

В работе сети железных дорог ОАО «РЖД» имели место рассмотренные варианты изменения условий работы.

Заключение. Таким образом, при организации перевозок грузов по расписанию на железной дороге и предприятиях также должны быть разработаны мероприятия, направленные на устранение последствий прибытия вагонов позже установленного срока. К таким мероприятиям могут относиться интенсификация производственных процессов за счет перераспределения технических средств, создание запасов сырья и переключение части грузопотока на автомобильный транспорт в период выполнения ремонтов инфраструктуры, возмещение потерь предприятиям в виде штрафов за несвоевременную доставку и др.

Полученные результаты могут быть использованы для технико-эксплуатационных расчетов эффективности работы сети железных дорог ОАО «РЖД», а также при разработке графиков движения грузовых поездов на ж.-д. станции «Дема».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шаров В.А., Бородин А.Ф. Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию // Железнодорожный транспорт. 2011. № 8. С. 11–22.
- 2 Сотников Е.А., Шенфельд К.П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 5. С. 3–9.
- 3 Правдин Н.В., Дыкандюк М.Л., Негрей В.Я. Прогнозирование грузовых потоков. М. : Транспорт, 1987. 247 с.
- 4 Камышова Ю.И., Рязанова Е.В. Создание экономической привлекательности международных маршрутов следования экспортных грузопотоков // Вестник РГУПС. 2016. № 2 (62). С. 84–94.
- 5 Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. 296 с.
- 6 Беляев Ю.К. Статистические методы обработки результатов испытаний на надежность. М. : Знание, 1982. 384 с.
- 7 Железнодорожный транспорт. Энциклопедия / Под ред. Н.С. Конарев. М. : Научное издание «Большая Российская энциклопедия», 1994. 559 с.
- 8 Лapidус Б.М. Повышение производительности и эффективности железнодорожного транспорта // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 5. С. 3–6.
- 9 Левин Д.Ю., Павлов В.Л. Расчет и исследование пропускной способности железных дорог. М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. 364 с.
- 10 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: [инстр.: утв. первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н. Морозовым 10 ноября 2010 г.: по состоянию на 17 ноября 2011 г.]. М. : ОАО «РЖД», 2010. 180 с.
- 11 Расчет пропускной способности железных дорог / Е. В. Архангельский [и др.]. М. : Транспорт, 1977. 310 с.
- 12 Грунтов П.С., Дьяков Ю.В., Макарович А.Н. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. М. : Транспорт, 1994. 543 с.
- 13 Виноградов С.А., Кирякин В.Ю., Афиногенов А.Ю. Прогнозные энергосберегающие графики движения поездов // Железнодорожный транспорт. 2011. № 8. С. 22–25.

УДК 725.35: 004.94

© 2017 В. С. Тимченко, К. Е. Ковалев

ИМИТАЦИЯ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ЗАКАЗАМИ НА СКЛАДЕ

В статье представлена имитационная модель определения интервала времени между заказами, которая позволяет учесть различные варианты колебаний размера заказа.

Ключевые слова: склад, интервал между заказами, оптимальный размер заказа, имитационная модель, системная динамика.

Введение. По соотношению качественных складских площадей и населения Россия в разы отстает от развитых стран мира, поэтому разработки в области управления работой склада являются актуальными в настоящий момент.

Под инфраструктурой транспортных коммуникаций, как правило, понимаются пути сообщения, автомобильные и железные дороги, станции, порты, мостовые переходы и путе-

проводы, то есть транспортные объекты, связанные непосредственно с перевозками грузов. В действительности, как показывает анализ цепей поставок, в системах перевозки грузов не менее важную роль играют грузовые склады, без которых невозможно эффективное взаимодействие разных видов транспорта.

В работе [1] отмечается, что объектам складского назначения до последнего времени не придавалось достаточного значения в отечественной транспортной науке. Однако развитие теории логистики показывает, что транспорт не может эффективно выполнять свои функции по оказанию услуг клиентам на достаточном уровне качества, если он не учитывает и в должной степени не использует возможности складских комплексов при организации цепей поставок.

Отечественная транспортная система представляет собой совокупность цепей поставок с участием складов и различных видов транспорта. При этом каждая цепь поставок представляет собой упорядоченную последовательность складов разного типа и назначения, соединенных транспортными звеньями. Особенность складов как участников цепей поставок состоит в том, что они не создают никакой потребительской стоимости товаров, а играют роль преобразователей грузопотоков с целью достижения требуемого уровня качества обслуживания клиентов, исходя из правил 7 R-s.

Склады разного типа и назначения создаются в пунктах взаимодействия разных видов транспорта и служат не для хранения грузов, а для логистической обработки грузопотоков, путем преобразования характеристик грузопотоков. Чтобы из параметров входящего грузопотока получить параметры выходящего грузопотока, максимально адаптированные для следующего в цепи поставок вида транспорта, в том числе по критерию максимального использования его тары, что весьма актуально, за исключением разве что контейнерных и контрейлерных перевозок, использующих унифицированную тару на всем пути следования.

Применительно к решению задач проектирования, модернизации и оперативного управления складскими комплексами основная цель имитационного моделирования [2] – это определение количества и технических характеристик ресурсов, необходимых для обеспечения их бесперебойной работы в условиях максимальной загрузки [3]. При этом успешность разрабатываемой модели и ее адекватность по отношению к реальному объекту зависят не столько от программных средств, сколько от грамотной декомпозиции и алгоритмизации технологических процессов управления грузопотоками в цепях поставок, в общем, и при обработке на складе, в частности, с использованием теории научного управления запасами распределительных и других видов складов.

Невозможно эффективно организовать взаимодействие в цепи поставок, в которой отсутствуют склады [4]. Эффективность в данном случае, становится функцией складского и транзитного способов продвижения продукции от первичного источника сырья до конечного потребителя, а критерием эффективности – минимальные затраты либо время доставки при различной конфигурации цепи поставок, состоящей из различного соотношения и последовательностей складов и транзитных видов транспорта.

Следует четко понимать, что склад в цепях поставок используется только тогда, когда это позволяет улучшить показатели сквозного процесса путем преобразования входных и выходных характеристик грузопотоков.

При этом нельзя недооценивать роль складов в цепях поставок в пунктах прибытия и отправления, которая заключается в зарождении и погашении грузопотока. По существу, хорошо организованный транспортный процесс должен начинаться и заканчиваться в механизированных складах, то есть специфических объектах, приспособленных и оснащенных как для операций прямой перегрузки с одних видов транспорта на другие, так и для эффективно выполнения других перегрузочно-складских операций.

Склады должны выполнять следующие основные функции:

- выравнивание интенсивности грузопотоков в соответствии со спросом потребителя;
- преобразование ассортимента внутри грузопотока в соответствии с требованиями клиента;
- обеспечение концентрации и хранения запасов;

- сглаживание неравномерности производственного процесса;
- унитизация (объединение) партии отгрузки;
- предоставление дополнительных сервисных услуг.

В мультимодальных перевозках грузов, которые составляют большую часть внешнеторговых грузопотоков, важную роль играют комплексы перевалки грузов [5] (грузовые терминалы). Если в цепи поставок отсутствуют хорошо оснащенные склады, работающие по современным технологиям, то в пунктах перевалки грузов с одних видов транспорта на другие будут иметь место высокие простои транспортных средств.

Наряду со складами, находящимися в пунктах перевалки, а также в пунктах зарождения и погашения грузопотока, следует выделить распределительные склады, являющиеся промежуточным звеном в цепях поставок на завершающем этапе движения грузопотока от производителей к потребителям.

Среди основных систем управления запасами распределительных складов можно выделить:

1. Система управления запасами с фиксированным размером заказа.
2. Система управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.
3. Система управления запасами «минимум – максимум».
4. Система управления запасами с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня.

Все параметры моделей рассчитываются на основании стандартных аналитических формул [6] таким образом, что при соблюдении исходных данных гарантируется работа склада в отсутствии дефицита и условиях определенности.

Классическая модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами автоматически сигнализирует о необходимости восполнения запаса только в случае постоянного потребления. Она не позволяет избежать дефицита запаса в условиях неравномерности потребности.

В целом результат управления запасами по методике с фиксированным интервалом времени менее достоверен, чем результат методики с фиксированным размером заказа, так как в последнем случае осуществляется непрерывный контроль за уровнем запаса, что позволяет оперативно принять решение о пополнении запаса.

Все эти системы, а также различные их комбинации подробно разобраны в профильной литературе [6], однако они работают только в идеальных условиях, которые на практике недостижимы.

Розничные склады работают в условиях неопределенности, вызванной, отсутствием точной информации об уровне потребления продукции, поскольку этим параметром можно управлять лишь косвенно – путем различных скидок (сезонных и на минимальный объем партии), которые, как правило, вызваны необходимостью реализации продукции, которая заказана в избыточном количестве, либо прогнозируемый спрос на нее завышен по сравнению с фактическим спросом.

Поэтому оптимальный размер заказа на каждый i -й момент времени будет различным. Оптимальный размер заказа [6] позволяет минимизировать совокупные затраты на содержание и пополнение запаса, а также достичь наилучшего сочетания взаимодействующих факторов, таких как используемая площадь складских помещений, издержки на хранение запаса и стоимость заказа. Аналогично можно говорить и о j -м интервале времени между заказами.

Определение интервала времени между заказами осуществляется по аналитической формуле:

$$t_{мз} = N \cdot \frac{Q_{опт}}{S},$$

где $t_{мз}$ – интервал времени между заказами, сут;

N – число рабочих дней в плановом периоде, сут;

$Q_{опт}$ – оптимальный размер заказа, т;

S – объем потребности в запасе, т.

В рамках работы предлагается рассматривать задачу не в статическом, а в динамическом варианте, учитывая изменения рассматриваемых параметров во времени. Для этого используется один из подходов имитационного моделирования, который называется системная динамика [7–8].

В системной динамике процессы представляются в терминах накопителей, а также потоков между ними. Модель системной динамики описывает поведение и структуру сложной системы как множество связей, затруднений и увеличения затрат (временных или финансовых).

Математически такая модель выглядит как система дифференциальных уравнений. Результатом моделирования в системной динамике является выявление глобальных зависимостей и причинно-следственных связей в исследуемой системе.

Системная динамика – это наиболее «стратегический» подход вдоль шкалы повышения уровня абстракции по сравнению с остальными подходами к имитационному моделированию – дискретно-событийным [9–10] (процессным) и агентным подходами имитационного моделирования. Под уровнем абстракции понимается то, что модели системной динамики оперируют только количествами, агрегатами, так что объекты, принадлежащие к одному виду ресурсов, неразличимы, лишены индивидуальности.

Для модельного эксперимента рассмотрена модель определения интервала времени между заказами на основе комбинированного системно-динамического и дискретно-событийного подходов.

Необходимость использования дискретно-событийного подхода вызвана тем, что заказ в пути следования изменяется не пропорционально количеству суток, а ступенчато, т. е. не может быть учтен с использованием системно-динамического подхода, где динамические переменные и накопители меняют свои значения по заданным правилам пропорционально модельному времени. Поэтому для определения объема заказа, находящегося в пути, используется дискретно-событийный подход, который посредством блока «Время выполнения заказа» осуществляет подсчет объема заказа, находящегося в пути, и ступенчатое пополнение накопителя «Уровень текущего запаса», в то время как потребление запаса склада осуществляется ежедневно и поэтому может быть учтено через поток (flow) в адрес внешней среды (проиллюстрировано облаком на модели) с величиной потока, заданной динамической переменной и в то же время ступенчато, через количество доставленных заказов в моменты их доставки.

Заказ в пути определяется как сумма i -х заказов, которые уже отправились из пункта отправления (Z_i), но еще не доставлены на склад (Z_i^{np}):

$$Z_{п} = \sum Z_i - \sum Z_i^{np}.$$

Структура имитационной модели расчета интервалов времени между заказами представлена на рис. 1.

Проведем расчеты для следующих исходных данных:

1. Расчетный период – 200 дней (количество рабочих дней в году).
2. Годовой объем потребления склада – 90 000 т.
3. Время выполнения заказа – 5 дней.
4. Возможная задержка поставки – 1 день.
5. Уровень текущего запаса на момент начала моделирования – 1500 т.

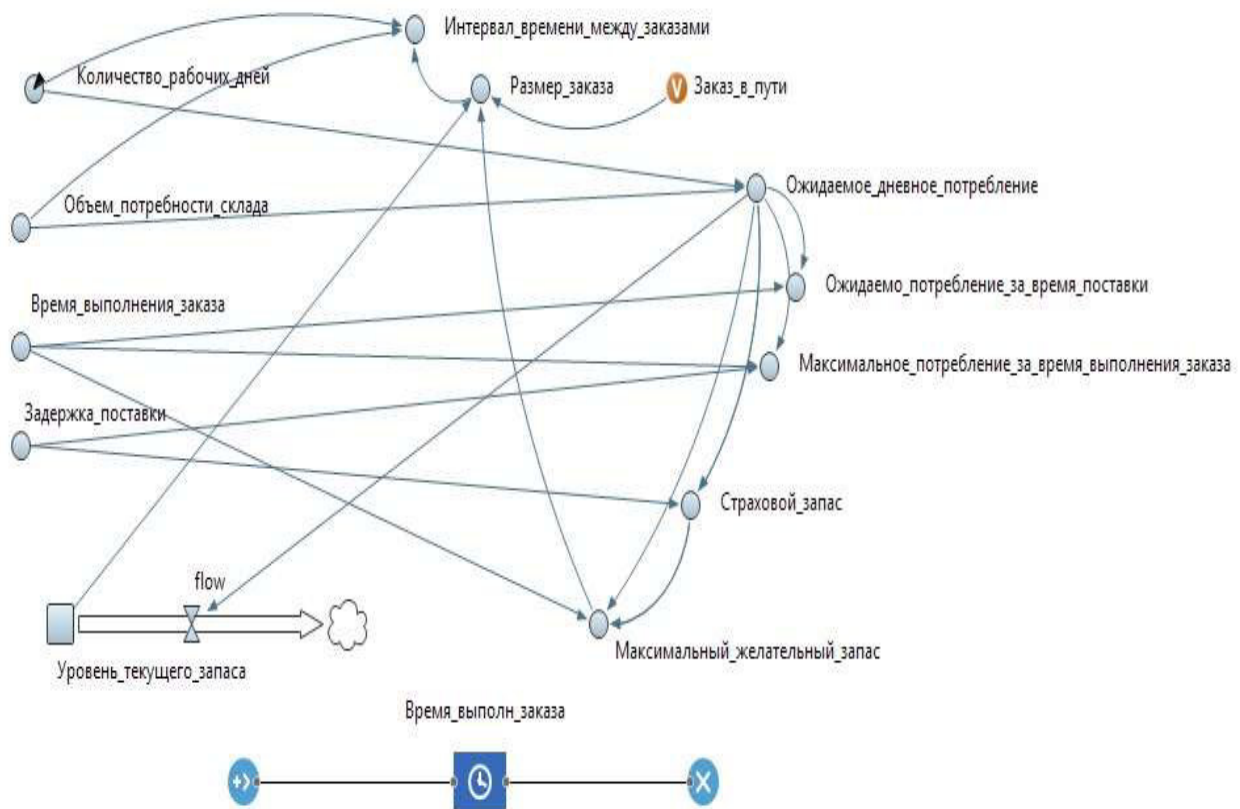


Рис. 1. Структура имитационной модели расчета интервалов времени между заказами

Предлагаемая имитационная модель позволяет получить графическое представление результатов расчета интервалов времени между заказами (рис. 2).

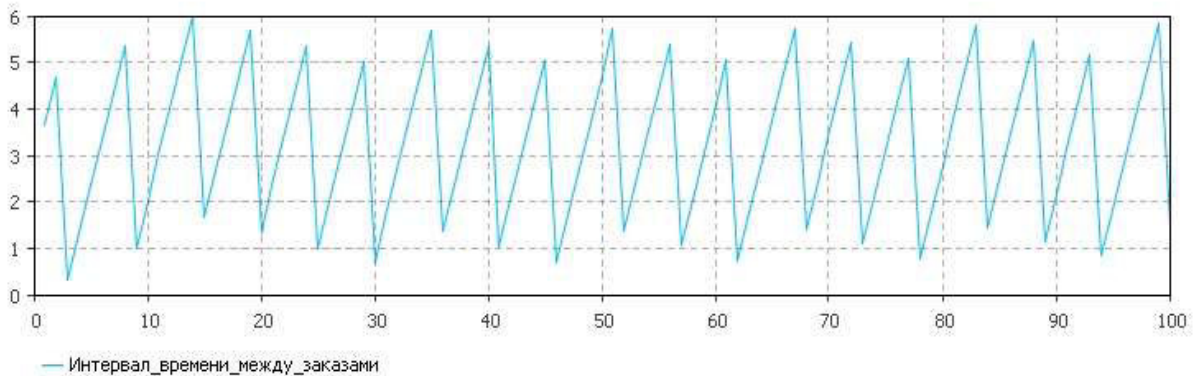


Рис. 2. Результаты расчетов интервалов времени между заказами

В реальных условиях размер заказа может быть не всегда оптимальным, поэтому рассмотрим второй режим работы имитационной модели, когда динамика размеров заказа является исходными данными для расчета интервалов времени между заказами и задается в диапазоне $[a, b]$, со средним значением c .

Рассмотрим результаты имитации интервалов времени между заказами при размерах заказов, находящихся в диапазоне:

- а) $[750...2050]$ со средним значением 1550;
- б) $[750...3050]$ со средним значением 2550.

Графическое представление результатов расчетов интервалов времени между заказами (рис. 3–4).

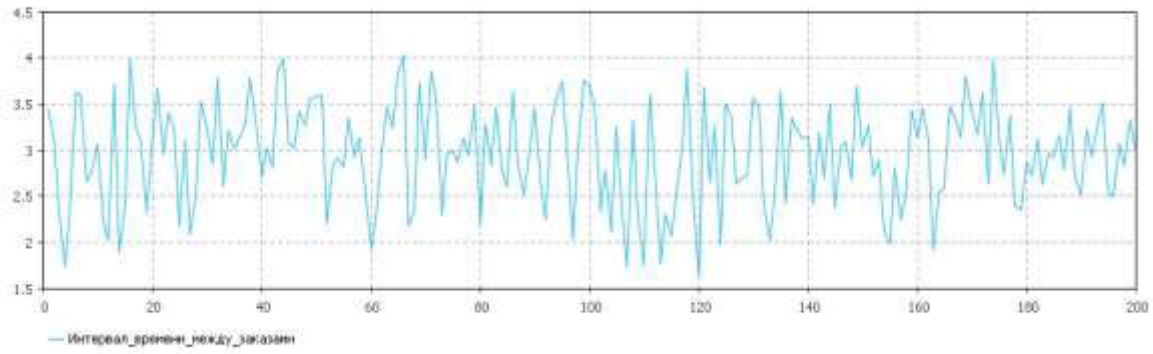


Рис. 3. Результаты расчетов интервалов времени между заказами для варианта расчета (а)

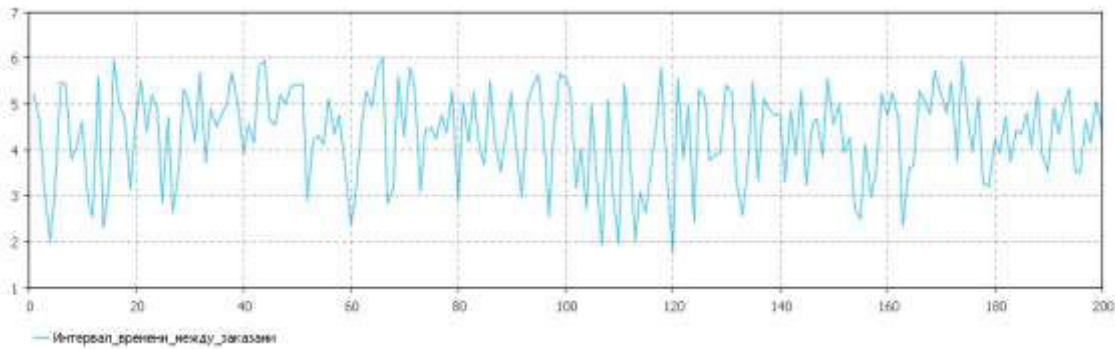


Рис. 4. Результаты расчетов интервалов времени между заказами для варианта расчета (б)

Визуальный анализ рис. 3–4 и сравнение с рис. 2 показывает значительно больший разброс в интервалах времени между заказами для вариантов расчета со случайным объемом заказа по сравнению с оптимальной величиной заказа, что требует постоянного мониторинга и принятия оперативных решений по заказу новых партий для исключения дефицита грузов на распределительном складе. Инструментом для расчета интервалов времени между заказами с учетом сложившейся оперативной обстановки может выступать предлагаемая имитационная модель, интегрированная в информационную систему склада. Для более удобного восприятия результатов представим их в виде гистограмм (рис. 5–6).

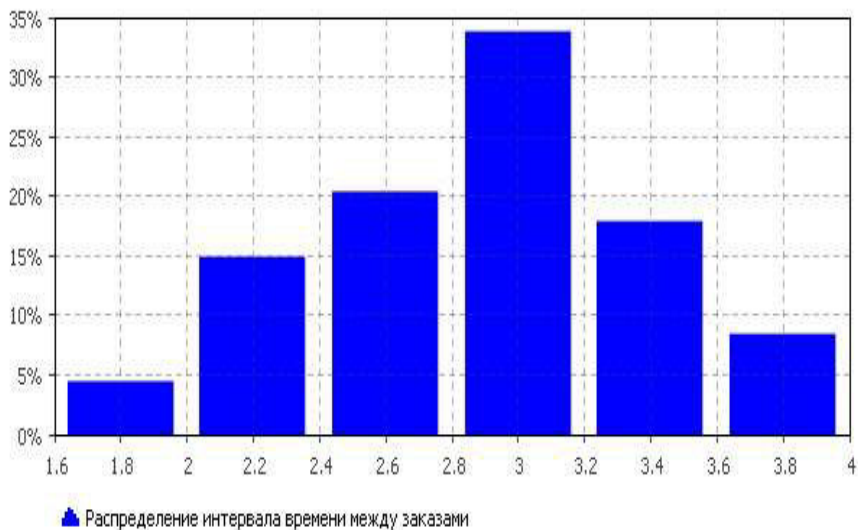


Рис. 5. Гистограмма результатов расчетов интервалов времени между заказами для варианта расчета (б)

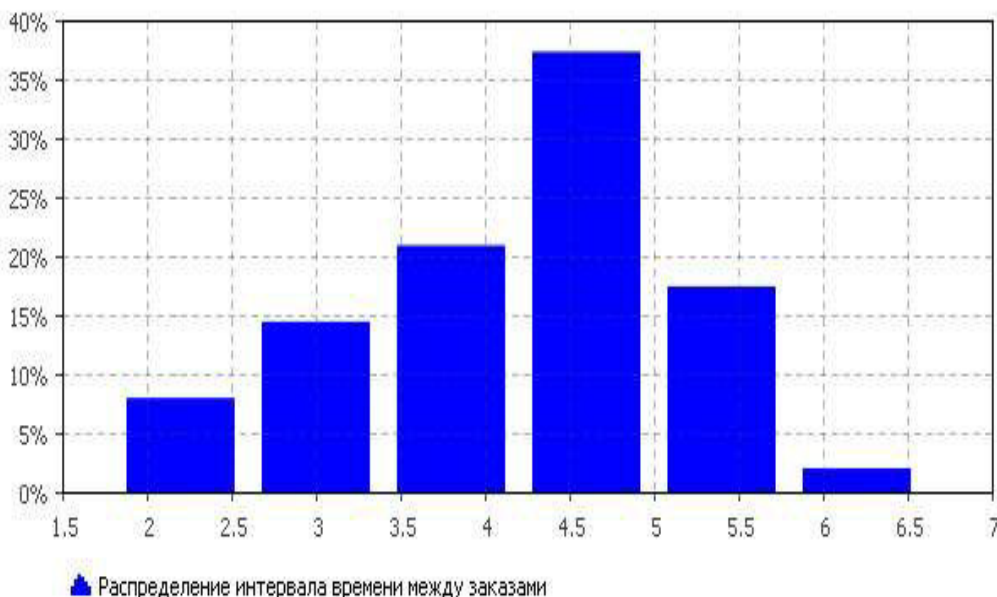


Рис. 6. Гистограмма результатов расчетов интервалов времени между заказами для варианта расчета (с)

Выводы. Таким образом, представленная в работе имитационная модель определения интервала времени между заказами, позволяет учесть различные варианты колебаний размера заказа, полученного как на основании статистических данных, так и при прогнозировании, и позволяет избежать дефицита товара на складе и вызванных им экономических потерь.

А совместное использование авторской имитационной модели с информационной системой склада может послужить инструментом менеджера по логистике при расчете интервалов времени между заказами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маликов О.Б. Транспортно-складские системы в экономике страны // Транспорт России: проблемы и перспективы 2016. Т. 2. 2016. С. 137–141.
2. Долганов К.Б., Зуев В.А. Особенности создания имитационной модели распределительного центра // ИММОД'2015. 2015. С. 110–114.
3. Маликов О.Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок : монография. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 536 с.
4. Яновский П.А., Москвичев О.В., Абдуллоев И.Ф. Функции транспортно-складских систем и перспективы их развития // Вестник СамГАПС. 2007. № 7 (11). С. 21–24.
5. Морозова И.А. Проблема повышения конкурентоспособности транспортной системы России и ее интеграции в международную транспортную систему // Известия ВолгГТУ. С. 73–76.
6. Дыбская В.В. Управление складом в логистической системе. М. : КИА центр, 2000.
7. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте : монография. Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. 172 с.
8. Тимченко В.С. Методика обоснования строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов» на основе имитационной модели // Вестник транспорта Поволжья. 2017. № 4. С. 59–66.
9. Ковалев К.Е., Тимченко В.С., Галкина Ю.Е. Логистические принципы функций управления оперативным персоналом железнодорожных станций на основе алгоритмического описания : монография / Под ред. А.П. Бадецкого. Саарбрюккен, Германия : LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. 103 с.
10. Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции с учетом количества поездных локомотивов методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. 2017. № 2. С. 53–57.