

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАБОТЕ СЛУЖБ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

А.В. Раменская, О.Н. Яркова (Оренбург)

Транспортные компании и службы доставки осуществляют перевозки как внутри одного города, так по всей стране. Особенностью Российской Федерации является обширная территория и наличие труднодоступных районов, однако и в центральной части с хорошей сетью покрытия автомобильных дорог и железнодорожных путей потребители предъявляют все более жесткие требования к срокам доставки грузов. Кроме того, осложнившаяся в 2020 году эпидемиологическая обстановка способствовала росту спроса на доставку отправлений и товаров в личных целях конечных потребителей. В таких условиях важным представляется процесс управления работой транспортных компаний и служб доставки грузов и отправлений, одним из значимых этапов которого является моделирование и анализ процесса доставки грузов.

При моделировании процесса доставки грузов необходимо учитывать вероятностные характеристики его параметров и возможность оценить влияние отдельных управляемых параметров на итоговые показатели эффективности работы исследуемой системы и наиболее целесообразным, на наш взгляд, представляется применение метода имитационного моделирования.

В современных научных исследованиях достаточно много внимания уделяется вопросам математического, в том числе имитационного моделирования логистических процессов. К примеру, это работы Акельдова Д.В. [1], Бондарева И.О. [2], Котова Ф.А. [3], Толуева Ю.И. [4], Федь Т.И. [5], Чудиновой О.С. [5]. Отметим, что, несмотря на активный интерес исследователей, остаются нерешенными практические аспекты моделирования конкретных процессов с учетом специфики деятельности объекта исследования. В частности, в работе поставлена задача моделирования процесса доставки грузов и отправлений через транзитный пункт.

Рынок по перевозке грузов в РФ представлен множеством компаний, среди которых можно отметить DHL, DPD, СДЕК, ГК «Деловые Линии», «ПЭК», «Байкал-Сервис», «ЖелДорЭкспедиция» и ряд других. Компании представляют различные типы услуг: перевозка между терминалами компании в разных населенных пунктах, доставка от адреса отправителя до адреса получателя отправления, услуги по упаковке груза, услуги хранения грузов и другие дополнительные услуги.

Продемонстрируем схему моделирования процесса доставки грузов и отправлений на примере работы компании ГК «Деловые Линии». Остановимся на оказании услуг физическим лицам по перевозке грузов и отправлений через пункты приема/выдачи, при условии, что доставка осуществляется через транзитный склад временного хранения. В этом случае, в процессе доставки груз перемещается через три склада, в частности это временное хранение в пункте приема и в пункте выдачи, а также хранение на складе в транзитном городе (рис. 1).

Характеристики и ограничения имитационной модели:

1) под транзактами будем понимать груз (отправления), который поступает на терминал приема с некоторой заданной интенсивностью;

2) прием и оформление груза на терминале приемки осуществляет один специалист (имеет место одноканальная СМО с неограниченной очередью и временем ожидания);

3) хранение груза на складе временного хранения в пункте отправления и в транзитном пункте осуществляется до конца смены (время смен может различаться); в конце смены приходит транспортное средство, забирающее груз и осуществляющее

доставку до склада временного хранения в транзитном пункте. Предполагается, что вместимость транспорта, осуществляющего доставку, подбирается с учетом объема скопившегося на складе груза, и транспортное средство вмещает все отправления;

4) погрузку и выгрузку груза осуществляет один работник, на это затрачивается некоторое случайное время, распределенное по экспоненциальному закону с заданным параметром;

5) время транспортировки груза в транзитный город и в город получателя распределено по нормальному закону с известными параметрами;

6) время хранения на складе в пункте назначения случайно и определяется в результате моделирования (до востребования);

7) выдачу груза в терминале выдачи осуществляет один специалист (имеет место одноканальная СМО с неограниченной очередью и временем ожидания).



Рис. 1. Схема процесса оказания услуг по перевозке груза

Законы распределения случайных величин времени между поступлениями заявок, оформления отправления, погрузки, разгрузки, доставки между терминалами и их параметры оценивались на основе статистических данных о работе транспортной компании ГК «Деловые Линии» по критерию Хи-квадрат.

Модель построена в пакете GPSS World [7].

Объемы складов фиксированы (значения приведены в таблице 4). Груз может иметь разные габариты и, в зависимости от габаритов, занимает некоторый объем складского помещения. Возможные значения случайной величины «Объем занимаемого места на складах» для разных видов отправлений и относительная частота появления заданного вида груза в общем объеме отправлений, оцененные на основе экспертного опроса сотрудников компании, приведены в таблице 1. Значения случайной величины «Объем занимаемого места на складах» генерируются с использованием встроенного датчика случайных чисел.

Таблица 1. Характеристики параметра «Объем занимаемого места на складах»

Вид груза	Относительная частота появления заданного вида груза в общем объеме отправлений, доли	Объем занимаемого места на складах, усл.ед.
Мелкогабаритный	0,408	1
Среднегабаритный	0,517	2
Крупногабаритный	0,075	3

Ставится задача исследовать устойчивость транспортной компании к возможным колебаниям спроса. Рассмотрим два сценария функционирования компании: повседневный спрос на услуги (сценарий 1 – построен на основе оценок параметров законов распределения по статистическим данным компании) и повышенный спрос (сценарий 2 – перед новогодними праздниками и т.п.). При

повышенном спросе (сценарий 2) интенсивность поступления заявок увеличивается на 25%. Характеристики работы каналов обслуживания, полученные в результате моделирования для одного прогона модели, приведены в таблицах 2 и 3. Период моделирования составил один месяц, в предположении, что служба доставки работает без выходных.

Таблица 2. Показатели занятости каналов обслуживания

Канал	Коэффициент занятости канала, доля		Среднее время обслуживания, минут	
	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2
Терминал в пункте приема заказа	0,552	0,703	10,98	10,49
Погрузка в пункте приема для доставки в транзитный пункт	0,281	0,365	5,66	5,53
Разгрузка в транзитном пункте	0,199	0,263	4,01	4,00
Погрузка в транзитном пункте для доставки в пункт выдачи заказа	0,477	0,665	9,88	10,39
Разгрузка в пункте выдачи заказа	0,191	0,252	4,07	4,02
Терминал в пункте выдачи заказа	0,346	0,782	7,82	8,18

Согласно таблице 2 при обычном сценарии функционирования система хорошо справляется с нагрузкой, коэффициент занятости специалиста принимающего отправления составил 55,2%. Очередь не превышает 5 клиентов (таблица 3) и среднее время ожидания 4 минуты. Самые длинные очереди образуются при погрузке в транспортные средства со складов временного хранения. Говоря о загруженности специалистов в пунктах приема/выдачи заказов необходимо учитывать, что они могут обслуживать и другие типы заявок.

Таблица 3. Характеристики очередей

Очередь	Максимальное количество заявок в очереди в течении месяца, шт.		Средняя длина очереди, шт.		Среднее время нахождения заявки в очереди, минут	
	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2
Очередь в пункте приема отправлений	5	7	0,21	0,66	4,13	9,9
Очередь на погрузку со склада в городе приема	37	49	4,57	7,89	92,23	119,48
Очередь на разгрузку в транзитном пункте	13	12	0,25	0,42	4,99	6,35
Очередь на погрузку в транзитном пункте	48	65	8,57	16,38	174,78	251,41
Очередь на разгрузку в пункте выдачи отправлений	7	6	0,09	0,121	1,98	1,93

С ростом количества поступающих заявок увеличивается загруженность специалистов в пунктах приема/выдачи, время ожидания оформления заказа в очереди достигает уже 10 минут.

Значительно увеличивается нагрузка на специалистов склада временного хранения в транзитном городе. На погрузку транспортного средства в условиях повышенного спроса тратится более четырех часов. Предприятию необходимо рассмотреть возможность привлечения дополнительного персонала, чтобы сократить время на разгрузку и погрузку грузов со склада и терминалов.

Проанализируем показатели использования складов временного хранения, приведенные в таблице 4. В целом заполняемость склада не превышает 40%, однако склад в транзитном городе принимает отправления с нескольких терминалов и должен всегда иметь свободный резерв места. Можно отметить высокую нагрузку на склад хранения на терминале выдаче в городе получателя (около 150 мест занято при обычном спросе).

Таблица 4. Показатели загруженности складов

Склад временного хранения	Объем склада, усл. ед.	Максимальная заполняемость склада за время моделирования, усл. ед.		Коэффициент использования, доля		Среднее количество отправок на складе, шт.	
		Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2
В пункте отправления	400	66	91	0,069	0,093	27,5	37,0
В транзитном пункте	250	84	110	0,119	0,159	29,6	39,7
В пункте назначения	500	220	269	0,298	0,398	149,2	199,2

Анализ характеристик закона распределения общего времени доставки груза, гистограмма которого приведена на рис. 2, показал, что среднее время доставки колеблется от 2 до 4 дней. При этом в ситуации повышенного спроса среднее время на доставку увеличилось на 3%. С ростом спроса на доставку можно отметить, что закон распределения становится больше похож на логнормальный.

В целом рассматриваемая компания достаточно устойчива к колебаниям спроса в пределах 25% от нормальных показателей.

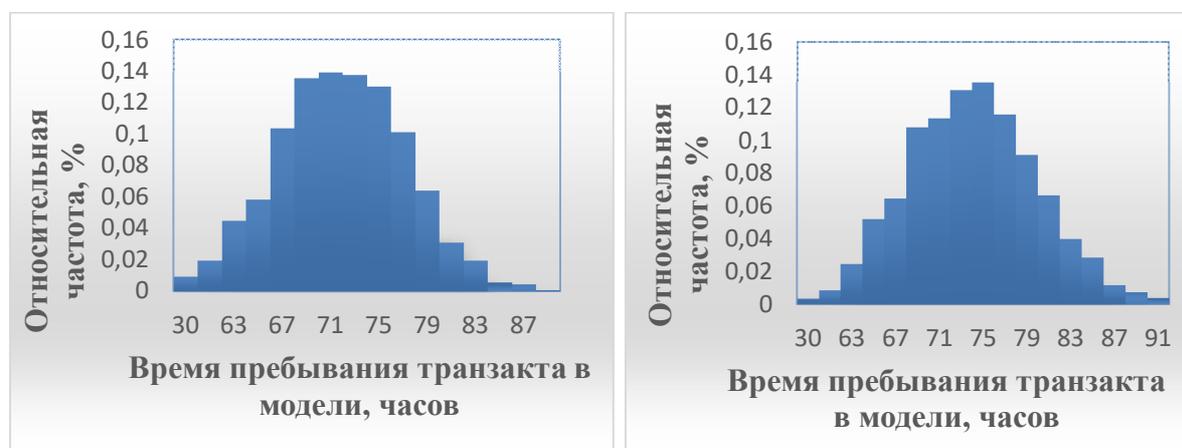


Рис. 2. Гистограмма общего времени доставки груза (слева – сценарий 1, справа – сценарий 2)

По полученным в результате моделирования показателям можно сделать вывод, что компания имеет возможности для увеличения потоков отправок без привлечения дополнительных площадей и сотрудников на терминалы приема/выдачи отправок. «Узким местом» в модели является склад в транзитном городе, так как в него стекаются и должны сортироваться отправления со всего региона, поэтому компании рекомендуется рассмотреть возможность привлечения на этот склад дополнительного персонала.

Применение имитационной модели позволит аналитикам службы доставки оценивать степень загруженности сотрудников пунктов приема/выдачи отправок и транзитных складов, требуемую вместимость транспортных средств для перевозки грузов, оценить степень загруженности складских помещений, выработать управленческие решения по оптимизации работы подразделений службы доставки.

Литература

1. **Акельдов Д.В.** Оптимизация работы распределительного центра в среде имитационного моделирования AnyLogic / Д.В. Акельдов // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019). Труды конференции, 16–18 октября 2019 г., Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2019. С. 353-355.
2. **Бондарева И.О.** Математическое моделирование управления рисками в транспортной логистике / И.О. Бондарева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. №2. С. 75-88.
3. Котов Ф.А. Применение методов имитационного моделирования в складской логистике / Ф.А. Котов, В.В. Преображенская // Научный аспект. №2. Т.14. 2020. С. 1831-1836.
4. **Толуев Ю.И.** Имитационное моделирование логистических процессов // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сб. Второй всероссийской научно-практической конференции. СПб.: ФГУП ЦНИИ ТС. 2005. С.71-76.
5. **Федь Т.И.** Имитационное моделирование АТК промышленной логистики на основе программного обеспечения SIMO/ Т.И. Федь, С.Г. Батюк // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 4-1(60). С. 216-221.
6. **Чудинова О.С.** Метод планирования размещения распределительного центра логистической системы / О.С. Чудинова, А.С. Яркова, Е.К. Краснова // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие»: по материалам науч. конф. ГНИИ «Нацразвитие», 25-30 апр. 2020 г., Санкт-Петербург / вып. ред. Ю. Э. Эльзессер, отв. за вып. С. В. Викторенкова. Электрон. дан. Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2019. Ч. 2. С. 229-232.
7. Системы имитационного моделирования GPSS World Student Version. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gpss.ru/>.