

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ПассаЖИРОВ ОТ ПАРКИНГА ДО ТЕРМИНАЛА АЭРОПОРТА НА ОСНОВЕ АГЕНТНОГО ПОДХОДА

А.С. Свистунова, Д.С. Хасанов, Д.М. Кравец (Санкт-Петербург)

В разрабатываемой модели присутствует два типа агента: пассажир отправления и автобус-шаттл, курсирующий от паркинга Р4 до аэровокзала. В основе разметки моделируемого пространства использованы четыре ключевых элемента: паркинг, дорожная сеть, пешеходный маршрут и терминал аэропорта (рис. 1)

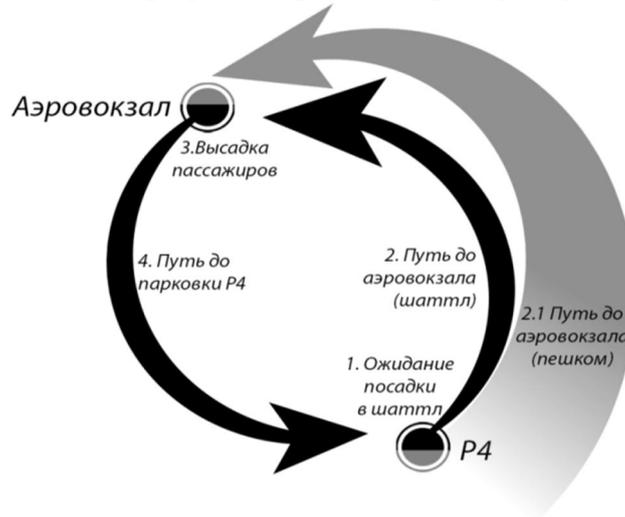


Рис. 1. Модель процесса доставки пассажиров от паркинга до аэровокзала

Паркинг и терминал являются крайними точками между соединяющей их дорожной сетью. Сама дорожная сеть построена в соответствии с её фактическими особенностями.

Аэровокзал Пулково в модели реализован абстрактно и рассматривается как конечный пункт маршрута доставки пассажиров. Паркинг Р4, находящийся в 1,5 км езды от терминала аэропорта Пулково с прилегающей к нему территорией остановки автобуса-шаттла, вмещает в себя 1050 автомобилей, соответственно в модели используется 1050 аттракторов (рис. 2). Каждый из автомобилей занимает свободный аттрактор.

Основной акцент моделирования сделан на исследование процесса доставки пассажиров по представленному маршруту. Таким образом, парковка Р4 и аэровокзал являются двумя крайними точками маршрута автобуса-шаттла, между которыми он циклически курсирует.

Реализация маршрута выполнена в виде структуры дорожной сети [1-4].

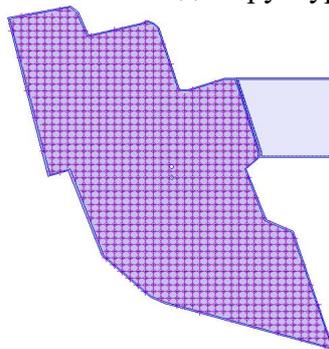


Рис. 2. Паркинг Р4 с прилегающей областью ожидания пассажиров

Дорожная сеть состоит из 23 дорог, 16 перекрёстков, 4 парковочных мест по ходу движения транспорта (два места – в начальной точке движения, два – в конечной) и 2 автобусных остановок (в начальной точке движения – Р4, в конечной – терминал Пулково, соответственно).

Необходимо заметить, что от качества построения этой дорожной сети напрямую зависят окончательные результаты моделирования. Поэтому дорожная сеть построена с учетом реальных особенностей: количество полос на каждой дороге соответствует действительности.

Помимо дорожной сети построен пешеходный маршрут от паркинга Р4 до терминала Пулково, представляющий собой огибающую линию, идущую параллельно дорожной сети, который адекватно описывает реально существующий пешеходный маршрут.

Также для достоверности и реальности эксперимента в качестве дополнительных условий была сформирована модель транспортного потока, создающего помехи движению автобуса-шаттла.

На рис. 3 представлена структура имитационной модели процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта на основе агентного подхода [5-7].

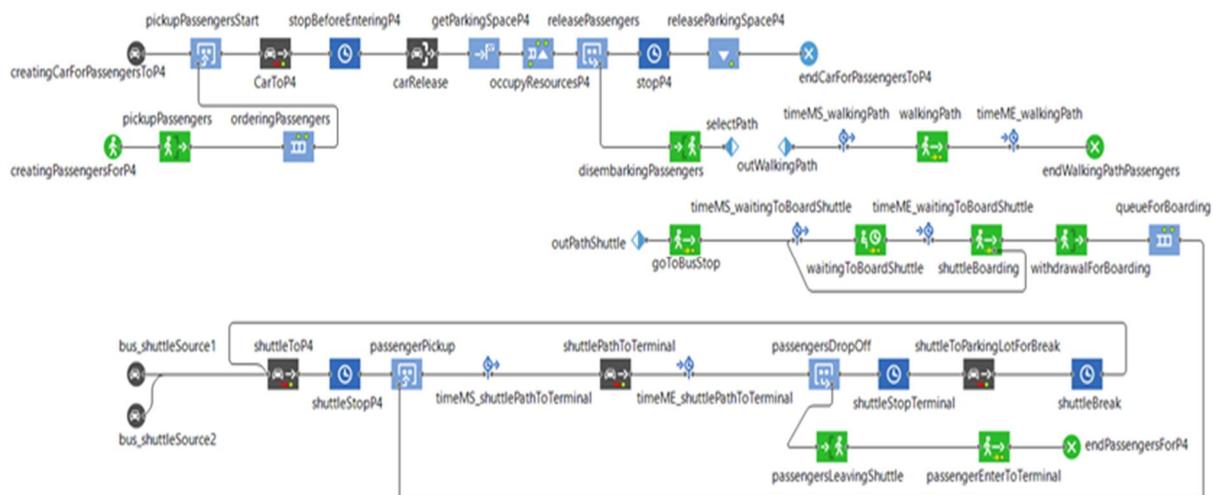


Рис. 3. Структура имитационной модели процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта на основе агентного подхода

Результаты моделирования процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта.

Моделирование процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта выполнено в программной среде AnyLogic. Отправной точкой являются идеальные условия, которые задаются и рассчитываются один раз и более не меняются в ходе различных экспериментов:

- ожидание на остановке паркинга Р4 – 5 минут;
- путь от остановки паркинга Р4 – ~4 минуты;
- остановка около аэровокзала – 20 минут;
- путь от терминала до парковки Р4 – ~6 минут.

Выводы в ходе анализа произведены в промежутке 24 часа на основании:

1. распределения времени ожидания пассажиров;
2. среднего времени, проведенного пассажирами в пешем пути между

паркингом Р4 и терминалом;

3. среднего времени ожидания пассажиров на остановке Р4;

4. среднего времени, проведенного шаттлом в пути от остановки Р4 до аэровокзала.

В случае использования одного автобуса-шаттла, курсирующего каждые 30 минут, среднее время ожидания посадки составляет почти 13 минут (рис. 4). При этом путь шаттла от Р4 до аэровокзала составляет 3,2 минуты, что для идеальных условий является разумным значением.

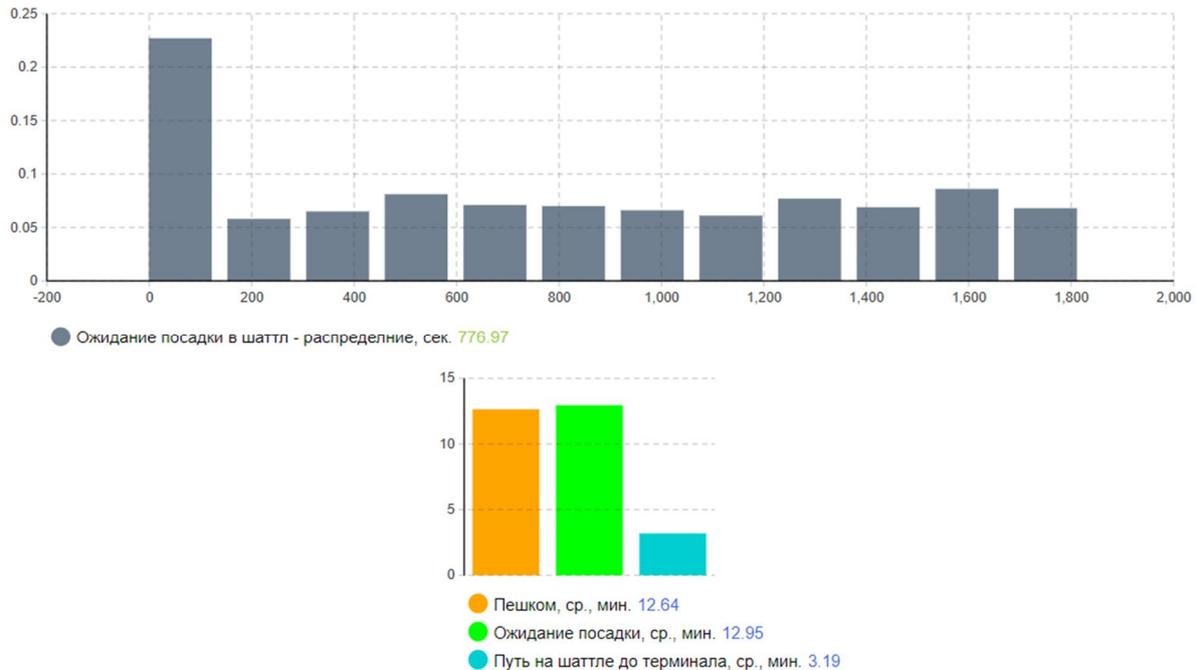


Рис. 4. Результат эксперимента с одним автобусом-шаттлом в идеальных условиях

Если в рамках идеальных условий запустить второй автобус-шаттл, то можно заметить, что среднее время ожидания пассажиров на остановке Р4 сократилось более чем в 2 раза: с 13-и минут до 5-и. Это свидетельствует о том, что на следующем шаге имеет смысл произвести запуск второго шаттла в условиях повышенного транспортного потока, а затем сравнить полученные значения с курсирующим одним шаттлом, таким образом, оценив преимущества или недостатки запуска второго шаттла при реалистичных условиях.

После изменения условий и ввода в модель дорожного движения средней и высокой интенсивности время ожидания пассажиров увеличилось почти до 32 минут, что является реальным значением на текущий момент времени, поскольку один автобус-шаттл в аэропорту Пулково ходит с периодичностью раз в 30 минут. Путь на шаттле от парковки Р4 до терминала при этом увеличивается с 3,18 минут до 4,21 минут, что также соответствует действительности [8-10].

При вводе в эксплуатацию второго автобуса-шаттла более чем в 2 раза снижается показатель ожидания пассажиров даже в условиях повышенного и высокого транспортного потока шаттла (рис. 5).

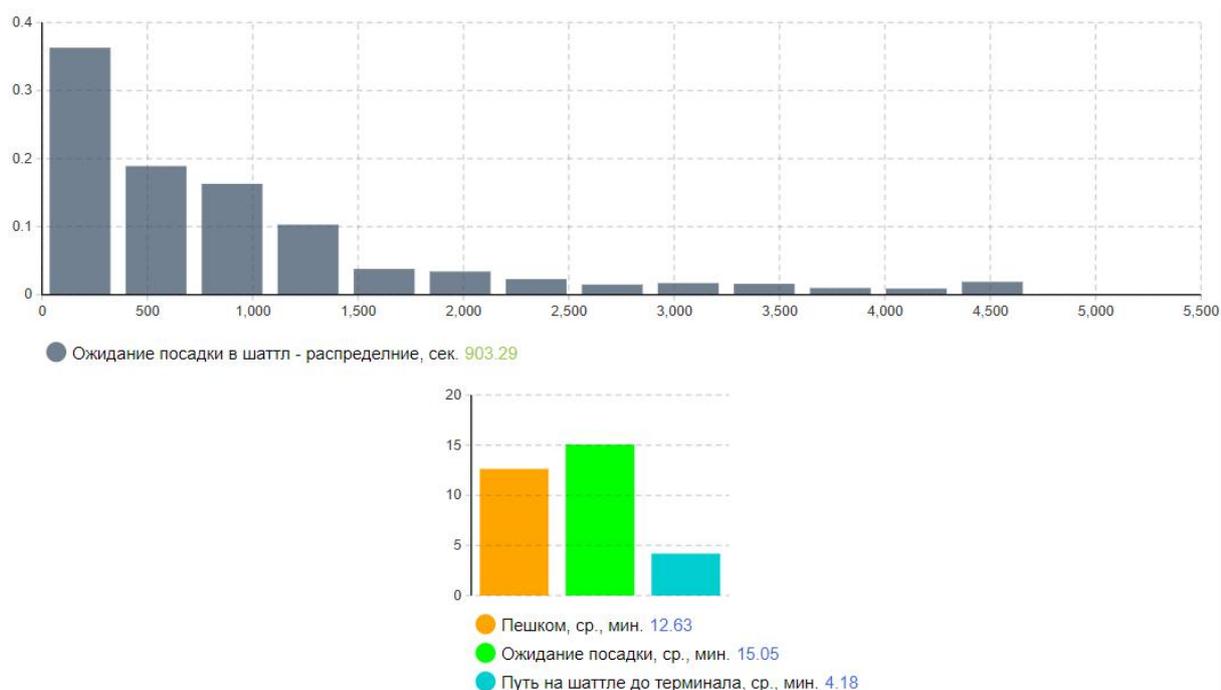


Рис. 5. Результат эксперимента с двумя автобусами-шаттлами в условиях трафика

Необходимо отметить, что снижение времени ожидания пассажиров происходит не за счет сокращения времени перерыва одного шаттла, а за счет равномерного распределения общей работы двух циклически функционирующих шаттлов.

Таким образом, в результате моделирования получены два набора значений определяемых параметров (табл. 1).

Таблица 1. Результаты моделирования в условиях транспортного потока

В условиях трафика	Ожидание посадки, ср., мин.	Путь на шаттле до терминала, ср., мин.	Суммарный путь на шаттле, мин.	Пешком, ср., мин.
1 шаттл	31,9	4,21	36,11	12,44
2 шаттла	15,05	4,18	19,23	12,63

В случае использования одного шаттла суммарный пассажирский маршрут на автобусе составит 36,1 минут относительно полученного времени движения по пешеходному маршруту (12,4 минут). Такой результат оказывает отрицательное влияние на удовлетворённость пассажиров предоставляемым сервисом, поскольку зачастую у пассажиров при себе имеется багаж, который не всегда удобно перемещать вручную. Соответственно, повышается вероятность того, что в перспективе некоторые пассажиры вовсе откажутся от услуг долгосрочной парковки, а это, в свою очередь, повлечёт финансовые убытки аэропорта, поскольку паркинг является платным.

При курсировании двух шаттлов пешком пассажиры дойдут всё равно быстрее, за 12,6 минут. Однако на шаттле маршрут получится дольше всего на 6,6 минут, что является приемлемой разницей, учитывая, что при себе у пассажиров, как правило, имеется багаж.

Предложенное решение сокращает суммарное время с задействованием шаттлов, проводимое пассажирами на пути от паркинга Р4 до терминала Пулково, в 1,9

раза, т. е., почти в два раза повышается вероятность того, что пассажиры воспользуются шаттлом и перевезут багаж с комфортом, останутся довольны сервисом и в дальнейшем воспользуются им ещё.

Литература

1. **Мокшин В.В., Якимов И.М.** Метод формирования модели анализа сложной системы. Информационные технологии, №5, 2011. С.46-51.
2. **Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.** Сравнение систем структурного и имитационного моделирования по модели М/М/5. Вестник Казанского технолог. ун-та, Казань, Т.20, №16, 2017. С.113.
3. **Боев В.Д.** Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. ВАС, СПб, 2011. С.349-351.
4. **Кирпичников А.П.** Методы прикладной теории массового обслуживания. Изд-во Казанского университета, Казань, 2011. С.194.
5. **Мезенцев К.Н.** Моделирование в примерах и задачах в среде AnyLogic. LAP Lambert Academic Publishing, 2013. С.143.
6. **Девятков В.В.** Имитационное моделирование: Учебное пособие. М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2013, С.254-256.
7. **Лычкина Н.Н.** Имитационное моделирование экономических процессов: Учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2012. С.168.
8. **Чикуров Н.Г.** Моделирование систем и процессов: Учебное пособие. М.: ИЦРИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2013, С.289.
9. **Харитонов С.В.** Автоматизация оценки эффективности аэропортовой инфраструктуры. Синергия, 2014. С.115-121.
10. **Ярошевич Н.Ю.** Консолидация аэропортовой отрасли: зарубежный опыт и российская практика. Синергия, 2012. С.15-17.