

### **Заключение.**

В результате комплексной оценки по разнонаправленным критериям наилучшим вариантом распределения зон и функций управления является работа дежурного по станции с помощником ( $C_{wij} = 0,019$ ), при этом работа в должности помощника создает условия для подготовки к работе дежурного по станции. Поэтому на рассматриваемой технической станции рекомендуется вариант распределения функций между дежурным по станции и помощником при одной зоне управления.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте. НТП-СЦБ, ОАО «РЖД», ГТСС, СПб, 2004. 106 с.
- 2 Нормы затрат труда и нормативны численности оперативных работников железнодорожных станций по управлению процессами перевозок ОАО «РЖД». Утв. 02.12.2005г. М.: ОАО «РЖД». 48 с.
- 3 Кокурин И.М. Формализация расчета загрузки железнодорожных операторов // Железнодорожный транспорт. 1983. №5. С. 51–54.
- 4 Кокурин И.М. Ковалев К.Е. Метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда // Известия ПГУПС. 2013. №3. С. 18–23.
- 5 Ляпунов А.А., Шестопап Г.А. Об алгоритмическом описании процессов управления // Математическое просвещение. М.:Физматгиз, 1957. Вып. 2. С. 81–95.
- 6 Кокурин И.М., Ковалев К.Е. Распределение зон и функций управления на технических станциях методом алгоритмического описания функций оперативного персонала // Вестник транспорта Поволжья. 2014. №4 (46). С. 97–104.
- 7 Катцын Д.В., Кокурин И.М., Ковалев К.Е. Распределение зон управления и функций оперативного персонала // Мир транспорта. 2014. 3 (52). С. 210–219.

УДК 004.94

© 2015 В. С. Тимченко

## **ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО СКЛАДА ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Статья посвящена демонстрации возможностей метода имитационного моделирования при рассмотрении процесса функционирования распределительного склада, на котором происходит обслуживание семи различных категорий транспортных средств, время выгрузки которых зависит от количества перевозимых палет стандартного размера. Рассматривается структура имитационной модели, позволяющая оценить возможность освоения рассматриваемого грузопотока при заданных параметрах функционирования распределительного склада и соотношения категорий транспортных средств.

*Ключевые слова:* транспортная инфраструктура, имитационное моделирование, распределительный склад, тарно-штучные грузы, палето-место, автопогрузчик, категории транспортных средств, перерабатывающие способность..

**Введение.** Транспортный комплекс РФ работает в условиях ежегодного роста объемов грузовых перевозок и дефицита пропускных и провозных способностей [1], что вызывает необходимость больших объемов инвестиций в поэтапное развитие инфраструктуры.

Исследования показывают, что 85-95% общей продолжительности логистической цепи производственного цикла товародвижения составляет ожидание обработки, транспортировки и других операций, включая нахождение на складах [2], поэтому столь важна надежная оценка соответствия перерабатывающей способности склада объему и структуре грузопотока.

Этот вопрос становится тем более значимым, учитывая, что сегодня значительное число крупных российских производственных компаний, торговых сетей и иностранных ритейлеров выбирают расширение сбыта продукции в регионах в качестве основного направления своего развития и остро нуждаются в качественных масштабных услугах складской логистики [3].

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. ставится задача интенсивного развития транспортной инфраструктуры. Одним из направлений ее научного обеспечения является создание имитационных систем [4], позволяющих моделировать системы различных видов транспорта.

При рассмотрении развития и построения транспортных сетей [5], с точки зрения инновационных проблем, необходимо учитывать, что именно построение и развитие имитационных моделей позволяет решить проблемы анализа существующих транспортных сетей и их построения.

Имитационная модель позволяет [6] автоматически определять значения параметров рассматриваемой системы, меняя при этом условия протекания процесса и случайные события, учет которых при традиционных подходах вызывает существенные затруднения. Это позволяет оперативно учитывать все изменения в проекте, а также получить более точные значения оптимальных параметров функционирования системы, чем при традиционно применяемом расчете.

Целью исследования является демонстрация возможностей метода имитационного моделирования при комплексном рассмотрении процесса функционирования объектов транспортной инфраструктуры.

Объект исследования – распределительный склад, на котором происходит обслуживание семи различных категорий транспортных средств, время выгрузки которых зависит от количества перевозимых палет стандартного размера.

Предметом исследования является оценка возможности освоения рассматриваемого грузопотока при заданных параметрах функционирования распределительного склада и соотношения категорий транспортных средств.

Имитационная модель была построена в среде AnyLogic, которая является на сегодняшний момент универсальным средством имитационного моделирования, в рамках которой реализованы: дискретно-событийный, агентный и системнодинамический подходы. В рамках данного исследования был использован дискретно-событийный подход [7], который позволил рассмотреть процесс выгрузки транспортных средств, с помощью имитационной модели, структура которой представлена на рис. 1.

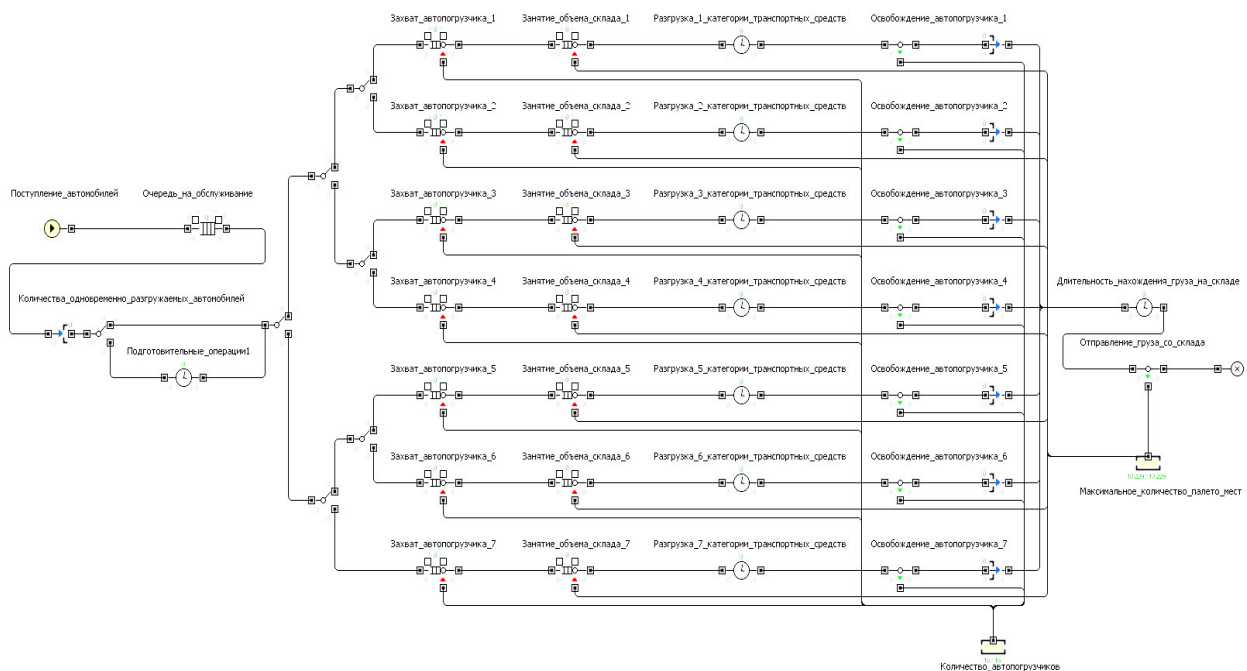


Рис. 1. Структура имитационной модели распределительного склада

Первым идет блок, отвечающий за интенсивность поступления заявок в модель «Поступление\_автомобилей». Его параметры заданы таким образом, чтобы исключить межоперационные простои, т.к. мы рассчитываем максимальную перерабатывающую способность склада. Если бы мы рассматривали задачу оптимизации работу имеющегося склада, то в этом блоке использовался бы закон распределения интенсивности поступления транспортных средств.

Далее идет блок, имитирующий очередь автомобилей на склад, «Очередь\_на\_обслуживание». С целью сокращения количества проводимых экспериментов была задана максимальная длина очереди транспортных средств, ожидающих выгрузки.

Блок «Количества\_одновременно\_разгружаемых\_автомобилей» позволяет задать максимальное количество автомобилей, которые могут быть одновременно обслужены исходя из планировки склада.

Затем идет развилка, вызванная тем, что перед началом разгрузки автомобилей, водитель должен предъявить сопроводительные документы на груз, и только после этого начнется выгрузка автомобиля. Если автомобиль находится в очереди больше времени, необходимого на эти операции, то считается, что они выполняются во время нахождения автомобиля в очереди, в противном случае эти операции выполняются до начала обработки автомобиля.

Затем идет сеть развилочек, которые позволяют «размножить» ту часть модели, которая отвечает за процесс выгрузки [8-10]. Это связано с тем, что в модели рассматривается семь категорий транспортных средств, каждая из которых имеет свою вместимость, измеряемую в количестве стандартных палет. Развилки позволяют задать процентное соотношение категорий транспортных средств, обслуживаемых на складе.

Далее идут блоки «Захват\_автопогрузчика», которые позволяют использовать имеющиеся средства механизации «Количество\_автопогрузчиков», число которых, в нашем случае, будет равно количеству мест для выгрузки автомобилей, обусловленные планировкой склада. Однако если есть задача промоделировать работу склада в условиях заданной вероятности выхода средств механизации из строя, то могут встречаться моменты времени в процессе моделирования, когда эти параметры будут отличаться.

Блок «Количество\_автопогрузчиков» в данном случае выступает в виде хранилища ресурсов, которые требуются для выгрузки очередного автомобиля. Эти ресурсы являются универсальными и не зависят от категории транспортных средств, т.е. могут одновременно выгружаться n автомобилей любой категории, но так, чтобы их суммарное количество в любой момент времени не превышало ни количества автомобилей одновременно выгружаемых, исходя из планировки склада, ни количества средств механизации.

Далее идут блоки, отвечающие за степень заполнения стеллажей на складе, «Занятие\_объема\_склада», которым соответствует блок «Максимальное\_количество\_палето\_мест», ведущий себя аналогично блоку «Количество\_автопогрузчиков». Если в процессе моделирования при заданных параметрах системы объем склада будет полностью заполнен, то моделирование завершается и делается вывод о невозможности освоения заданного грузопотока при заданных параметрах склада. Оператору имитационной модели при следующем эксперименте следует сделать одно из двух возможных действий:

1. Увеличить максимальный объем склада;

2. Сократить объем грузопотока путем:

- а) Увеличения интервалов между прибытием автомобилей (но тогда будут возникать межоперационные простои и не будет рассчитана максимальная перерабатывающая способность склада);

- б) Сократить количество палет в автомобиле (нельзя сделать если эти параметры заданы).

По мнению автора, наилучшим вариантом будет задание изначально завышенной емкости склада, и вывести на временной график динамику его фактического заполнения, пиковое значение которого и будет характеризовать максимальное использование перерабатывающей способности склада.

Далее идут блоки «Разгрузка\_категории\_транспортных\_средств», в каждом из которых задано фиксированное время обработки данной категории транспортных средств (можно задать также в виде некоего диапазона или закона распределения).

Блоки «Освобождение\_автопогрузчика», позволяют начать обработку следующего автомобиля, после которых идут блоки, ограничивающие логически ту часть модели, в которой может находиться ограниченное количество автомобилей, исходя из планировки склада.

Затем идет блок «Длительность\_нахождения\_груза\_на\_складе», который определяет длительность занятия палето-места. В данной модели работа склада моделируется на макроуровне и не учитывает его внутреннюю технологию, связанную с распределением палет на складе и движением по нему автопогрузчиков.

Блок «Отправление\_груза\_со\_склада» определяет момент времени освобождения палето-места, которое с этого момента может быть занято другим грузом.

Завершает модель блок, моделирующий удаление груза со склада.

Описанная модель позволяет проводить эксперименты и решать задачи различного уровня:

1. Оперативные – принятие на хранение дополнительного объема грузопотока;
2. Тактические – закупка дополнительного количества средств механизации;
3. Стратегического – увеличение полезного объема склада.

С помощью модели был проведен эксперимент со следующими исходными данными: 16 одновременно разгружаемых автомобилей: 6 мин на подготовительные операции; количество палет в автомобилях по категориям соответственно (1, 3, 4, 6, 12, 14 и 16), время оборота погрузчика (50 мин), доли транспортных средств по категориям соответственно (0,05; 0,05; 0,1; 0,1; 0,2; 0,2; 0,3) и максимальная вместимость склада (10229 палет).

Длительность нахождения палет на складе задается треугольным законом распределения  $\text{triangular}(10080, 57600, 14400)$ , согласно которому минимальное время нахождения палет на складе – 7 дней, максимальное – 40 дней, с среднее – 10 дней.

Результаты имитационного моделирования количества занятых палето-мест в течение трех месяцев (129.600 мин), в условиях пустого склада в момент начала моделирования, представлены на рис. 2.

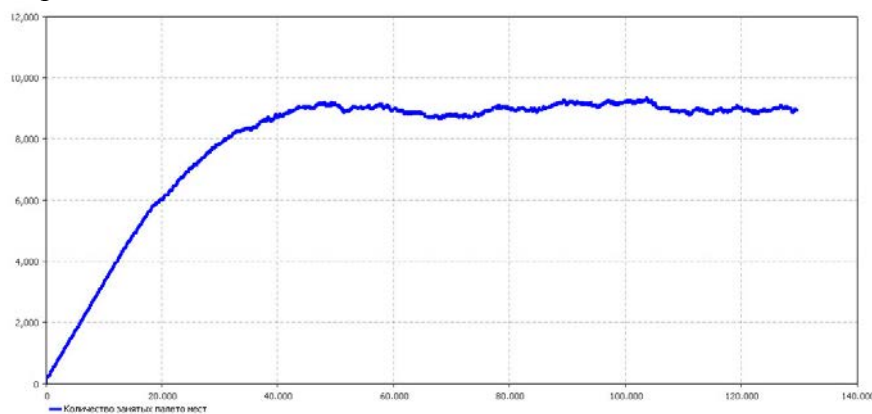


Рис. 2. Количества занятых палето-мест

Результаты моделирования демонстрируют достаточность перерабатывающей способности для освоения рассматриваемого грузопотока в условиях заданных параметров функционирования распределительного склада и рассматриваемого соотношения категорий транспортных средств.

Модель позволяет рассмотреть работу склада, при других процентных соотношениях рассматриваемых категорий транспортных средств, а также увеличить их количество, при несложной ее модификации. При наличии законов распределения интенсивности поступления транспортных средств, имитационная модель позволяет не только оценить максимальную перерабатывающую способность, но и достаточность инфраструктурных и технологических мероприятий по ее увеличению, в случае необходимости увеличения перерабатывающей способности распределительного склада.

С помощью имитационной модели можно рассчитать следующие основные показатели эффективности работы распределительного склада:

- Коэффициент загрузки каналов;
- Средняя длина очереди;
- Среднее время ожидания обслуживания;
- Вероятность ожидания обслуживания.

#### **Заключение.**

В статье представлена имитационной модели работы распределительного склада, которая позволяет оценить достаточность его перерабатывающей способности в условиях обслуживания семи категорий транспортных средств, предназначенная для визуализации, анализа и поиска устойчивых параметров функционирования системы.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Кокурин И.М., Тимченко В.С. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. Выпуск 1 (34). С. 15–22.
- 2 Тушин Н.А. Системная интеграция в транспортных процессах (теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации): автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2012. 43 с.
- 3 Башарина О.Ю. Методы и средства моделирования логистических складских комплексов с использованием высокопроизводительных вычислений: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2014. 121 с.
- 4 Тимченко В.С. Перспективы применения отечественного опыта расчёта железнодорожных станций, участков и транспортных узлов методом имитационного моделирования при развитии железнодорожной инфраструктуры Крымского полуострова // Интернет-журнал «Мир науки». 2014. №4. С. 17–25.
- 5 Белый О.В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. 2010. №4. С. 97–100.
- 6 Долматов М.А., Нисенбаум Р.С., Плотников А.М., Федотов Д.О. Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России // Национальное общество имитационного моделирования. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-64-69.pdf> (дата обращения: 24.01.2015 г.).
- 7 Борщев А.В. Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем // Имитационное моделирование: Теория и практика: сборник докладов шестой всероссийской научно-практической конференции. Т. 1. Казань: Издательство «ФЭН» Академии наук РТ, 2013, С. 21–34.
- 8 Тимченко В.С. Оценка перерабатывающей способности грузового фронта методом имитационного моделирования // Молодой ученый. 2015. №5. С. 189–192.
- 9 Галкина Ю.Е., Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка перерабатывающей способности грузового фронта методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. 2015. №1. С. 54–58.
- 10 Тимченко В.С. Расчет перерабатывающей способности грузового фронта, обслуживающего четыре категории транспортных средств, методом имитационного моделирования // Перспективы развития научных исследований в 21 веке. 2015. №7. С. 51–54.

УДК 656.2.08 : 681.325.5

© 2015 Н. В. Эрлих, В. О. Русаков

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОДНОПУТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ**

Рассмотрены основы теории пропуска тяжеловесных поездов и их влияние на провозную способность железнодорожных участков, а также приведен экономический эффект от организации тяжеловесного движения.

*Ключевые слова:* организация тяжеловесного движения, экономический эффект, участковая скорость, потребность в поездных локомотивах и локомотивных бригадах, время нахождения грузового поезда на участке.

Организация тяжеловесного движения помимо прироста провозной способности железнодорожных участков при минимальных инвестиционных вложениях характеризуется самостоятельной эффективностью независимо от степени загрузки линий. Так, при неизменном грузопотоке организация тяжеловесного движения приводит к сокращению общего числа грузовых поездов, пропускаемых по железнодорожным участкам, и, как следствие, к сниже-