

**ИМИТАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕМПИОНАТА МИРА ПО РАБОЧИМ ПРОФЕССИЯМ WORLDSKILLS-2019**

**В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов, М.М. Назмеев (Казань)**

Использование значительного количества транспортных средств, массовые потоки посетителей в пиковые периоды, не согласованность (а иногда и отсутствие) расписаний и ряд других случайных и хаотических факторов приводят к большим логистическим проблемам при проведении конгрессов, выставок, форумов и других крупных мероприятий. Очень показательными в этом плане являются транспортные проблемы проведения ежегодного авиационного салона МАКС в г. Жуковский – несогласованность расписаний электричек с моментами прибытия и убытия посетителей, загруженность ближайших к месту проведения мероприятия автомобильных дорог, не оптимизированная транспортная схема въезда-выезда на территорию, отсутствие мер по синхронизации пешеходных потоков и т.д. Все это приводит к значительным репутационным издержкам организаторов и потерям времени посетителей.

Одним из основных методов снижения этих издержек является тщательное предварительное исследование всех аспектов организации мероприятия и его транспортной схемы на имитационной модели (ИМ). Опыт имитационных исследований систем подобного типа и масштаба с использованием ИМ [1], подтверждает необходимость таких мер. Например, нами было проведено моделирование транспортной системы Универсиады-2013 года [2] и чемпионата мира по водным видам спорта в Казани. Все эти исследования проводились до проведения соревнований, что позволило составить детальный мастер-план и избежать множества накладок, логических ошибок и недоразумений.

Используя имитационную модель, организаторы могут заранее, до начала мероприятия «проиграть» различные, в том числе и форс-мажорные сценарии: по организации транспортной схемы, по возможной интенсивности потоков посетителей, для проверки альтернативных маршрутов транспорта и посетителей, выбора наиболее подходящие расписания событий и активностей на мероприятии. В первую очередь при разработке модели выделяются потенциальные потоки посетителей, определяются статистические характеристики, их интенсивности в течение дня и по дням проведения мероприятия. Затем прорабатываются логистические аспекты доставки посетителей и участников (маршруты, виды транспорта, расписание движения и др.). И только потом создаются модель и имитационное приложение, с помощью которого проводится исследование транспортно-логистической системы мероприятия.

Именно таким образом и было проведено исследование транспортной системы и инфраструктуры, использованной при проведении чемпионата мира по рабочим профессиям WorldSkills в августе 2013 года в Казани.

Описание задачи и разработка приложения

Суть транспортной системы чемпионата состояла в следующем. На территорию Экспоцентра (около Казанского аэропорта им Г. Тукая), где проводился чемпионат, необходимо было ежедневно с утра и в течение дня доставить из Казани (а затем отправить обратно) несколько тысяч участников и более двадцати тысяч зрителей. В качестве транспортных средств (далее ТС) использовались автобусы-шатлы, легковые автомобили и аэроэкспресс. Кроме этого необходимо было упорядочить (в виде заранее продуманных маршрутов) потоки посетителей внутри Экспоцентра.

Перед нами, дирекцией АНО «Спортивных и социальных проектов», были поставлены следующие три группы основных задач, которые должна была решать имитационная модель:

- Снижение транспортно-логистических издержек (минимизация времени доставки посетителей, снижение количества используемых ТС, исключение возможностей возникновения пробок при подъезде и внутри территории выставочного комплекса, обеспечение необходимого объема парковочного пространства и т.д.)

### Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

- Планирование пешеходных потоков по всей территории проведения мероприятия. Например, с целью уменьшения временных затрат на стояние в очередях за счет продуманной схемы размещения стендов, маршрутов организованных посетителей, создания правил и направлений осмотра, оценка достаточности пропускных способностей входов и выходов в помещения Экспоцентра.
- Проверка возможности - в минимальные сроки и в полном объеме эвакуации посетителей и ТС, в случае возникновения аварийных ситуаций с территории выставочного центра.

В качестве исходных данных были предоставлены: предварительный мастер-план проведения чемпионата, замеры интенсивности существующих транспортных потоков в районе проведения мероприятия, возможные варианты и объемы парковок, варианты расписания ТС по дням, расписание движения аэроэкспрессов и т.д.

В результате проведенной разработки, для решения данной задачи было создано имитационное приложение в среде GPSS Studio[3].

В результате анализа система была разбита на типовые элементы – места отправки посетителей, участки дорог, доставка аэроэкспрессом, пункты досмотра, парковочное пространство, сопровождение ГИБДД, типы ТС, расписание их движения, алгоритмы принятия решений. По результатам анализа из типовых элементарных блоков (ТЭБ) была сконструирована графическая структурная схема модели. На рис. 1 приведен пример одного из уровней графической структурной схемы исследуемой системы.

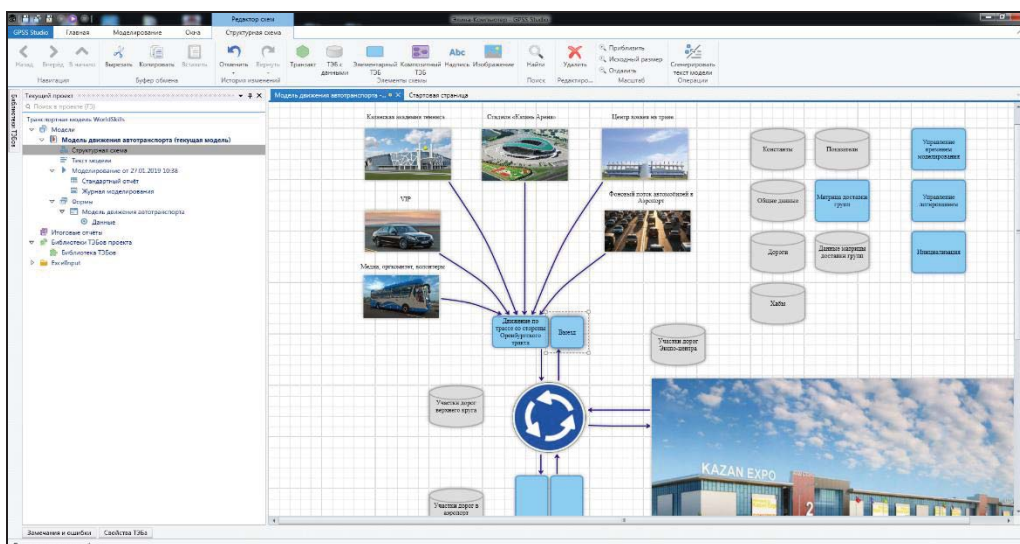


Рис. 1 – Пример структурной схемы модели.

Структурная схема представляет собой иерархию уровней, любой оконечный элемент (ТЭБ) которой имеет логику в виде отдельной GPSS модели. По результатам создания структурной схемы и моделей ТЭБ была автоматически сгенерирована, а затем и отлажена единая модель транспортной системы чемпионата.

На основе отлаженной модели было создано имитационное приложение позволяющее ввод данных в модель как вручную, с помощью ряда специализированных вкладок, так и из заранее подготовленных Excel файлов. Примеры интерфейса ввода данных в модель приведены на рис. 2 и 3.

### Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

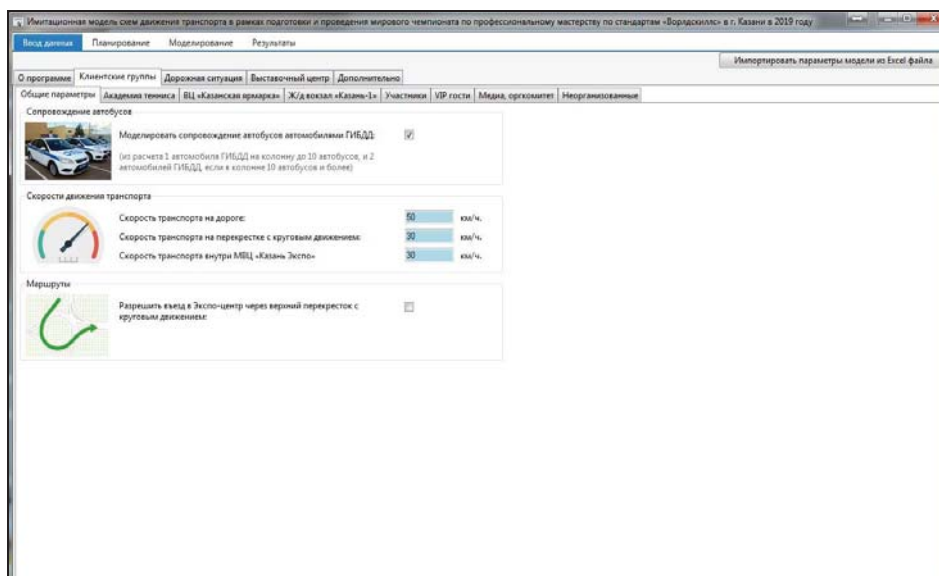


Рис. 2 – Пример ввода исходных данных в модель через диалоговый интерфейс.

Имитационная модель схем движения транспорта в рамках подготовки и проведения мирового чемпионата по профессиональному мастерству по стандартам «Фордсвиллс» в г. Казани в 2019 году									
Расписание и параметры движения автобусов					Расписание и параметры движения поездов с ж/д вокзала и обратно				
Общие параметры									
Моделировать сопровождение автобусов (1 - да, 0 - нет):	1	Отправление с ж/д вокзала	08:05:00	Прибытие в Казань Экспо	08:38:00	Железнодорожный вокзал «Казань-1»	0	Отправление из Казань Экспо	11:30:00
Скорость транспорта на дороге:	50	Начало временного промежутка по отправке посетителей:	09:00:00	Прибытие в Казань Экспо	09:20:00	Количество человек	500	Отправление на ж/д вокзал	12:00:00
Скорость транспорта на перекрестке:	30	Интервал между автобусами, мин:	10	Начало временного промежутка по отправке посетителей:	13:15:00	Прибытие в Казань Экспо	13:35:00	Количество человек	500
Скорость транспорта внутри МВЦ «Казань Экспо»:	30	Время до объекта МВЦ «Казань Экспо» (среднее время), мин:	25	Интервал между автобусами, мин:	14:45:00	Прибытие в Казань Экспо	15:15:00	Количество человек	500
Разрешить въезд в Экспо-центр через верхний перекресток:	0	Время до объекта МВЦ «Казань Экспо» (отклонение), мин:	0	Время высадки из поезда и сбора групп на платформе, мин:	15:35:00	Прибытие в Казань Экспо	15:56:00	Количество человек	500
УСК «Казанская академия тенниса»									
Начало временного промежутка по отправке посетителей:	09:25:00	Время досмотра автобуса при въезде (среднее время), мин:	2	Параметры движения групп по платформе					
Конiec временного промежутка по отправке посетителей:	13:25:00	Время досмотра автобуса при въезде (отклонение), мин:	0	Время высадки из поезда и сбора групп на платформе, мин:	5				
Интервал между автобусами, мин:	10	Время, отводимое на посадку или высадку (среднее время), мин:	5	Время ожидания групп при последовательном движении по платформе, сек:	10				
Время до объекта МВЦ «Казань Экспо» (среднее время), мин:	0	Время, отводимое на посадку или высадку (отклонение), мин:	0						
Время до объекта МВЦ «Казань Экспо» (отклонение), мин:	0	Время, отводимое на посадку или высадку (отклонение), мин:	0						
Время досмотра автобуса при въезде (среднее время), мин:	2	Количество одновременно отказывающихся автобусов:	2						
Время досмотра автобуса при въезде (отклонение), мин:	0	Количество доступных автобусов:	10000						
Время, отводимое на посадку или высадку (среднее время), мин:	5	Железнодорожная платформа							
Время, отводимое на посадку или высадку (отклонение), мин:	0	Начало временного промежутка по отправке посетителей:	09:15:00						
Количество одновременно отказывающихся автобусов:	2	Конiec временного промежутка по отправке посетителей:	13:15:00						
Количество доступных автобусов:	10000	Интервал между автобусами, мин:	15						
Участники									

Рис. 3 – Пример Excel файла для автоматического ввода данных в модель.

Все результаты моделирования еще до создания имитационного приложения были приведены к формам, которые максимально соответствовали тому виду, который был необходим Заказчику. На рис. 4 и 5 показаны примеры вывода и результаты экспериментов с моделью в виде: графика динамики изменения одного из показателей и анимационного ролика движения транспортных средств по территории мероприятия. Пользователь пошагово (с возможностью отката назад) может отследить правильность работы модели и эффективность транспортной схемы.

### Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования



Рис.4 – Анимационный ролик движения ТС около и на территории Экспоцентра.

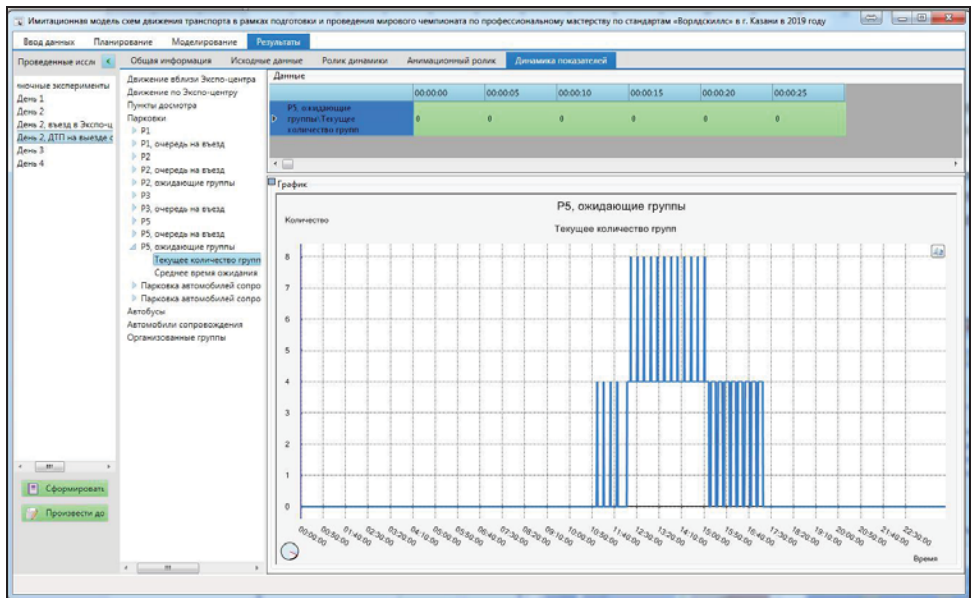


Рис. 5 – Количество ТС, ожидающих группы на парковке P5.

Как уже говорилось, кроме движения ТС в модели были исследованы и потоки посетителей. На рис. 6 приведены примеры результатов экспериментов с моделью в части анализа и оптимизации пешеходных потоков.

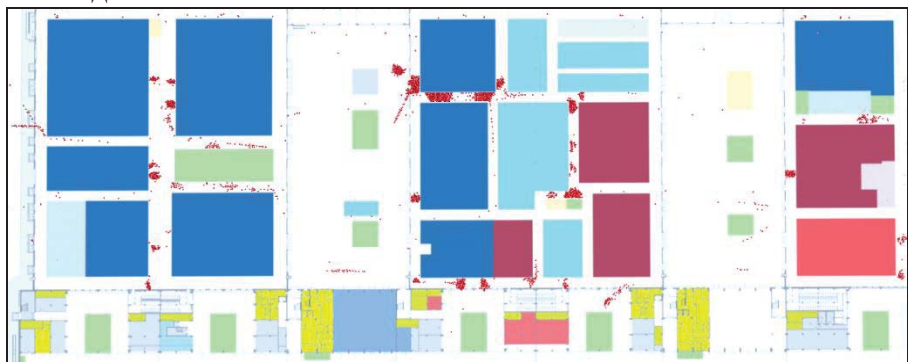


Рис. 6 – Анимация пешеходных потоков

### **Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования**

---

#### Заключение

В результате использования Заказчиком приложения было проведено реальное имитационное исследование и получены следующие основные результаты:

- Определены основные варианты организации маршрутов ТС, транспортной схемы, парковочного пространства.
- Исследована эффективность предложенных Заказчиком алгоритмов управления движением и выбраны те, которые исключают возникновение затруднений и обеспечивают исполнение расписаний.
- Проверена достаточность наличия транспортных средств в часы пиковых нагрузок. Рекомендованы цифры по использованию количества ТС в разные периоды времени.
- Проанализирована комфортность прохождения посетителей по территории мероприятия в различных вариациях маршрутов посещения. К исполнению были рекомендованы выбранные на модели маршруты.

Статистика проведения чемпионата подтвердила высокую точность оценок, полученных в процессе имитационного исследования. Расхождение реальных нагрузок на транспортную схему и Экспоцентр и результатов, полученных в модели, не превысило 10-15 %.

#### Литература

1. Девятков, В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография / В.В. Девятков – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2013. – 448 с.
2. Девятков В.В., Галиахметов А.А., Девятков Т.В., Назмеев М.М. Имитационные исследования транспортной логистики Универсиады 2013 в Казани / Материалы шестой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2013. – Казань: Изд-во ФЭН Академии наук РТ, 2013. – Том 2. – С. 84-89.
3. Имитационные исследования в среде моделирования GPSSSTUDIO: учеб. Пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов; под общ. ред. В.В. Девяткова. — М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. — 283 с.