

- 5 Методические рекомендации по расчету ущерба от транспортных происшествий и иных связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта событий в ОАО «РЖД» // Распоряжение ОАО «РЖД» № 681 р. М.: 2008.
- 6 Правила исчисления сроков доставки грузов железнодорожным транспортом // Приказ МПС России № 27 (в ред. приказов Министерства транспорта РФ № 196 от 2007 г., № 233 от 2009 г.). М.: 2003.
- 7 Устав железнодорожного транспорта // Федеральный закон Государственной Думы РФ № 18-ФЗ. М.: 2003.
- 8 Прейскурант № 10-01 «Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами» №1.
- 9 Samuel Arthur Some studies in machine learning using the game of checkers // IBM Journal (3): 210-229. Retrieved 2011-10-31.
- 10 Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. 2-е изд. Исправленное. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. 1104 с.

УДК 004.94

© 2015 Ю. Е. Галкина, К. Е. Ковалев, В. С. Тимченко

## ОЦЕНКА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУЗОВОГО ФРОНТА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Статья содержит описание разработанной имитационной модели работы грузового фронта и результаты оценки его максимальной перерабатывающей способности в условиях обслуживания четырех категорий транспортных средств.

*Ключевые слова:* транспортный комплекс, инфраструктура, имитационное моделирование, система массового обслуживания, грузовой фронт, пропускная и перерабатывающие способности.

**Введение.** Транспортный комплекс РФ работает в условиях ежегодного роста объемов грузовых перевозок и дефицита пропускных и провозных способностей, что вызывает необходимость больших объемов инвестиций в поэтапное развитие инфраструктуры [1-3].

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, позволяющих моделировать системы различных видов транспорта.

Это связано с тем что, в мировой практике, моделирование является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценки характеристик сложных систем, в то время как отечественная наука и практика по-прежнему в основном в качестве инструментов исследований использует аналитически-детерминированные или аналитически-вероятностные формулы.

Имитационная модель позволяет автоматически определить 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 [4].

Оценка пропускной способности транспортной инфраструктуры методом имитационного моделирования нашла свое применение на железнодорожном транспорте, в частности, для оценки пропускной способности железнодорожной линии Мга-Лужская, которая обслуживает морской торговый порт Усть-Луга, в условиях ее реконструкции с предоставлением большого количества «окон» в период до 2020 года [5-7], а также для рассмотрения частных случаев функционирования железнодорожного транспорта [8-10].

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

Объект исследования – грузовой фронт, на котором происходит обслуживание четырех различных категорий транспортных средств, время выгрузки которых соответственно составляет 22, 28, 34 и 40 мин.

Предметом исследования является оценка влияния процентного соотношения категорий транспортных средств, на максимальное количество транспортных средств, выгруженных на грузовом фронте в течение суток.

С целью сокращения количества проводимых экспериментов была задана максимальная длина очереди транспортных средств, ожидающих выгрузки, а интенсивность прибытия транспортных средств исключала возможность появления межоперационных простоев. Т.е. оценивалась максимальная перерабатывающая способность грузового фронта при заданных параметрах его технического оснащения и описанной технологии функционирования.

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, который позволил рассмотреть процесс выгрузки транспортных средств, с помощью имитационной модели, структура которой представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура имитационной модели работы грузового фронта при выгрузке четырех видов транспортных средств

В имитационной модели заявки (транспортные средства) генерируются с заданной вероятностью, после чего они поступают в очередь на обслуживание блока (Ожидание\_в\_очереди), которая имеет максимальную вместимость, равную пяти заявкам.

Затем идет блок, который отвечает за одновременное обслуживание в системе только одной заявки. После него расположены три развилки, параметры которых позволяют задать вероятности появления различных категорий транспортных средств.

Несмотря на то, что в рассматриваемой системе есть только один грузовой фронт, наличие четырех категорий транспортных средств с различным временем выгрузки, вызывает необходимость «размножить» количество грузовых фронтов в рамках имитационной модели, на каждом из которых будет обслуживаться своя категория транспортных средств, с длительностью выгрузки, заданной в блоке (Время\_выгрузки\_транспортного\_средства).

Затем следует блок, который позволяет начать выгрузку следующего транспортного средства на грузовом фронте, после выгрузки предыдущего. Завершают имитационную модель блоки, удаляющие транспортные средства из имитационной модели и одновременно ведущие подсчет их количества по категориям.

Было проведено пятнадцать экспериментов с имитационной моделью, вероятности появления категорий транспортных средств в течение суток показаны в табл. 1, а результаты экспериментов на рис. 2. Максимальное количество обслуженных транспортных средств при условиях первого эксперимента в 1,86 раза больше чем их минимальное количество в условиях четвертого эксперимента, что говорит о значительном влиянии процентного соотношения транспортных средств, обслуживаемых на терминале, на максимальное количество обслуженных транспортных средств.

Вероятности появления категорий транспортных средств в течение суток

| № п/п | Категории транспортных средств |     |     |     |
|-------|--------------------------------|-----|-----|-----|
|       | 1                              | 2   | 3   | 4   |
| 1     | 100                            | 0   | 0   | 0   |
| 2     | 0                              | 100 | 0   | 0   |
| 3     | 0                              | 0   | 100 | 0   |
| 4     | 0                              | 0   | 0   | 100 |
| 5     | 50                             | 50  | 0   | 0   |
| 6     | 50                             | 0   | 50  | 0   |
| 7     | 50                             | 0   | 0   | 50  |
| 8     | 0                              | 50  | 50  | 0   |
| 9     | 0                              | 50  | 0   | 50  |
| 10    | 0                              | 0   | 50  | 50  |
| 11    | 33                             | 33  | 33  | 0   |
| 12    | 33                             | 33  | 0   | 33  |
| 13    | 33                             | 0   | 33  | 33  |
| 14    | 0                              | 33  | 33  | 33  |
| 15    | 25                             | 25  | 25  | 25  |

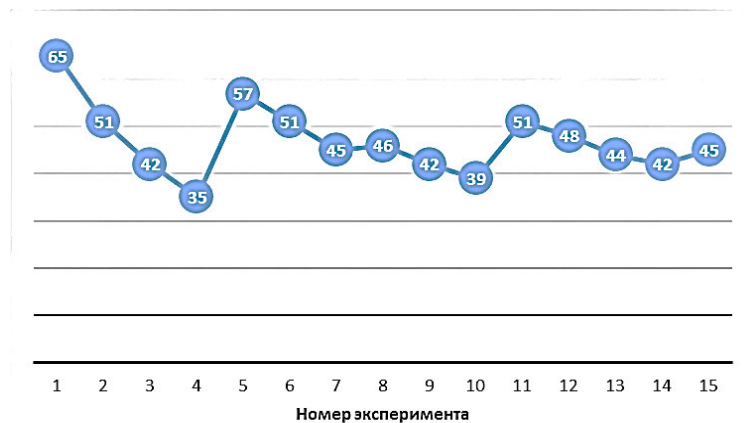


Рис. 2. Зависимость суммарного количества разгруженных транспортных средств от соотношения их категорий

Распределения длительностей нахождения транспортных средств в очереди на выгрузку и общего времени нахождения в системе, в условиях пятнадцатого эксперимента, показаны соответственно на рис. 3–4.

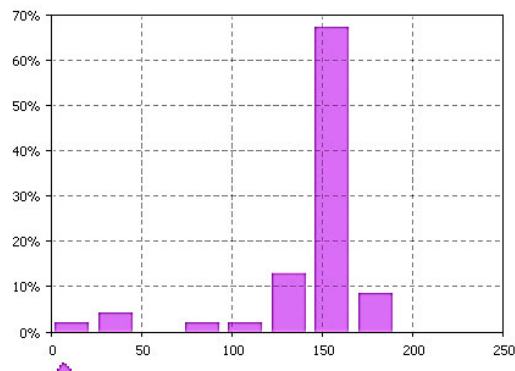


Рис. 3. Распределения длительностей нахождения транспортных средств в очереди на выгрузку

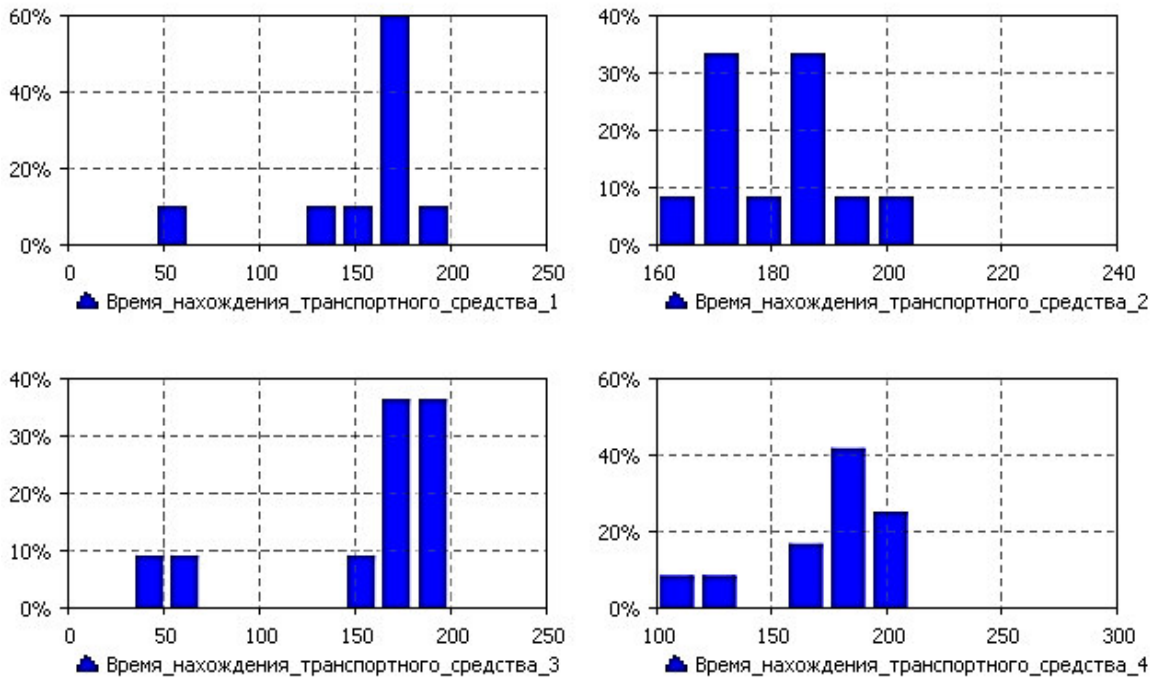


Рис. 4. Распределения общего времени нахождения транспортных средств в системе

Кроме того, модель позволяет рассмотреть работу выгрузочного фронта, в том числе и при большем количестве категорий транспортных средств, 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 грузового фронта.

С помощью имитационной модели можно рассчитать следующие основные показатели эффективности работы грузового фронта, которые могут быть рассчитаны при наличии статистической информации функционирования реального грузового фронта, с целью поиска путей оптимизации его функционирования:

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

**Заключение.** В статье представлена имитационной модели работы грузового фронта, которая позволяет оценить его перерабатывающую способность в условиях обслуживания четырех видов заявок, предназначенная для визуализации, анализа и поиска устойчивых параметров функционирования системы. Результаты проведенных на модели экспериментов демонстрируют, значительное влияние процентного соотношения категорий транспортных средств, обслуживаемых на терминале, на максимальное количество обслуженных транспортных средств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фундаментальные проблемы единого транспортного пространства Российской Федерации: монография / Барина Л.Д., Белый О.В., Забалканская Л.Э., Куватов В.И., Малыгин И.Г., Стариченков А.Л. СПб.: «Элмор», 2012. 116 с.
2. Белый О.В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. 2010. №4. С. 97–100.
3. Куватов В.И., Онов В.А., Шаталова Н.В. Пути совершенствования перевозок и повышения безопасности автотранспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 2. С. 96–109.

- 4 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: 19.09.2014).
- 5 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.
- 6 Тимченко В.С. Оценка перспективной пропускной способности участков железнодорожной сети с учетом предоставления «окон», на основе применения имитационного моделирования процессов перевозок // Молодой ученый. 2014. №2. С. 199–204.
- 7 Тимченко В.С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон // Транспорт Российской Федерации. 2013. №5 (48). С.34–37.
- 8 Галкина Ю.Е., Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Учет загруженности оперативного персонала при оценке пропускной способности железнодорожных направлений // Сборник материалов XXX Международной научно-практической конференции «Наука и современность – 2014». Новосибирск: ЦРНС, 2014. С. 131–136.
- 9 Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка мероприятий по развитию инфраструктуры в масштабе железнодорожных направлений с учетом загруженности оперативного персонала технических станций // Молодой ученый. 2014. №3. С. 298–302.
- 10 Тимченко В.С. Алгоритмы расчета графиков проведения ремонтных работ железнодорожного пути на перспективу // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. №3 (22) [Электронный ресурс]. М.: Науковедение, 2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/06TVN314.pdf>

УДК 656.211:658

© 2015 К. Е. Ковалев

## ВЛИЯНИЕ НЕСТАНДАРТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЗАГРУЖЕННОСТЬ ДЕЖУРНЫХ ПО СТАНЦИИ

Статья содержит описание метода позволяющего рассчитать оценку влияние нестандартных ситуаций на загруженность дежурного по железнодорожной станции.

*Ключевые слова:* технические станции, функции управления движением, алгоритмы решения задач управления, расчет загруженности оперативно-диспетчерского персонала, неравномерность загруженности оперативно-диспетчерского персонала.

**Введение.** Влияние нестандартных ситуаций не существенно учитывается при расчете загруженности дежурных по станциям в действующих методиках [1,2]. Нестандартные ситуации можно выделить в следующие группы: неисправности устройств сигнализации централизации и блокировки (СЦБ); неисправности пути; контактной сети; подвижного состава; работа в условиях предоставления «окон». При расчете загруженности целесообразно учитывать наиболее частые нестандартные ситуации.

Периодичность и содержание нестандартные ситуации имеет отражение в журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной, сети формы ДУ-46; поездных телефонограмм ДУ-47; диспетчерских распоряжений ДУ-58; книги для записи предупреждений выдаваемые на поезда ДУ-60.

В результате анализа записей в журнале ДУ-46 были выявлены наиболее частые нестандартные ситуации неисправностей устройств СЦБ:

1. Неисправность централизованных стрелок;
  2. Ручное управление централизованными стрелками;
  3. Неисправность автоматической блокировки;
  4. Прием поездов при ложной занятости приемо-отправочного пути;
  5. Ложная занятость стрелочного изолированного участка;
  6. Прием или отправление поезда при ложной свободности пути;
  7. Взрез стрелки;
  8. Прием-отправление поезда при неисправности светофора;
  9. Прием-отправление поезда при выключении стрелок их электрической централизации
- 9.1. Без сохранения пользования сигналами;