; на маршруте работает один водитель.



Моделирование составляющих маршрута осуществлялось с учетом вида закона распределения, определенного в результате наблюдений данных о временных парамет-

рах маршрута, а также таблиц случайных чисел. Процедуры и результаты моделирования представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Результаты статистической обработки временных составляющих международной перевозки Россия – Финляндия**

Составляющие перевозочного процесса	Средние значения, ч	СКО, ч	Закон распределения
Санкт-Петербург – Торфяновка, д	3,79	0,7	Нормальный
Торфяновка, пп	1,831	1,8	Экспоненциальный
Торфяновка – Хельсинки, д	3,8	0,707	Нормальный
Хельсинки, п-р	4,92	2,524	Нормальный
Хельсинки – Торфяновка, д	3,43	0,6	Нормальный
Торфяновка, пп	3,5	2,19	Нормальный
Торфяновка – Санкт-Петербург, д	3,88	0,607	Нормальный

Таблица 2

**Последовательность моделирования временных параметров маршрута Санкт-Петербург – Хельсинки – Санкт-Петербург**

Временная составляющая маршрута	Вид и параметры закона распределения	Принятая величина $\xi$ и $\xi'_i$	Результаты моделирования временной составляющей	Проверка условий ограничений (3); принимаемые решения
<b>1 день:</b> начало рабочего дня – 8:00; окончание рабочего дня – 17:56				
$t_{11}$ – время движения Санкт-Петербург–Торфяновка	Нормальный; $\bar{x} = 3,79$ $\sigma = 0,7$	$\xi'_1 = 0,2005$	$t_{11} = 3,93$ ч	$t_{11} < T_y$ ; для одного водителя $T_y = 4,5$ ч, тогда $3,93 < 4,5$ – продолжение работы
$\tau_1$ – время прохождения пограничного перехода Торфяновка	Экспоненциальный $\lambda = \frac{1}{1,831}$	$\xi = 0,86$	$\tau_1 = 0,27$ ч	$(t_{11} + \tau_1) < T_d$ ; для одного водителя $T_d = 13$ ч: $(3,93 + 0,27) < 13$ – продолжение работы
$t_{23}$ – время движения Торфяновка–Хельсинки	Нормальный; $\bar{x} = 3,8$ $\sigma = 0,707$	$\xi'_1 = 1,1609$	$t_{23} = 4,61$ ч	$t_{23} < T_y$ : $4,61 > 4,5$ – принимается решение о перерыве на 45 мин; кроме того, $3,93 + 4,61 = 8,54 < 9$ , $3,93 + 0,27 + 4,61 + 0,75 = 9,56 < 13$ : принимается решение об окончании 1-го дня

Окончание табл. 2

Временная составляющая маршрута	Вид и параметры закона распределения	Принятая величина $\xi$ и $\xi'_i$	Результаты моделирования временной составляющей	Проверка условий-ограничений (3); принимаемые решения
<b>2 день:</b> начало рабочего дня – 6:00; окончание рабочего дня – 21:30				
$\Theta_1$ – время погрузки в порту Хельсинки	Нормальный; $\bar{x} = 4,92$ $\sigma = 2,524$	$\xi'_1 = 0,5864$	$\Theta_1 = 6,4$ ч	
$t_{34}$ – время движения Хельсинки–Торфяновка	Нормальный; $\bar{x} = 3,43$ $\sigma = 0,6$	$\xi'_1 = 0,1425$	$t_{34} = 3,52$ ч	
$\tau_2$ – время прохождения пограничного перехода в Торфяновке	Нормальный; $\bar{x} = 3,5$ $\sigma = 2,19$	$\xi'_1 = 0,9516$	$\tau_2 = 5,58$ ч	$6,4+3,52+5,58=$ $=15,5 > 13$ – принимается решение об окончании 2-го дня
<b>3 день:</b> начало рабочего дня – 8:30; окончание рабочего дня – 12:00				
$t_{45}$ – время движения Торфяновка – Санкт-Петербург	Нормальный; $\bar{x} = 3,88$ $\sigma = 0,607$	$\xi'_1 = 0,9516$	$t_{45} = 3,53$ ч	Время прибытия не учитывает простои на таможне в Санкт-Петербурге

Таким образом, представленная процедура моделирования временных составляющих рейса в международном сообщении позволяют решать ряд задач. В частности, определять время «точно в срок» и границ интервала его допустимого отклонения, что особенно актуально при организации мультимодальных перевозок, когда время прибытия транспортного средства обусловлено расписанием или графиком движения транспортных средств другого вида транспорта (главным образом, водного или железнодорожного). Следует отметить, что в данном случае важным является не только соблюдение верхней границы интервала времени «точно в срок», но и его нижней границы, поскольку простой транспортных средств в ожидании погрузки (или разгрузки) также связан с дополнительными издержками в логистической системе. Кроме того, смоделированные значения временных составляющих транспортировки могут выступать в качестве контрольных; отклонение фактических параметров маршрута от смоделированных являются основанием для принятия оперативных управленческих решений, например, замене одного водителя экипажем для сокращения влияния составляющей, связанной с соблюдением требований ЕСТР. Данные табл. 3 включают результаты моделирования для большого количества реализаций и статистической обработки, а также фактические и плановые величины временных характеристик международных автомобильных перевозок. Очевидно, описанный подход требует уточнения и дальнейшего развития с учетом прочих отмеченных особенностей транспортировки в международном сообщении.

Таблица 3

**Результаты плановых, фактических, смоделированных и расчетных значений времени перевозки по маршруту Санкт-Петербург–Хельсинки–Санкт-Петербург**

Наименование	Среднее значение, ч	СКО, ч
Плановые расчеты	28	-
Фактические данные	41,8	11,9
Результаты моделирования	55,1	16,6
Расчет по приближенным формулам	49,1	4,0

### Литература

1. **Бауэрсокс Д.** Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд / Пер. с англ. Д.Бауэрсокс, Д.Клосс. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. 640 с.
2. **Дыбская В. В.** Логистика [Текст]: учебник / В.В.Дыбская, Е.И.Зайцев, В.И.Сергеев, А.Н.Стерлигова; под ред. В.И.Сергеева. М.: Эксмо, 2008. 944 с.
3. Модели и методы теории логистики: Учеб.пособие. 2-е изд. / Под ред. В. С. Лукинского. СПб: Питер, 2007. 448 с.
4. **Смехов А. А.** Основы транспортной логистики: Учеб.для вузов. М.: Транспорт, 1995. 197 с.