

Моделирование функционирования транспортно-пересадочного узла



Надежда ЕВРЕЕНОВА

Nadezhda Yu. EVREENOVA

Показана модель функционирования транспортно-пересадочного узла, выполненная в среде имитационного моделирования AnyLogic. Описываются её основные функциональные блоки, сфера и особенности применения. Оцениваются средства оптимизации планировочных решений, анализа и обоснования направлений, интенсивности и скорости пассажиропотоков в условиях многоярусной и разнотипной городской транспортной среды.

Ключевые слова: городской транспорт, электропоезда, монорельс, транспортно-пересадочные узлы, пассажирские перевозки, пассажиропотоки, имитационное моделирование, оптимизация планировочных решений.

Евреенова Надежда Юрьевна – ассистент кафедры «Транспортный бизнес» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Транспортно-пересадочный узел (ТПУ) представляет собой совокупность отдельных пассажирских систем, в пределах которых осуществляется корреспонденция пассажиропотоков. Качество функционирования ТПУ при этом во многом зависит от эффективности организации процессов взаимодействия в нём отдельных элементов [1]. Обеспечить требуемый организационный уровень – задача комплексная, включающая и моделирование.

Для компьютерной реализации модели функционирования ТПУ выбран отечественный профессиональный пакет имитационного моделирования AnyLogic 7 University (образовательная версия). При её построении была задействована пешеходная библиотека AnyLogic, в которой пассажиры движутся в непрерывном пространстве, реагируя на различные виды препятствий в виде стен и других пассажиров [2]. Логика имитационной модели ТПУ представлена на рис. 1. Приведем описание объектов разработанной модели.

PedGround – объект задает двумерное пространство в моделируемой среде, представляющее собой 2-й этаж ТПУ, то есть поверхность, по которой будут переме-

щаться пассажиры и посетители узла (здесь сконцентрирован наибольший процент технологических площадей). Этаж ограничен замкнутыми ломаными линиями, имитирующими стены, — их людские потоки не могут пересекать.

PedSource — генератор пассажиров, используемый в качестве начальной точки диаграммы процесса. Люди поступают в ТПУ с заданной интенсивностью, установленной по результатам обследования пассажиропотоков в утренние часы-пик. В ходе эксперимента интенсивность перемещений может варьироваться в ожидаемых пределах. Пассажиры, следующие на пересадку, попадают на 2-й этаж с пассажирских платформ пригородного сообщения, монорельсового транспорта, «перехватывающей» парковки и с 1-го этажа пересадочного узла. Электропоезда пригородного сообщения и монорельсовые поезда прибывают в ТПУ в соответствии с действующим расписанием, которое задается с помощью специального модуля Schedule.

PedGoTo — объект моделирует перемещение пассажиров в пространстве 2-го этажа ТПУ, указывая им путь следования.

PedSink — объект удаляет поступивших в него пассажиров из моделируемой среды и используется в качестве конечной точки диаграммы процесса.

PedConfiguration — объект позволяет изменять общие настройки диаграммы процесса движения пассажиров, влияющие на производительность модели.

PedService — объект, который добавляется в диаграмму процесса для моделирования процесса обслуживания пассажиров в заданном сервисе (билетные кассы, турникеты, автоматы по продаже билетов и т. д.). С его помощью моделируются очереди и сервисы в любой комбинации и устанавливаются правила выбора сервисов. Время задержки пассажиров у турникетов распределено по равномерному закону с минимальным значением 2 секунды, максимальным — 3 секунды. При моделировании очередей в модели имеется возможность выбора пассажиром очереди по следующим критериям: самая короткая, ближайшая, другая (конкретная).

PedSelectOutput — блок принятия решения. Пассажир, вошедший в блок, будет

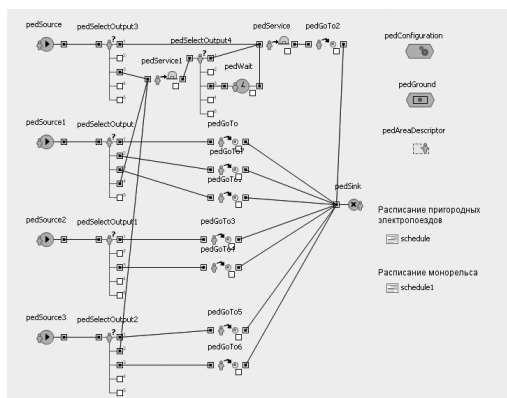


Рис. 1. Логика работы имитационной модели ТПУ

перенаправлен в один из пяти выходных портов в зависимости от заданных для них коэффициентов предпочтения. Объект PedSelectOutput предназначен перенаправлять пассажиров без билета к кассам, а пассажиров с билетами — к турникетам.

PedAreaDescriptor — моделирует залы ожидания пассажиров пригородного сообщения. Место расположения залов и их площадь определяются исходя из предпроектных проработок по ТПУ.

PedWait — объект, который заставляет пассажиров перейти в зал ожидания и находиться там в течение определенного времени. Для уточнения срока пребывания пассажира в зале ожидания пригородных электропоездов было проведено анкетное обследование. Оно показало: искомый период укладывается в интервале 5–10 минут.

При построении модели особое внимание уделялось распределению пассажиропотоков по маршрутам следования внутри ТПУ. С каждым пассажиром связаны цель посещения ТПУ, наличие проездного документа на соответствующий вид передвижения, время отправления транспорта, на который собирается пересаживаться его потенциальный пользователь, и т. п. Исходя из этого, пассажир выбирает маршрут следования в моделируемом пространстве. В модели можно учесть любые варианты поведения/реакций на ситуацию, заложена возможность менять скорость перемещения пассажиров (для различных групп населения она отличается — инвалиды, пассажиры с детьми, багажом и т. д.) и их габаритные характеристики (дети, взрослые и т. д.).



Рис. 2. Плотность пассажиропотоков в моделируемом пространстве ТПУ.

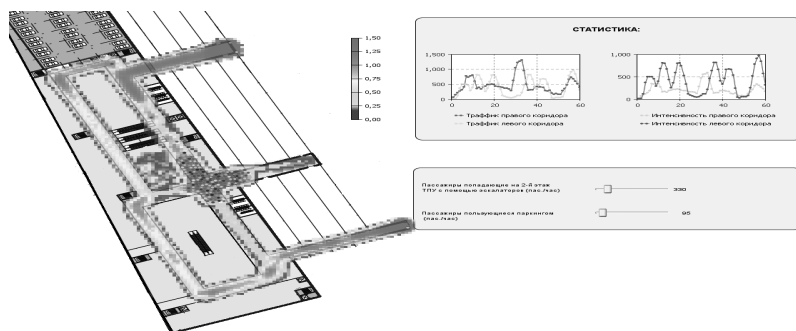
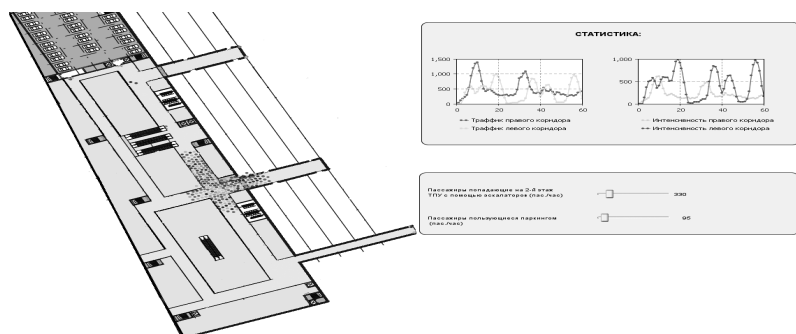


Рис. 3. Образование «пробки» в центральной части 2-го этажа ТПУ.



Модель учитывает статистику интенсивности пассажиропотоков, проходящих в пересадочном пространстве через заданную линию (сечение), а также трафик — общее количество пассажиров, пересекающих ту же линию в заданном направлении (или в обоих направлениях) в течение последнего часа. Интенсивность — по сути, величина трафика, поделенная на длину линии (в метрах), и измеряется в пассажирах/(ч • м). Трафик оценивается в пассажирах • ч.

Отобразить динамику моделируемого процесса функционирования ТПУ позволяет карта плотности пассажиропотоков, благодаря которой можно обнаружить участки моделируемого пространства, где значение плотности пассажиропотоков становится критичным (1,5 пассажира на м²). Результаты имитационного моделирования процесса приведены на рис. 2 и 3.

Как видно из демонстрируемых результатов, предложенное планировочное решение ТПУ не обеспечивает соблюдение условий быстрой и комфортной пересадки в пассажиров — на определенном моменте прогона модели образовалась «пробка». Созданию ее способствовало неудачное размещение билетных касс, стоящие в очереди к кассам люди пересекаются с пассажирами, выстраивающимися в очередь к турникетам. Наибольшая плотность

пассажиропотоков достигается в правом и левом коридорах у эскалаторов, работающих на спуск и подъем со 2-го этажа. Принимая это во внимание, была произведена перепланировка 2-го этажа пересадочного узла: изменено расположение билетных касс, перенесена зона размещения залов ожидания. Полученный взамен оптимизированный вариант функционирования ТПУ показан на рис. 4 и 5.

Из временных графиков сбора статистики имитационного моделирования (интенсивность и трафик) следует, что в оптимизированном варианте по сравнению с первоначальным удалось за то же модельное время (1 час) пропустить пассажиров на 50% больше. Экспериментальные прогоны не выявили случаев образования «пробок».

Разработанная модель позволяет изменять:

- интенсивность поступления пассажиров в ТПУ;
- расписания движения пригородных электропоездов и монорельсового транспорта;
- планировочное решение ТПУ;
- число билетных касс, турникетов;
- скорость движения пассажиропотоков в узле и их размеры;
- время нахождения пассажиров в залах ожидания пригородного сообщения и т. д.

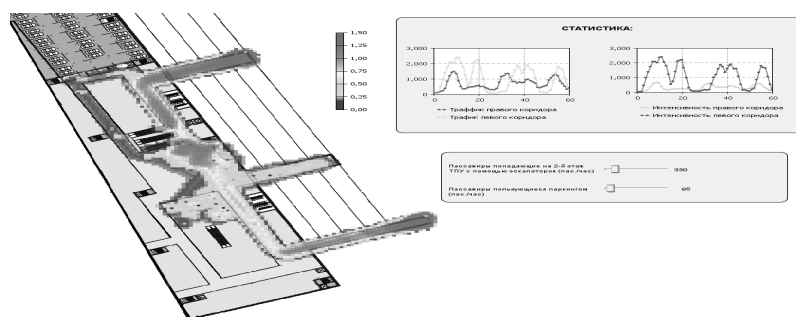


Рис. 4. Плотность пассажиропотоков в оптимизированном пространстве ТПУ.

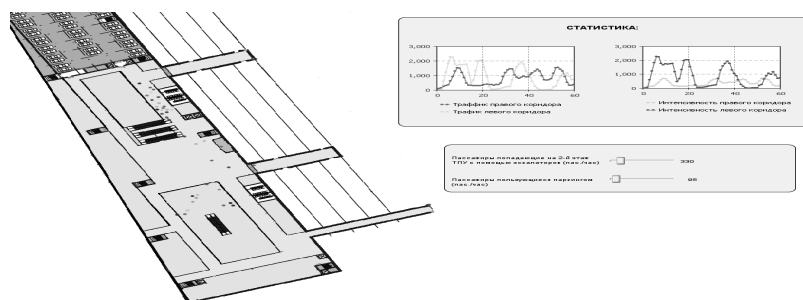


Рис. 5. Результаты моделирования оптимизированного планировочного решения ТПУ

Проведенное имитационное моделирование выявило особенности предлагаемого проектного решения ТПУ и уже на этапе предпроектных проработок подвело к выводу о целесообразности, эффективности и объективности эксперимента на основе модели, поскольку помогает предсказать, как будет работать ТПУ по реализуемому варианту планировочного решения.

Весь процесс моделирования пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах предполагает несколько этапов:

- сбор исходных данных для имитационного моделирования (планировочные решения узла, структура и размеры пассажиропотоков, их распределение по видам транспорта, взаимодействующим в ТПУ, число билетных касс, турникетных линий и т. д.);
- построение имитационной модели для отдельного варианта планировочного решения ТПУ и заданных размеров пассажиропотоков;
- проведение установленного числа испытаний на имитационной модели для обеспечения максимально возможной точности результатов;
- определение оптимальных характеристик обслуживания пассажиропотоков;
- оптимизация планировочных решений ТПУ.

С учетом этих этапов достигается не только полнота решения изначально стоящей задачи (эффективного взаимодействия всех элементов пересадочного узла), но и формируется представление о ресурсной базе проекта, многомерности и вариативности совмещаемых планировщиком процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная модель функционирования транспортно-пересадочного узла позволяет наглядно показать моделируемые процессы с помощью анимации и отследить плотность пассажиров в различных зонах моделируемого пространства, чтобы сделать обоснованный вывод о способности системы справляться с существующим и потенциальным пассажиропотоком, выявить возможные проблемы рассматриваемого планировочного решения, определить оптимальные характеристики объектов ТПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евреенова Н. Ю. Моделирование пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах // Труды Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспорта»: в 2 т. — М.: МИИТ, 2013. — Т. 2. — С. 95–102.
2. Материалы официального сайта AnyLogic. [Электронный ресурс] <http://www.anylogic.ru>. Дата доступа 14.08.2014.
3. Вакуленко С. П., Доенин В. В., Евреенова Н. Ю. Моделирование пассажиропотоков в ТПУ // Мир транспорта. — 2014. — № 4. — С. 124–131. ●

