



ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПАРКА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В.В. Девятков (Институт информатики АН РТ)

Описываются имитационные исследования транспортной системы агропромышленного парка РТ на предмет анализа достаточности и устойчивости его инфраструктуры в период пиковых нагрузок. Выявлены «узкие места» процессов транспортного обслуживания, выработаны и обоснованы рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: имитационные исследования, транспортные системы, логистика, имитационное приложение, расширенный редактор GPSS World.

Введение

Агропромышленный парк Республики Татарстан — это комплекс объектов недвижимости, направленных на развитие малого и среднего предпринимательства в области сельского хозяйства. Основная цель создания парка — организация торговли продукцией фермеров и других сельхозпроизводителей РТ без участия посредников. Во второй половине 2012 г. парк был сдан в эксплуатацию.

Основные функции парка:

- складирование и первичная переработка сельскохозяйственной продукции, поступающей из фермерских хозяйств РТ;
- организация сбыта этой продукции крупным торговым компаниям;
- розничная продажа продукции в павильонах парка;
- проведение ярмарок выходного дня для непосредственной продажи с машин своей продукции фермерами и другими сельхозпроизводителями РТ.

В конце 2011 г. Агентством инвестиционного развития РТ было поручено провести оперативную экспертизу транспортной системы парка при самых различных сценариях функционирования, выявить возможные проблемные ситуации и выработать рекомендации по их устранению. На построение имитационной модели и проведение исследования отводилось ≤ 1 мес.

Цель имитационного исследования — всесторонняя количественная и качественная оценка процессов прохождения всех входящих/выходящих транспортных потоков через парк и окружающие его территории и выработка рекомендаций по их оптимизации. Для решения задачи была использована технология создания массовых имитационных приложений средствами системы «Расширенный редактор GPSS World» [1].

Для достижения этой цели необходимо было обеспечить решение следующих задач:

1) разработка имитационной модели, позволяющей обеспечить детальный системный анализ внешней транспортной логистики парка;

2) создание программного инструмента — имитационного приложения, включающего модель, диалоги ввода исходных данных и различных сценариев функционирования парка, средства оперативного анализа результатов моделирования. Имитационное приложение должно «разговаривать» на языке близком к предметной области;

3) проведение первоначального исследования объекта на основании предоставленных заказчиком данных по планировочным решениям, а также с использованием предполагаемых администрацией парка технологий въезда/выезда транспорта и ветеринарного контроля ввозимой продукции;

4) формулирование выводов об уровне имеющихся логистических решений и рекомендаций по их улучшению.

Имитационная модель и приложение

Для проведения имитационного исследования были использованы:

1) новая методология проведения имитационных исследований;

2) программные компоненты расширенного редактора GPSS World, позволяющие создать систему автоматизации имитационных исследований (САИИ) для анализа транспортной логистики;

3) моделирующее ядро — общецелевая система имитационного моделирования GPSS World.

В результате была создана имитационная модель на GPSS World, а на ее основе программный продукт — САИИ в форме имитационного приложения, позволяющее проводить полноценное имитационное исследование прохождения автотранспорта через парк. Имитационное приложение имеет интерфейс по вводу данных и анализу результатов, ориентированный на решение задач транспортной логистики парка.

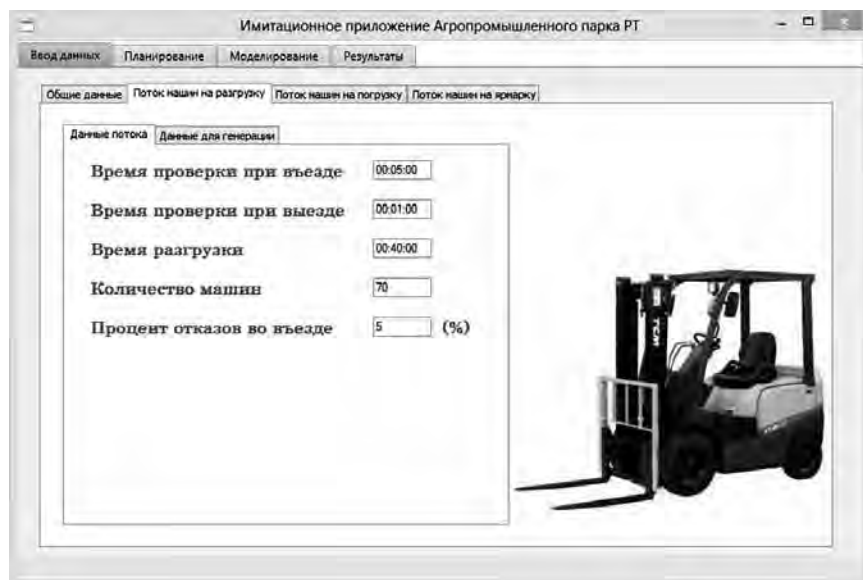


Рис. 1. Параметры технологии обслуживания потока машин

Пример одной из диалоговых форм ввода исходных данных для обслуживания потоков машин, прибывающих в парк на разгрузку, приведен на рис. 1.

Как видно из рисунка, исследователь может варьировать в процессе проведения экспериментов; время проверки при въезде; время проверки на выезде; время разгрузки; число машин; процент отказа при въезде.

Было создано четыре формы ввода данных о моделируемой системе: общие данные о транспортной схеме и технологии обслуживания машин, данные о потоках машин, прибывающих на погрузку, разгрузку и ярмарку выходного дня. На каждой из форм возможно управление интенсивностью и расписанием прибытия машин данного типа.

Кроме организации ввода данных в модель, имитационное приложение позволяет также управлять процессом планирования и проведения экспериментов с моделью.

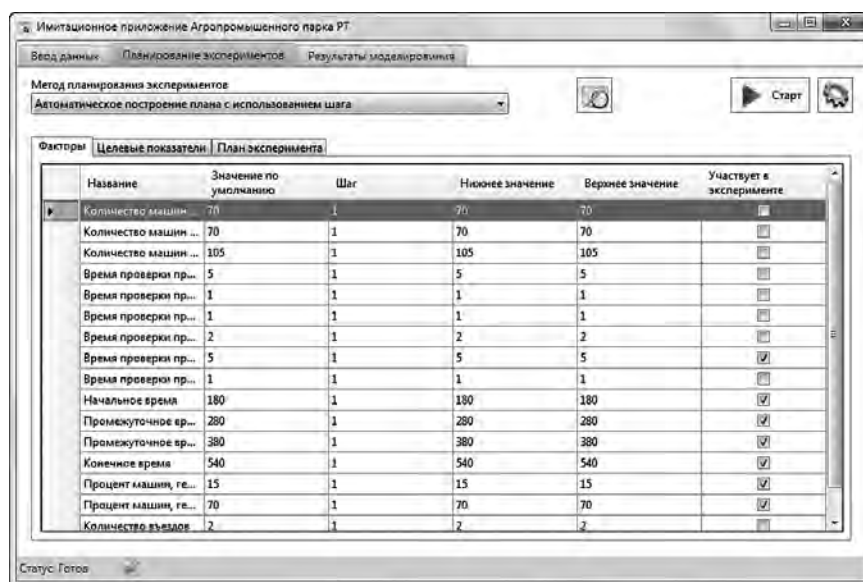


Рис. 2. Формирование плана серии экспериментов

Когда все данные о потоках и технологии их обслуживания введены, можно считать, что значения варьируемых параметров для эксперимента с моделью заданы и для проведения экспериментов модель готова. На этом этапе исследователь проводит серию экспериментов. Для удобства исследователя в рамках расширенного редактора и в соответствии с новой методологией процесса проведения имитационных исследований при создании приложения проведена работа по разработке языка ввода и планирования экспериментов.

Работа с созданной подсистемой планирования экспериментов носит итеративный характер. Планируется один эксперимент или сразу несколько экспериментов (серия),

а затем осуществляется их реализация. В каждой итерации при работе с подсистемой пользователь должен определиться, проводится ли одиночный эксперимент или серия экспериментов. И так до тех пор, пока исследователь не решит, что все эксперименты завершены.

В случае одиночного эксперимента исследователь осуществляет минимальный набор действий, используя доступные в окне подсистемы планирования команды:

- выбирает в качестве метода одиночный эксперимент;
- запускает эксперимент.

В случае проведения серии экспериментов необходимо большее количество действий:

- выбор в качестве метода одного из возможных алгоритмов планирования экспериментов (автоматический с шагом или ручной);

• выбор одного или нескольких варьируемых параметров системы и включение их в качестве факторов в серии экспериментов. Результат — список факторов для текущей серии экспериментов;

• определение основных показателей системы, которые будут вычисляться после проведения каждого эксперимента, и по результатам серии будет строиться их графическая зависимость от значений комбинаций факторов;

• планирование серии экспериментов. В этом действии исследователь задает шаг изменения факторов или вводит конечное фиксированное множество значений этих факторов. Результат — план экспериментов,

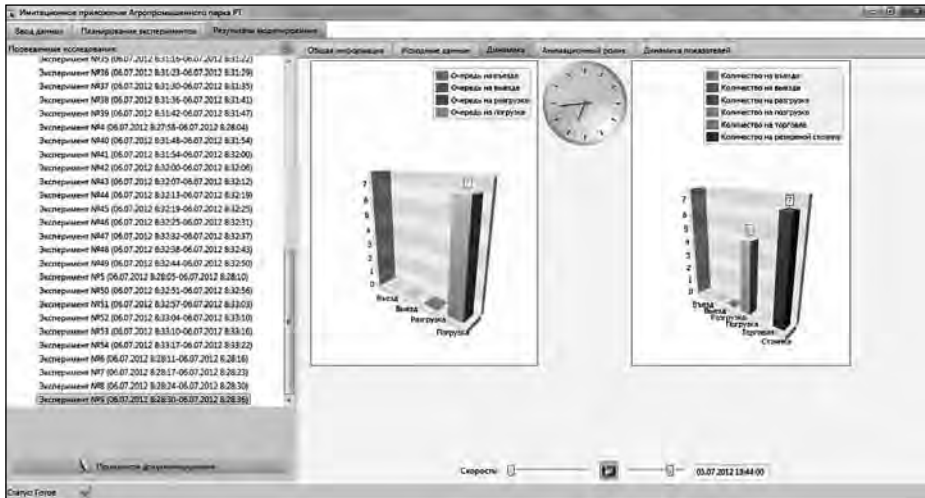


Рис. 3. Фрагмент ролика «Визуализация эксперимента» в результатах эксперимента

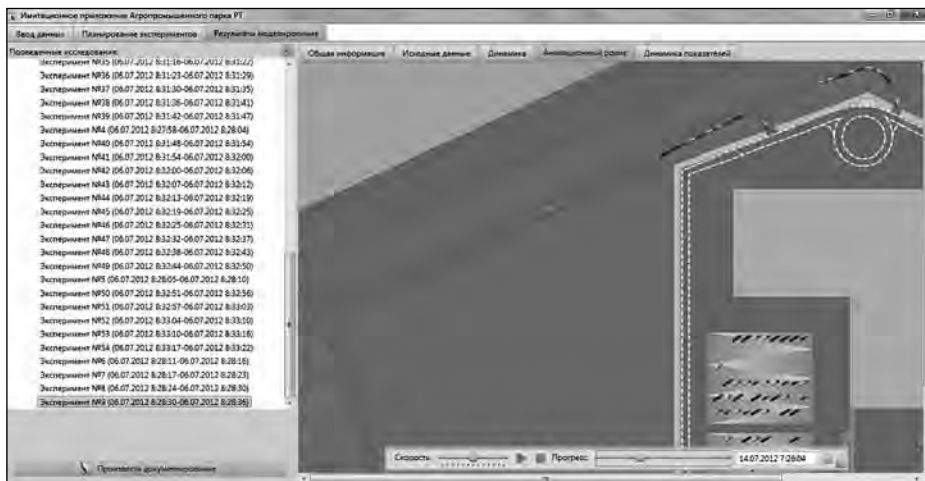


Рис. 4. Фрагмент анимации в результатах эксперимента

некоторое множество вариантов последовательного изменения факторов в серии экспериментов;

- запуск серии экспериментов.

Пример одной из форм диалога исследователя с подсистемой планирования показан на рис. 2.

В целом в данном приложении разработчиком определено достаточно большое число варьируемых параме-

тров (44) и вычисляемых показателей системы (16) в рамках одного эксперимента. Поэтому исследователь может спланировать серию экспериментов самым разным способом. Можно в каждом эксперименте серии менять все множество параметров и анализировать все возможные показатели, система это позволяет. Но тогда будет очень сложно уловить зависимость получаемых результатов от изменяемых факторов. Будет утеряна логика исследования и оно окажется бессмысленным.

Самый простой подход — это зафиксировать все параметры и в качестве фактора в серии брать один, наиболее важный для нас параметр. Тогда просто нужно определить интервал изменения этого фактора и выбрать из этого интервала ряд значений.

В результате исполнения серии экспериментов будет построена зависимость изменения всех показателей системы от значения варьируемого фактора. Но в реальном исследовании все сложнее. Необходимо найти зависимости от большего, чем один фактор. Поэтому выбор направленности вариаций полностью зависит от исследователя, его опыта и знания системы.

Анализ результатов исследования

После завершения серии экспериментов исследователь приступает к анализу результатов.

Результаты одиночного эксперимента содержат следующие разделы: общая информация о модели (имя модели, время начала и завершения моделирования, единица модельного времени); исходные данные эксперимента; визуализация динамики хода эксперимента; анализ динамики изменения показателей в процессе эксперимента.

Примеры вывода и описание некоторых наиболее интересных разделов результатов приведены ниже.

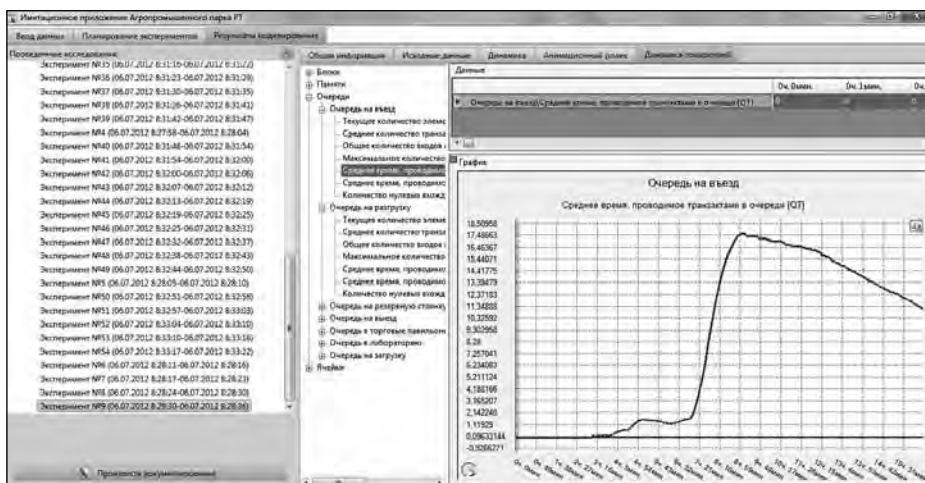


Рис. 5. Пример графического вывода средней длины очереди перед

В разделе «Визуализация динамики хода эксперимента» можно наблюдать за динамикой изменения показателей в виде гистограмм и графиков (рис. 3).

Анимационный ролик эксперимента «оживляет» движение автомобилей в парке в форме 2D анимации. Такое представление позволяет визуализировать возникающие очереди автомобилей, наблюдать за направлением и порядком их проезда и т. д. (рис. 4). Пользователь может управлять просмотром анимации — остановить, перемотать, изменить масштаб времени (ускорить или замедлить), остановить в произвольный момент, остановить в нужной точке (по времени) и т. д.

Пример вывода раздела «Динамика изменений» показан на рис. 5.

Вывод результатов серии экспериментов отличается от вывода результатов одиночного эксперимента. Это связано с тем, что серия экспериментов предназначена для анализа не одного, а нескольких экспериментов. Поэтому в результатах серии все направлено на отражение зависимостей показателей системы от факторов. Объем полученных результатов пропорционален числу выбранных для анализа исследователем факторов и показателей. Структурно результаты серии экспериментов состоят из трех разделов: «Описание серии экспериментов», «Таблица с результатами серии экспериментов», «Графики серии экспериментов». Пример вывода графической зависимости изменения максимальной длины очереди на въезд в серии показан на рис. 6.

Таким образом, приложение предоставляет исследователю огромный массив результатов эксперимента, которые помогают ему лучше интерпретировать результаты и определять направление дальнейшего исследования — продолжать эксперименты (и в каком направлении) или завершать исследование. После анализа результатов одиночного эксперимента или серии экспериментов исследователь может сохранить нужные результаты в БД результатов.

Основные результаты, выводы и рекомендации

С помощью созданного приложения было проведено всестороннее исследование работы парка при различных вариантах исходных данных. Основным направлением исследования была оценка функционирования транспортной системы парка в дни проведения ярмарок выходного дня. Это наиболее напряженные дни, когда одновременно прибывает и убывает множество большегрузных автомобилей с продукцией фермерских хозяйств, и высока вероятность возникновения очередей при въезде и выезде из парка.

Для снятия напряжения в утренние часы перед началом работы ярмарки в исследованиях не планировалось прибытие машин на разгрузку/погрузку. Это время отводилось только для прибытия и заезда машин ярмарки выходного дня. Но, как показали исследования, этот фактор не оказывает серьезного влияния на основные показатели работы парка.

В проведенных исследованиях вычисляются следующие основные показатели работы системы:

- факт исполнения требований к расписанию прибытия автомобилей на ярмарку (вхождение в интервал прибытия, въезд до начала ярмарки всех машин);
- характеристики возникающих очередей ко всем воротам и складам (средняя длина, максимальная длина, среднее время в очереди и т. д.);
- характеристики обслуживающих приборов (достаточность ворот для въезда/выезда, достаточность ветеринарных лабораторий).

В силу ряда объективных обстоятельств (степени готовности объекта, отсутствия способов решения, имеющейся городской транспортной инфраструктуры, объемов и сроков заключенного договора) ряд перспективных направлений исследования не рассматривался. Например, ввод дополнительных стоянок за территорией парка, изменение направлений подъездов к парку, использование дополнительных перехватывающих парковок перед городом, создание дополнительных складов в районах РТ и т. д.

В качестве основных направлений исследования функционирования парка были выбраны:

- разработка подходящего расписания прибытия потока на ярмарку выходного дня;
- анализ времени, затраченного на контроль на въезде, ветеринарный контроль, контроль на выезде;
- оценка числа и алгоритмов использования въездных/выездных ворот, ветеринарных лабораторий.

Для уменьшения числа возможных экспериментов были проведены предварительные аналитические расчеты пропускной способности ворот парка при иде-

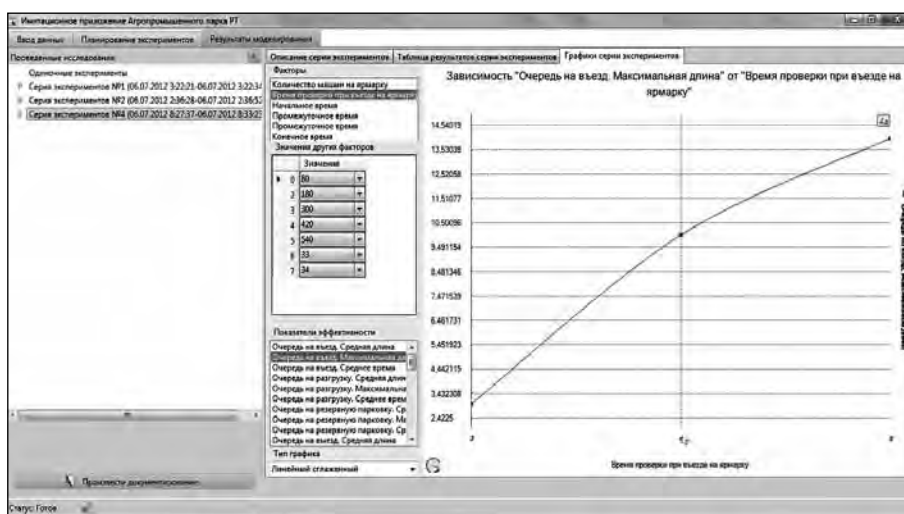


Рис. 6. Пример вывода графика в серии экспериментов

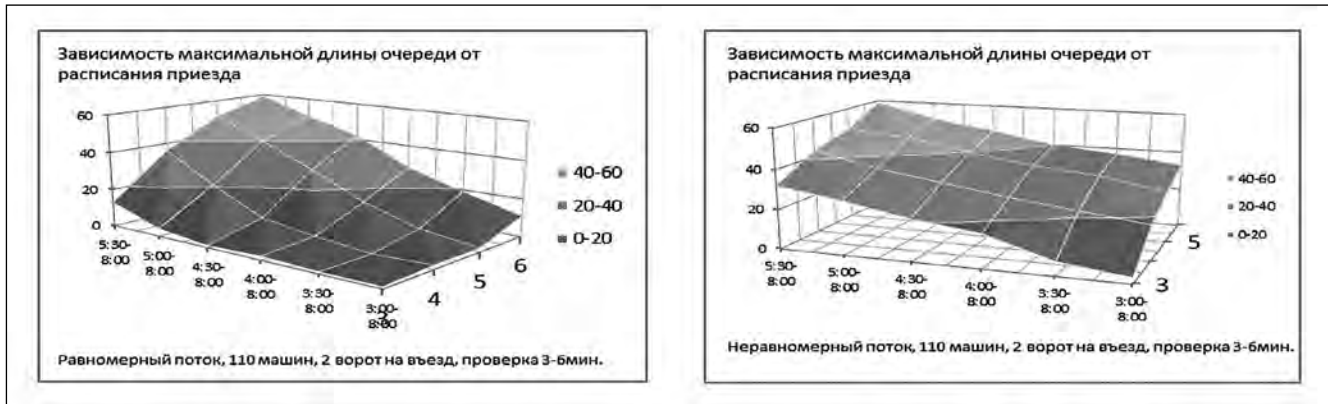


Рис. 7. Зависимость максимальной длины очереди от равномерности прибытия

альном расписании — полностью равномерном потоке прибытия. Основным результатом приведенных выше расчетов стал выбор допустимого для дальнейшего детального исследования интервала прибытия машин в период 3...8 часов утра. Также по результатам аналитических расчетов было принято решение рассматривать в имитационных экспериментах жесткий сценарий контроля машин при въезде — с 5-минутным временем обслуживания на воротах.

Было проведено 80 экспериментов. Результаты всех экспериментов сохранялись в БД результатов, обобщались и обрабатывались. На рис. 7 приведена графическая зависимость максимальной длины очереди на въезд при равномерном и неравномерном расписании прибытия автомобилей.

Заключение

Использование новой методологии имитационных исследований и расширенного редактора GPSS World показали их высокую эффективность. В результате в течение 1 мес. удалось создать имитационное приложение и провести полноценное исследование. В целом по результатам проведенного исследования были сделаны следующие основные выводы и рекомендации.

1. Узким местом в функционировании парка, с точки зрения логистики, являются дни проведения ярмарок выходного дня. Загрузка транспортной инфраструктуры парка повышается в эти дни в разы — могут возникать очереди при въезде до 40 машин и выезде до 70 машин, почти на 100% загружены все службы контроля при въезде и выезде.

2. Требуется разработка и жесткое исполнение плана-графика прибытия автотранспорта на ярмарку выходного дня. В случае равномерного прибытия машин интервал между ними может составлять 3 мин. Неравномерность прибытия увеличивает максимальную длину очереди на 113,41%, а интервал времени между машинами уменьшается до 1 мин. 43 с.

*Девятков Владимир Васильевич — канд. техн. наук, зам. директора института информатики АН РТ.
Контактный телефон (843) 292-38-67.
E-mail: Vladimir@elina-computer.ru*

3. Парковка перед въездом на 20...28 машин (в зависимости от типа машин) в целом достаточна. Но это при условии соблюдения интервала прибытия между автомобилями в 1 мин. 43 сек. При этом будет обеспечена загрузка стоянки на 90%. Предлагается использовать для парковки обочину дороги до городской магистрали, что позволит разместиться для ожидания еще 28 автомобилям.

4. Желательно использовать все ворота (по генеральному плану они разделяются на въездные/выездные) в момент заезда/выезда автомобилей ярмарки выходного дня. Это даст, в частности, уменьшение максимальной длины очереди при въезде на 52,6% и сокращение среднего времени пребывания в очереди на 48,96%.

5. Для минимизации очереди при въезде важно добиться снижения времени контроля при въезде от 5 мин. до 3 мин. Например, при значении времени контроля ≥ 6 мин работа парка в данной конфигурации невозможна.

6. Минимизация времени контроля при выезде и использование всех трех ворот позволит выехать всем автомобилям с ярмарки за 70...75 мин.

7. Для планирования успешной работы парка на долгосрочную перспективу необходимо обеспечить дополнительные варианты регулирования расписания прибытия автомобилей. Например, строительство дополнительных парковок вокруг города с возможностью организации ночевки и быта водителей. Или строительство в наиболее активных зонах региональных складов парка. Или, в крайнем случае, начинать заезд автомобилей с вечера.

Список литературы

1. Власов С.А., Девятков В.В., Кобелев Н.Б. Методология, технология и принципы программной реализации имитационных приложений // Сб. докладов III всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование, теория и практика». Т. 1. СПб: ФГУП ЦНИИТС, 2007. С.17-26.
2. Руководство пользователя по GPSS World. Казань: Мастер Лайн. 2002. 384 с.