МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАФИКА СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СРЕДЕ ANYLOGIC НА ПРИМЕРЕ ПАССАЖИРОПОТОКА СТАНЦИИ МЕТРО

В. М. Антонова [1,2], Н. А. Гречишкина [2,3], Н. А. Кузнецов [2,3], Н. А. Сухорукова [1]

[1] Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

[2] Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, 125009, Москва, Моховая 11-7

[3] Московский физико-технический институт (Государственный университет), 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9

Статья поступила в редакцию 19 марта 2018 г.

Аннотация. Требования к безопасности пассажиров на высокоскоростном транспорте (метро, аэроэкспрессы, электрички и т.д.) приводят к установке в пунктах доступа пассажиров дополнительных систем досмотра, которые должны обеспечивать необходимую пропускную способность в условиях неравномерности пассажиропотока, не приводя к созданию больших очередей. Целью данной работы является моделирование трафика пассажиропотока станции метро с использованием положений теории массового обслуживания. Моделирование проведено с помощью среды имитационного моделирования ANYLOGIC с учетом логики поведения пассажиров для различных интенсивностей пассажиропотока. В модель введены блоки обслуживания пассажиропотока – турникеты, банкоматы, пункты персонального досмотра пассажиров. Модель учитывает также входящие в систему обеспечения безопасности камеры видеонаблюдения. Данная модель позволяет задавать различные начальные условия и определять величины возникающих очередей для разных вариантов построения системы обеспечения безопасности станции метро. Аналогичные задачи могут решаться и для других объектов транспортной инфраструктуры – вокзалов, аэропортов, морских портов и т.д.

Ключевые слова: система массового обслуживания, пассажиропоток, метро, пункты досмотра.

Abstract. Increasing in recent years, the requirements for the safety of passengers on

high-speed transport (subway, aeroexpress trains, etc.) have led to the installation of passenger inspection systems at the points of access, which should work with the necessary capacity, with uneven passenger flow, without creating large queues. The purpose of this work is to simulate the traffic of passenger traffic of the metro station using the theory of mass service. The simulation was carried out with the help of simulation environment ANYLOGIC taking into account the logic of passenger behavior and different passenger traffic intensity. The model introduced blocks of passenger traffic delays-turnstiles, ATMs, points of personal inspection of passengers. Modeling of surveillance cameras included in the security system is also carried out. The simulation results showed that under the given conditions of passenger traffic significant "congestion" at the station does not occur, therefore, the correct configuration of the security system is chosen for these conditions. This model allows you to vary the initial conditions and determine the magnitude of the emerging queues for different options for building a security system of metro stations. Similar tasks can be solved and for other objects of transport infrastructure stations, airports, sea ports etc.

Keywords: queueing system, passenger traffic, subway, point boxes.

Системы, в которых случайные потоки требований встречают ограниченное число обслуживающих приборов, называются системами массового обслуживания (СМО). Примерами таких систем являются телефонные системы, ремонтные мастерские, вычислительные комплексы, билетные кассы, магазины, парикмахерские и т.п.

СМО делят на два основных класса: СМО с отказами и СМО с ожиданием (очередью). В СМО с отказами заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, получает отказ, покидает СМО и в дальнейшем процессе обслуживания не участвует (например, заявка на телефонный разговор в момент, когда все каналы заняты, получает отказ и покидает СМО необслуженной). В СМО с ожиданием заявка, пришедшая в момент, когда все каналы заняты, не уходит, а становится в очередь на обслуживание [1-3].

Каждая СМО состоит из определенного числа обслуживающих единиц (приборов, устройств, пунктов, станций), которые называются каналами обслуживания, это могут быть линии связи, рабочие точки, вычислительные машины, продавцы и др. [4,5].

В данной работе выполнено моделирование трафика в СМО на примере пассажиропотока отдельно взятой станции метро с помощью среды имитационного моделирования ANYLOGIC с учетом логики поведения пассажиров для различных интенсивностей пассажиропотока. В модели станции метро имеется несколько систем массового обслуживания с очередями, это: билетные кассы, турникеты, металлоискатели, эскалаторы и т.д. В рассмотренной модели описывает вестибюли и платформы станции метро: имеется два вестибюля с двумя входами, двумя выходами, а также две платформы, на которые прибывают поезда.

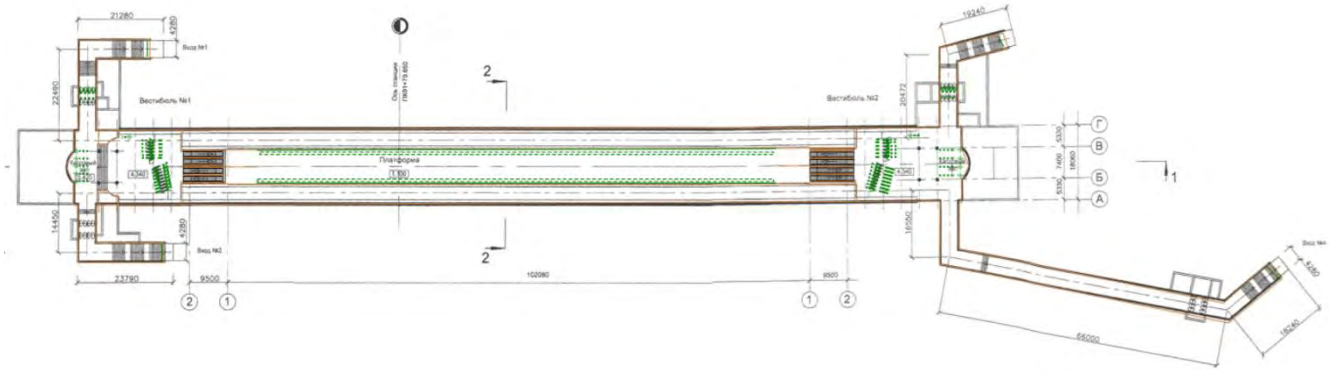

Рис.1. Общий вид модели

Общий вид модели приведен на рис. 1. Пассажиры входят в вестибюль в один из двух входов, проходят через металлоискатели, далее имеется три варианта действий:

– пассажир уже имеет билет, поэтому он идет к турникетам;
– у пассажира нет билета, он идет покупать билет в кассу;
– пассажир идет на выход из вестибюля, это люди, которые просто переходят дорогу под землей.

На этом этапе пассажиру с определенной вероятностью может быть предложено пройти персональный осмотр еще до прохода турникетов.

Следующий этап — прохождение пассажиров через турникеты, после этого они попадают на эскалаторы. После спуска по эскалаторам пассажиры выстраиваются для ожидания поезда (одного из двух), по истечении определенного срока времени производится посадка в поезд и пассажиры покидают платформу, зайдя в поезд.

Рассматриваемая модель помимо посадки пассажиров также реализует их выход из поезда. Когда поезд приходит, пассажиры выходят из него и образуют два потока, направляясь к одному из двух выходов со станции, и идут к эскалаторам, далее проходят через турникеты и выходят из вестибюля. Также в модели учтены пассажиры, которые выходят из одного поезда и заходят в другой (пример ситуации, когда человек случайно проехал свою остановку).

Более подробный вид модели для одного из вестибюлей станции метро показан на рис. 2.

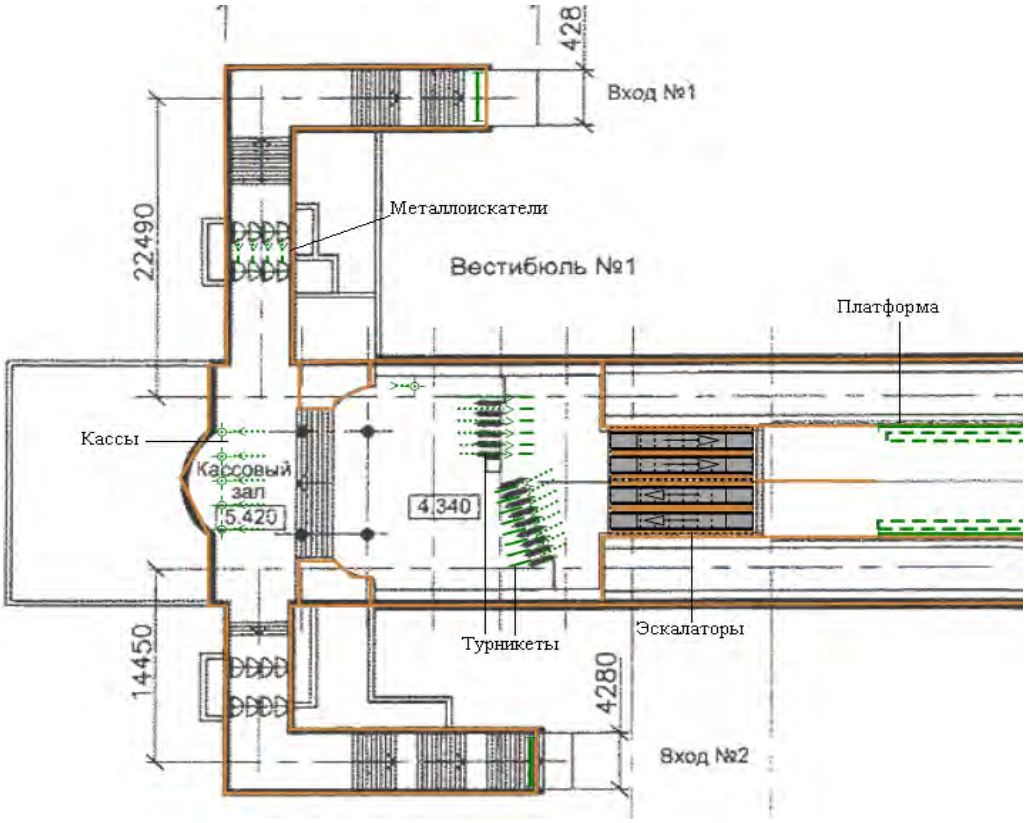

Рис.2. Вид модели для одного из вестибюлей

Логика поведения пассажиров, осуществляющих перемещение по станции метро, показана на рис. 3 (верхняя ветка — правый вход на модели, нижняя ветка – левый вход).

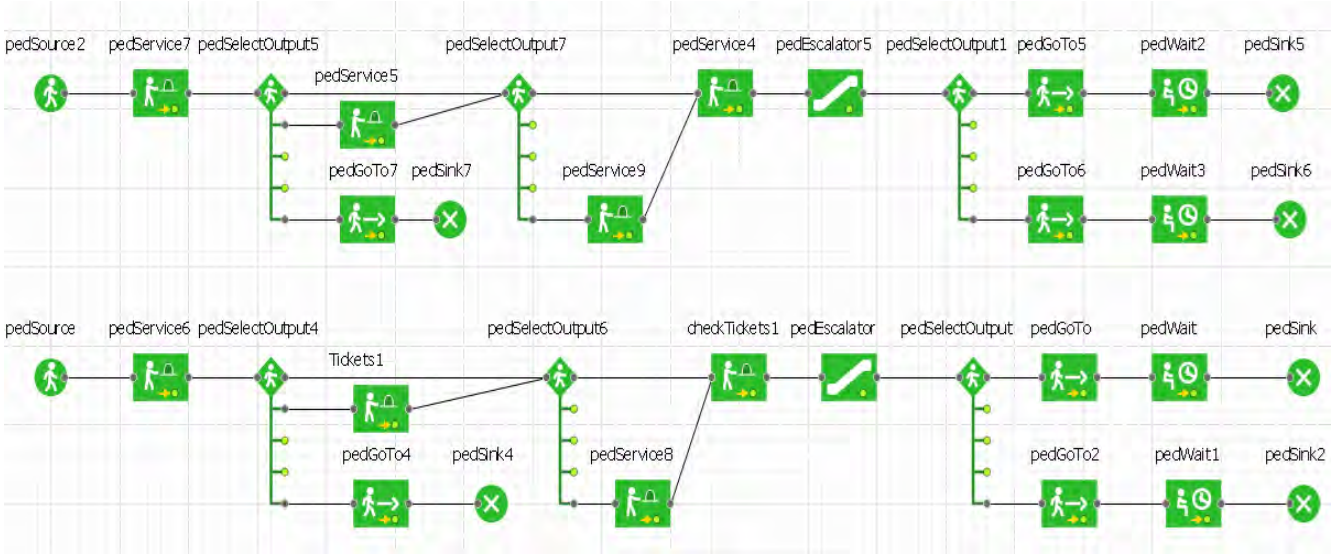

Рис.3. Логика поведения пассажиров

На рис. 3 приняты следующие обозначения:

PedSource, PedSource2 — входы в вестибюли метро (интенсивность входа: 2000 чел/час);

PedService6, PedService7 — металлоискатели;

PedSelectOutput4, PedSelectOutput5 — разветвление логики:

1. переход на PedSelectOutput6 (7) с вероятностью 0,72 (у пассажира есть билет, он идет к турникетам);
2. переход на Tickets1/PedService5 с вероятностью 0,25 (у пассажира нет билета, он идет на кассу);
3. переход на PedGoTo4(7) с вероятностью 0,03 (пассажир идет на выход из метро).

Tickets1, PedService5 — билетные кассы (время задержки — 15сек);

PedGoTo4, PedGoTo7 — выход из метро;

PedSelectOutput6, PedSelectOutput7 — разветвление логики:

1. переход на PedService4/CheckTickets1 с вероятностью 0,99 (пассажир идет к турникетам);
2. переход на PedService8(9) с вероятностью 0,01 (пассажира задерживают для персонального досмотра).

PedEscalator, PedEscalator5 — эскалаторы (по два эскалатора в каждую

сторону, два вниз, два вверх);

PedSelectOutput, PedSelectOutput1 — ветвление логики:

1. переход на PedGoTo(5) с вероятностью 0,5 (пассажир идет к верхней платформе);
2. переход на PedGoTo2(6) с вероятностью 0,5 (пассажир идет к нижней платформе).

PedWait, PedWait1, PedWait2, PedWait3 — пассажир ожидает поезд;

PedSink, PedSink2, PedSink5, PedSink6 — пассажир заходит в поезд.

Помимо описания процесса перемещения пассажиров, входящих на станцию метро и идущих к поезду, в работе проведено описание поведения пассажиров, выходящих из поездов и следующих к выходу со станции (рис.4).

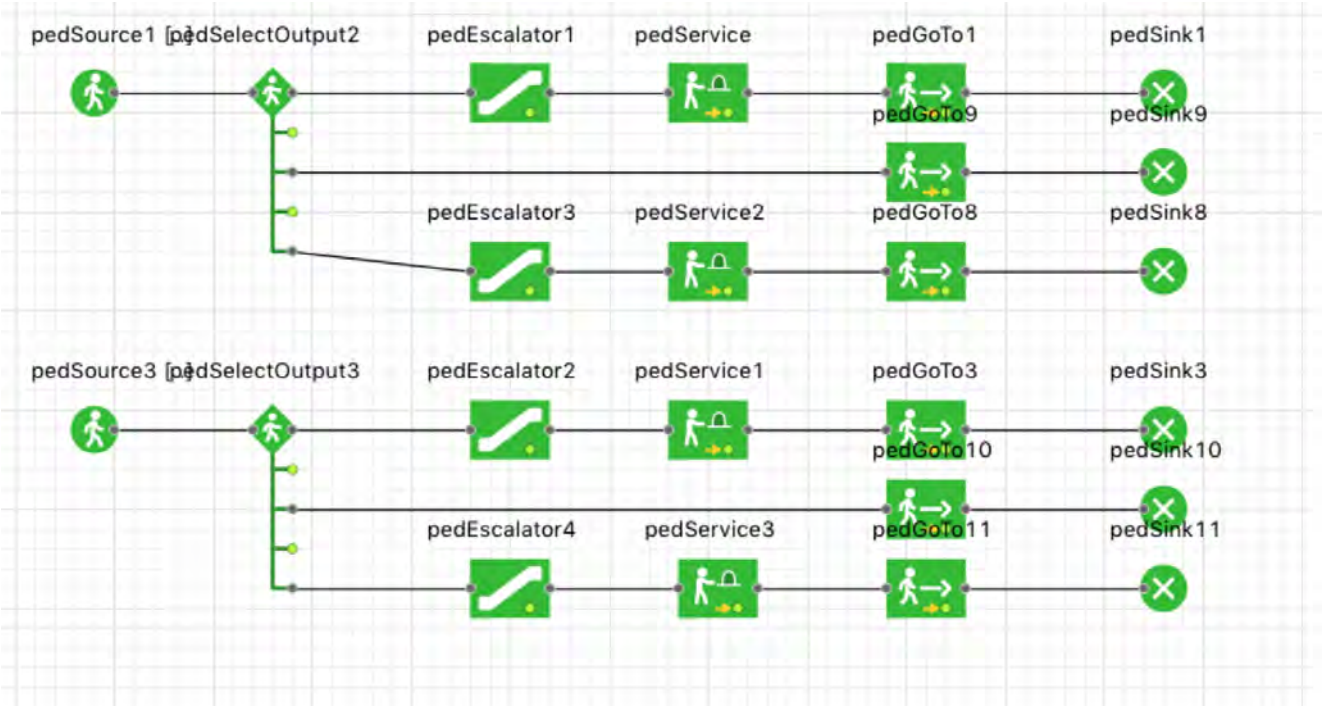

Рис.4. Логика поведения пассажиров, выходящих из поездов

На рис. 4 показаны: PedSource1, PedSource3 — выходы из поездов. Моделирование прибытия поездов осуществляется заданием промежутков между появлением групп пешеходов один раз в 60 секунд на линиях входа TrainLine1 и TrainLine2, на каждой из линий появляется 6 групп пешеходов по 10 человек в каждой.

PedSelectOutput2, PedSelectOutput3 — разветвление логики:

– переход на PedEscalator1(2) с вероятностью 0,48 (Первый выход со станции);

– переход на PedEscalator3(4) с вероятностью 0,48 (Второй выход со станции);

– переход на PedGoTo8(11) с вероятностью 0,02 (пассажиры, проехавшие свою остановку и садящиеся на другой поезд).

Затем, пассажиры, поднявшись по эскалаторам, проходят через турникеты на выход (PedService1-4) и покидают метро через выходы PedGoTo4 или PedGoTo7.

При запуске модели с заданной интенсивностью 2000 чел/час и во время ее работы в течение пары минут [6] не происходит никаких “заторов” среди пассажиропотока на протяжении любого промежутка времени (рис.5).

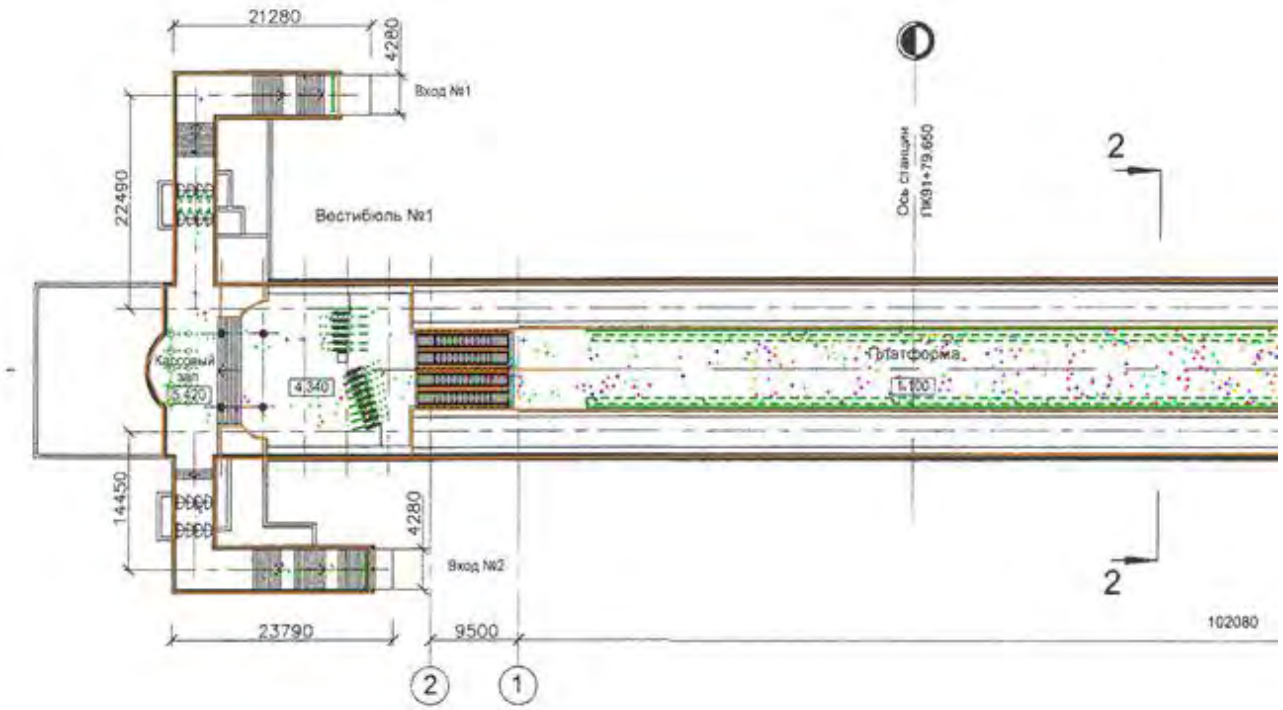

Рис.5. Запуск модели при интенсивности пассажиропотока в 2000 чел/час

Затем, при увеличении вдвое интенсивности пассажиропотока со входов загруженность станции увеличивается, но заторов не происходит (рис.6).

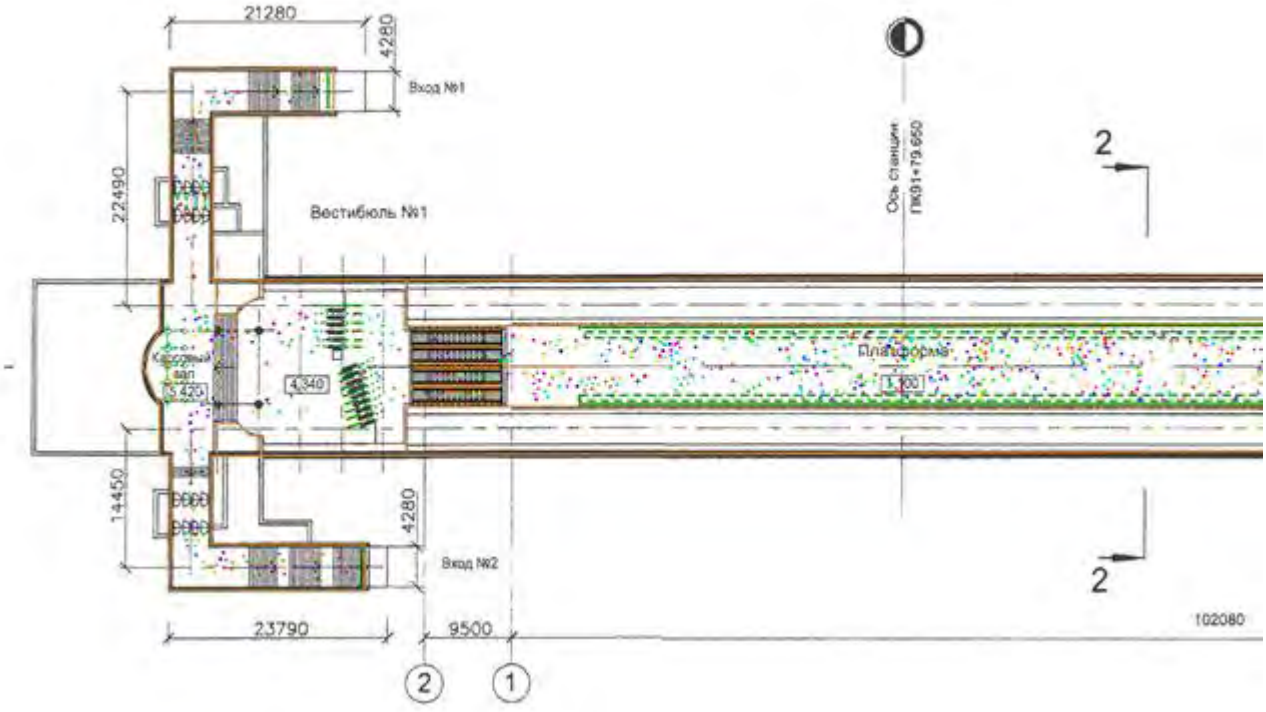

Рис.6. Запуск модели при интенсивности пассажиропотока в 4000 чел/час

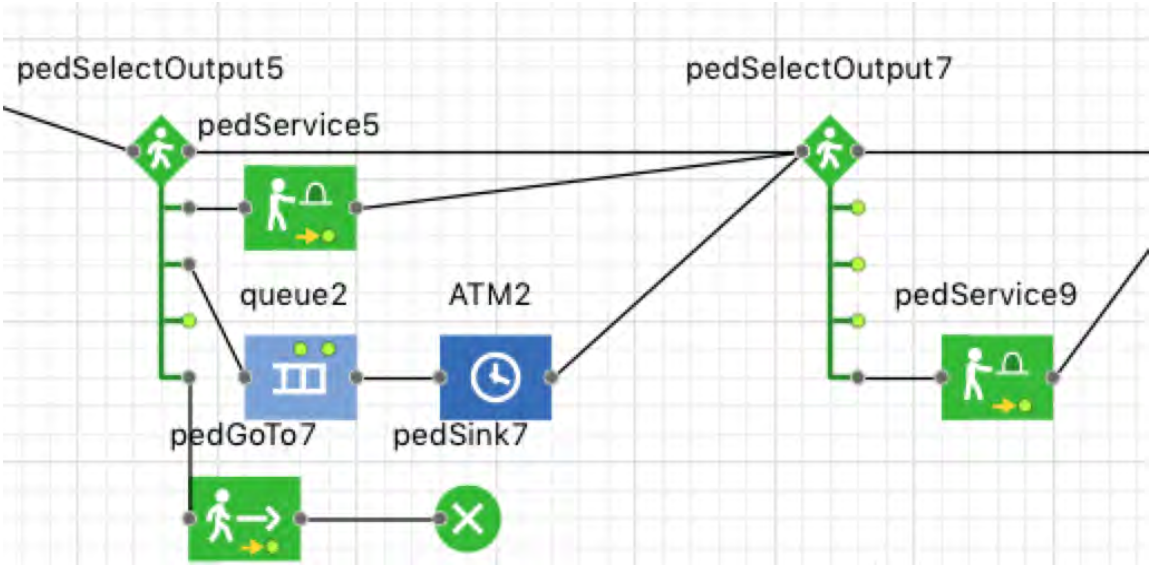

Рис.7. Реализация логики работы банкомата

При входе на станцию метро часть пассажиров идет покупать билет не в кассу метро, а в банкомат. Для этого в модель было добавлено описание очереди к банкомату и самого банкомата. Как показано на рис. 7, за это отвечают блоки queue 2 и ATM2.

Очередь в банкомат реализуется с помощью блока Queue со следующими

параметрами: вместимость - 15, тип очереди - FIFO (первый вошел, первый вышел). Сам банкомат - это стандартный блок задержки со временем задержки между одной и двумя минутами.

Для реализации камер видеонаблюдения в модели используется элемент «Камера» из секции «3D» палитры «Презентация». Этот элемент определяет, какой именно участок презентации будет отображаться в окне трехмерной анимации, создавая эффект показа окна трехмерной анимации.

Пример работы камеры приведен на рис.8.

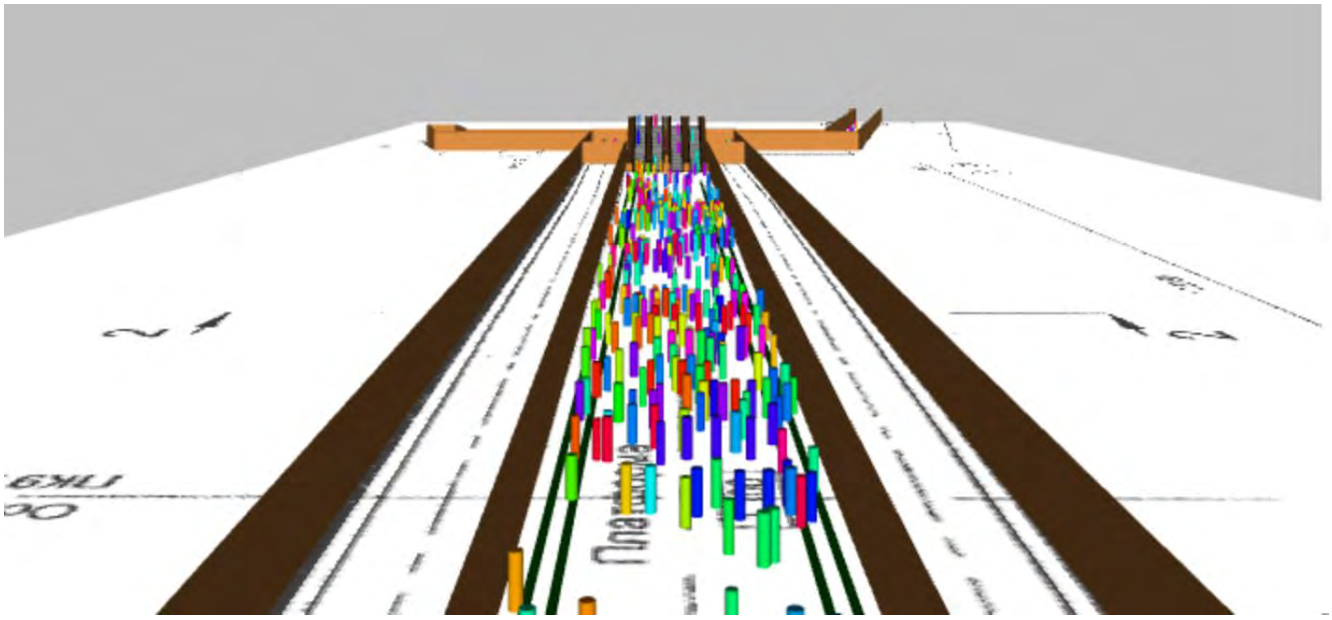

Рис.8. Пример работы камеры

Для отображения того, что «снимает» камера, в модель добавлен элемент «3D окно». Если предполагается, что камера будет двигаться во время работы модели, то еще выбирается опция «Следовать за камерой».

В заключении отметим, что в работе создана модель массового обслуживания – павильон метро для прохода к поездам в среде моделирования ANYLOGIC. В модели присутствуют несколько СМО с ожиданием в виде очередей на кассах, турникетах и металлоискателях, камеры видеонаблюдения, между которыми можно переключаться в ходе работы, а также банкоматы.

Запуск модели показал, что при заданных условиях пассажиропотока существенных «заторов» на станции не возникает, следовательно, выбрана

верная для этих условий конфигурация системы обеспечения безопасности.

Таким образом, рассмотренная модель позволяет изменять начальные условия и определять величины возникающих очередей для различных вариантов построения системы обеспечения безопасности станций метро.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранда РФФИ № 16-29-09497 офи_м.

Литература

1. Якимов, И.М. Аналитическое и имитационное моделирование замкнутых систем массового обслуживания / И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, Г.Р. Зайнуллина, З.Т. Язина // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 5. С. 184-188.
2. Бунцев И.А. Создание и реализация имитационных моделей в программной среде AnyLogic: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 154 с.
3. Климов Г.П. Теория массового обслуживания. – М.: Изд-во Московского университета, 2011. – 312 с.
4. Антонова В.М., Волков Д.О., Кузнецов Н.А., Старостенко А.М. Решение задачи классификации для построения прогнозных моделей пассажиропотока в среде MATLAB. Информационные процессы. 2017, Т. 17, № 1, С. 14-18.
5. А.В. Елтышев. Построение и анализ гибридных моделей системы массового обслуживания в среде разработки ANYLOGIC. // MASTER`S JOURNAL, 2016, №2, с. 176-180. Журнал доступен с сайта Пермского национального исследовательского политехнического университета, режим доступа http://mj.pstu.ru/mj/archives/?id=&folder_id=6242
6. Antonova V.M., Volkov D.O., Kuznetsov N.A., Starostenko A. M. Math modeling of passenger traffic in the monorail transport system. IEEE Proceedings – 2016 10th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, 12-14 Oct. 2016, Baku, Azerbaijan. IEEE Catalog Number: CFP1656H-PRT, ISBN: 978-1-5090-1840-6, DOI 10.1109/ICAICT.2016.7991660.

Для цитирования:
В. М. Антонова, Н. А. Гречишкина, Н. А. Кузнецов, Н. А. Сухорукова. Моделирование трафика систем массового обслуживания в среде ANYLOGIC на примере пассажиропотока станции метро. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2018. №3. Режим доступа: http://jre.cplire.ru/jre/mar18/8/text.pdf