



**«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_

---

## **РАСЧЁТНО - ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**к курсовому проекту на тему:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Студент \_\_\_\_\_ 22.12.2014  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель курсового проекта \_\_\_\_\_ 22.12.2014  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Москва, 2014

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Индекс)

\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)  
« 22 » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## З А Д А Н И Е на выполнение курсового проекта

по дисциплине \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Тема курсового проекта)

Студент \_\_\_\_\_ 9-91  
(Фамилия, инициалы, индекс группы)

График выполнения проекта: 25% к 5 нед., 50% к 10 нед., 75% к 13 нед., 100% к 16 нед.

### 1. Техническое задание

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 2. Оформление курсового проекта

2.1. Расчетно-пояснительная записка на 21 листах формата А4.

2.2. Перечень графического материала (плакаты, схемы, чертежи и т.п.) \_\_\_\_\_

1 1 " \_\_\_\_\_ ", 2 1 " \_\_\_\_\_ ",  
3 3 " \_\_\_\_\_ ", 4 1 " \_\_\_\_\_ ",  
5 1 " \_\_\_\_\_ ", 6 1 " \_\_\_\_\_ "

Дата выдачи задания « 10 » \_\_\_\_\_ 2014г.

Руководитель курсового проекта \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Студент \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

### Примечание:

1. Задание оформляется в двух экземплярах; один выдаётся студенту, второй хранится на кафедре.

# Содержание

Введение	3
1 Предпроектное исследование	4
1.1 Основные положения среды моделирования AnyLogic . . . . .	4
1.2 Пешеходная библиотека среды моделирования AnyLogic . . . . .	5
1.3 Железнодорожная библиотека среды моделирования AnyLogic . .	7
2 Техническое задание	9
2.1 Введение . . . . .	9
2.2 Общие сведения . . . . .	9
2.3 Назначение разработки . . . . .	9
2.4 Требования к модели . . . . .	9
2.4.1 Требования к порядку сбора статистических данных . . .	9
2.4.2 Требования к модели . . . . .	10
2.4.3 Требования к статистическим данным . . . . .	10
2.4.4 Требования к результатам моделирования . . . . .	10
2.4.5 Требования к составу и параметрам технических средств .	10
2.4.6 Требования к маркировке и упаковке . . . . .	10
2.4.7 Требования к составу и параметрам технических средств .	11
2.4.8 Требования к транспортированию и хранению . . . . .	11
2.4.9 Требования к транспортированию и хранению . . . . .	11
2.5 Стадии и этапы разработки . . . . .	11
2.6 Порядок контроля и приемки . . . . .	11
3 Концептуальный этап проектирования системы	12
3.1 Выделение ключевых элементов моделирования . . . . .	12
3.2 Выделение ролей в разработке проекта . . . . .	13
3.3 Распределение активностей каждой роли . . . . .	13

4	Технический этап проектирования системы	14
4.1	Создание схемы пассажиропотоков . . . . .	14
4.2	Создание схемы движения поездов . . . . .	15
4.3	Внедрение статистики . . . . .	16
4.4	Создание раписания . . . . .	17
4.5	Связывание прибытия поездов с пассажиропотоками . . . . .	17
5	Рабочий этап проектирования системы	18
5.1	Сбор статистики на станции . . . . .	18
5.2	Сбор статистики с модели . . . . .	19
5.3	Анализ проблемным мест модели . . . . .	19
5.4	Внедрение изменени в модель . . . . .	20
	Список литературы	21
	Приложение А.	22

# Введение

Имитационное моделирование — метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику.

А так же это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. К имитационному моделированию прибегают, когда:

1. Дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте
2. Невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные
3. Необходимо симитировать поведение системы во времени.

Цель ИМ состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между её элементами или другими словами — разработке симулятора (англ. simulation modeling) исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов.

В рамках данного курсового проекта разрабатывается имитационная модель пересадочного узла станции Московского метрополитена Третьяковская. Данный узел обеспечивает ежедневно перемещение более 70 тысяч людей. В часы наиболее плотного пассажиропотока в некоторых участках станции образуется давка. Целью данного курсового проекта является анализ и выявление узких мест транспортного узла а так же выработка предложений для улучшения ситуации.

# 1 Предпроектное исследование

## 1.1 Основные положения среды моделирования AnyLogic

Для написания модели было выбрано программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic. В AnyLogic реализованы виды ИМ. А именно:

- Многоподходное моделирование
- Агентное моделирование
- Системная динамика
- Дискретно-событийное моделирование
- Моделирование динамических систем

Для реализации модели пассажиропотоков наиболее подходящим является подход моделирование динамических систем. Он по сути является прародителем системно-динамического подхода моделирования. Моделирование с помощью данного подхода используется в мехатронике, электрической, химической и других инженерных областях в качестве стандартного этапа процесса разработки. С математической точки зрения динамическая система представляет собой набор переменных состояния и алгебраических дифференциальных уравнений различного вида, заданных для этих переменных и описывающих их изменение с течением времени. В отличие от системной динамики, переменные здесь несут некоторый "физический" смысл: координаты местоположения, скорость, ускорение, сила, концентрация и т.д., они, как это следует из их смысла, непрерывны и не являются агрегированными величинами, отражающими, например, общее количество или среднее значение нескольких сущностей. [3]

## 1.2 Пешеходная библиотека среды моделирования AnyLogic

Для моделирования пассажиропотоков была выбрана Пешеходная библиотека AnyLogic. Она является высокоуровневой библиотекой моделирования движения пешеходов в физическом пространстве. Она позволяет моделировать здания, в которых движутся пешеходы (станции метро, стадионы, музеи), а также улицы и другие места большого скопления людей. С помощью Пешеходной библиотеки легко можно собирать статистику, эффективно визуализировать моделируемый процесс для валидации и представления модели. Можно собирать статистику плотности пешеходов в различных областях модели для того, чтобы убедиться, что сервисы смогут справиться с потенциальным ростом нагрузки, вычислить время пребывания пешеходов в каких-то определенных участках модели, выявить возможные проблемы, которые могут возникнуть при перепланировке интерьера здания, и т.д. В моделях, созданных с помощью объектов Пешеходной библиотеки, пешеходы движутся в непрерывном пространстве, реагируя на различные виды препятствий в виде стен, различных областей и других пешеходов.

Модели движения пешеходов состоят из двух составляющих – среды и по-

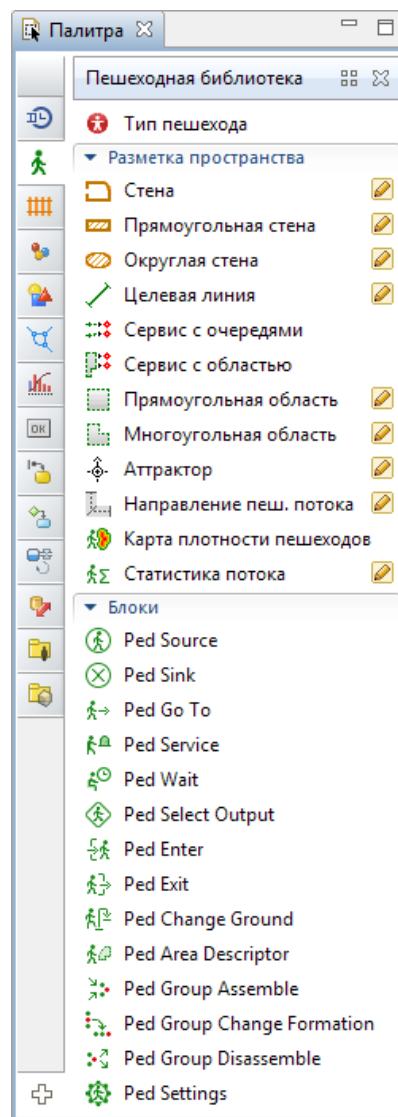


Рис. 1 – Элементы пешеходной библиотеки

ведения. Под средой подразумеваются объекты физической среды - стены, различные области, сервисы, очереди и т.д. Объект среды задается специальным графическим элементом разметки, у которого задаются параметры объекта среды. Ресурсы (сервисы) также являются объектами среды. Поведение пешеходов задается блок-схемой.

Основным объектом библиотеки является пешеход. Пешеход задается с помощью объекта типа `Ped`. Пешеход “обитает” в заданном физическом пространстве (моделируемой среде) и передвигается согласно заданным правилам. С другой стороны, тип пешехода унаследован от типа агента `Agent`, поэтому пешеходы перемещаются по блок-схеме так же, как агенты.

Пешеходная библиотека совместима с Библиотекой моделирования процессов `AnyLogic`. Это позволяет использовать в пешеходных моделях любые объекты Библиотеки моделирования процессов, делая возможным создание сложных моделей, состоящих из блок-схем Библиотеки моделирования процессов и среды Пешеходной библиотеки. Такая совместимость возможна благодаря наличию в Пешеходной библиотеке объектов, превращающих агентов в пешеходов и наоборот.

Блок-схемы пешеходных моделей строятся с помощью объектов, содержащихся в Пешеходной библиотеке. Тип агента `Ped` является базовым типом для моделирования пешеходов. Как всегда, в библиотеке есть объекты для создания пешеходов и управления потоком пешеходов.

Пешеходы создаются объектами `PedSource`, затем они могут быть добавлены в моделируемую среду и направлены далее согласно созданной диаграмме процесса, составленной из блоков Пешеходной библиотеки. Хотя пешеходы движутся в блок-схеме, их движение между блоками блок-схемы определяется моделируемой средой. Например, продолжительность пребывания в объекте `PedGoTo` зависит от скорости пешехода, плотности[3] пешеходов в данной области и других параметров среды.



## 1.3 Железнодорожная библиотека среды моделирования AnyLogic

При описании логики железнодорожного транспорта использовалась железнодорожная библиотека AnyLogic. Она поддерживает детализированное моделирование высокой точности (индивидуальные размеры вагонов, точная топология путей и стрелок, ускорение и торможение поездов), но это моделирование имеет высокую динамику в исполнении, что может быть важно при оптимизации в поисках лучшей стратегии.

Двумя основными входными составляющими железнодорожной модели являются топология железнодорожной сети и операционная логика железнодорожного узла.

Топология железнодорожного узла (это может быть сортировочная станция, пути погрузки/разгрузки и т.д.) состоит из специальных элементов разметки пространства, разработанных для моделей железной дороги: путей, стрелок и элементов, задающих смещение на пути (точка ж/д пути). Можно как нарисовать эти фигуры вручную в графическом редакторе, так и создать их программно, например, считав данные из базы данных.

Железнодорожная библиотека поддерживает очень простой высокоуровневый интерфейс задания операций железнодорожного узла. Библиотека содержит семь объектов:

- TrainSource

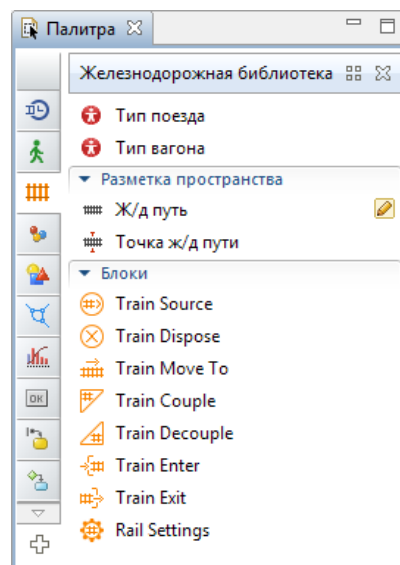


Рис. 2 – Элементы железнодорожной библиотеки

- TrainDispose
- TrainMoveTo
- TrainCouple
- TrainDecouple
- TrainEnter
- TrainExit

С помощью этих объектов можно выполнять любые операции с поездами и вагонами без необходимости писать программный код. Более того, диаграммы процессов железнодорожного узла могут включать в себя объекты Библиотеки моделирования процессов, такие, как Delay, SelectOutput, Hold, Seize, Release, Queue, и т.д. Это означает, что теперь операционная логика железнодорожных узлов может быть полностью задана графически простым перетаскиванием объектов (в стиле drag-and-drop).[3]

## 2 Техническое задание

### 2.1 Введение

Программный продукт компании The AnyLogic Company AnyLogic является мощным инструментом ИМ. Инструмент обладает современным графическим интерфейсом и позволяет использовать язык Java для разработки моделей. Среда моделирования AnyLogic поддерживает проектирование, разработку, документирование модели, выполнение компьютерных экспериментов с моделью, включая различные виды анализа — от анализа чувствительности до оптимизации параметров модели относительно некоторого критерия. Все вышеперечисленные преимущества позволяют выбрать эту среду для разработки модели.

### 2.2 Общие сведения

Основание для разработки: задание на курсовой проект.

Заказчик: Кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э.Баумана

Разработчик: студент кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства» Айбушев Т.К.

Наименование темы разработки: «Моделирование транспортного узла станции метро Третьяковская»

### 2.3 Назначение разработки

Анализ и выявление узких мест транспортного узла, выработка предложений для улучшения ситуации.

### 2.4 Требования к модели

#### 2.4.1 Требования к порядку сбора статистических данных

Статистические данные необходимо собирать непосредственно на станции в момент наибольшей нагрузки станции а именно в промежуток времени с 9:00 до 10:00 в будний день. Для синхронизации собранных данных необходимо про-

изводить сбор данных в одно время со всех направлений пассажиропотоков. А именно по одному статисту для каждого из направлений.

#### 2.4.2 Требования к модели

- Необходимо смоделировать часть всего пересадочного узла, а именно ту часть куда приходят поезда от станции Новокосино.
- Моделирование производить в среде AnyLogic
- Статистику оформлять в унифицированном виде.
- Выработать предложения по улучшению станции

#### 2.4.3 Требования к статистическим данным

Данные должны соответствовать реальному положению на станции в момент сбора статистики.

#### 2.4.4 Требования к результатам моделирования

Модель должна в полной мере соответствовать статистическим данным собранным на станции. Необходимо удостовериться в их соответствии.

#### 2.4.5 Требования к составу и параметрам технических средств

Модель должна работать на компьютерах со следующими характеристиками:

- Объем ОЗУ не менее 2048 Мб;
- 500МВ свободного дискового пространства;
- Современный процессор для хорошей производительности.;
- Рекомендуется использовать мышь;

#### 2.4.6 Требования к маркировке и упаковке

Требования к маркировке и упаковке не предъявляются

## 2.4.7 Требования к составу и параметрам технических средств

Система должна работать под управлением следующих ОС: Windows 7  
Для моделирования необходимо использовать программный продукт компании The AnyLogic Company AnyLogic

## 2.4.8 Требования к транспортированию и хранению

Требования к транспортированию и хранению не предъявляются.

## 2.4.9 Требования к транспортированию и хранению

Требования к транспортированию и хранению не предъявляются.

## 2.5 Стадии и этапы разработки

Плановый срок начала разработки – 01 сентября 2014г. Плановый срок окончания разработки – 22 декабря 2014г. Этапы разработки:

- Концептуальный этап проектирования системы;
- Технический этап проектирования системы;
- Рабочий этап проектирования системы.

## 2.6 Порядок контроля и приемки

Прием и контроль работоспособности осуществляется научным руководителем, после полного согласия разработчика о работоспособности и соответствии действительности модели.

### 3 Концептуальный этап проектирования системы

#### 3.1 Выделение ключевых элементов моделирования

Для полного описания модели необходимо составить схему пассажиропотоков. На станции есть два выхода, одна пересадка и одна кроссплатформенная пересадка. Соответственно из каждого и направлений пешеходы могут как уходить так и приходить. Исключения составляют только поезда от станции Новокосино. Так как Третьяковская является для них конечной они не могут попасть в поезд.

Наиболее затрудненное место для сбора статистики является определение количества людей делающих кроссплатформенную пересадку. Поэтому количество людей совершающих такую пересадку мы примем неизвестной. Соответственно для каждого из потоков необходимо собрать статистику, а оставшийся переход вычислить как единственный неизвестный.

Пешеходы с вероятностью  $p_i$  попадают в каждый выход. Вероятности для каждого из направления необходимо вычислить.

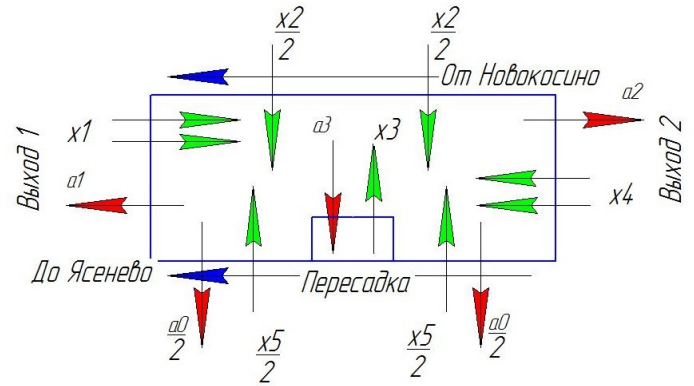
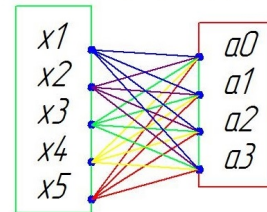


Рис. 3 – Схема пассажиропотоков

Появление людей Уход людей



$$a_0 = \sum_{k=1}^5 x_k - \sum_{i=0}^3 a_i$$

$$p_i = \frac{a_i}{\sum_{i=0}^3 a_i}$$

$$x_k \xrightarrow{p_i} a_i$$

Рис. 4 – Взаимосвязь выходов и входов

### 3.2 Выделение ролей в разработке проекта

Если формально распределить обязанности каждого из этапов моделирования, то можно выделить 5 основных ролей:

- Аналитик;
- Статист;
- Методист;
- Разработчик;
- Концептуальный проектировщик ;

### 3.3 Распределение активностей каждой роли

Статист занимается сбором статистики и переводом статистики в унифицированный вид.

Методист занимается определением ключевых параметров и определением принципов сбора данных. Он непосредственно взаимодействует со статистом, формулируя методику сбора данных.

Аналитик определяет механизм сбора данных, а так же анализирует собранную статистику. Аналитик вместе с разработчиком занимается адаптацией модели т.е. соотносит реальные статистические данные со статистикой собранной в модели.

Разработчик внедряет собранные статистом данные в модель. Формирует данные расписания прибытия поездов, пассажиропотоков, направлений движения и тд. в подходящий для системы вид, а так же непосредственно реализует логику системы сформулированную концептуальным проектировщиком.

Концептуальный проектировщик озабочен наиболее фундаментальными вопросами системы. Непосредственно он выделяет необходимые элементы для моделирования. Формирует логическую схему системы в общем виде и структурирует модель выделяя структурные общности.[2]

## 4 Технический этап проектирования системы

### 4.1 Создание схемы пассажиропотоков

Первым этапом технического проектирования пассажиропотоков является создание схемы пассажиропотоков. На этом этапе только моделируются направления движения пешеходов которые на этапе концептуального проектирования были выбраны как наиболее значимые. Схемы движения пассажиропотоков изображены листе 2. И в соответствие с ним формируется и реальная логика системы.

В рамках данной задачи было принято решение реализовывать модель в плоском виде, без использования трехмерной графики. Это в свою очередь накладывает некоторые ограничения на реализацию системы. Этот конфликт возникает когда необходимо учиты-

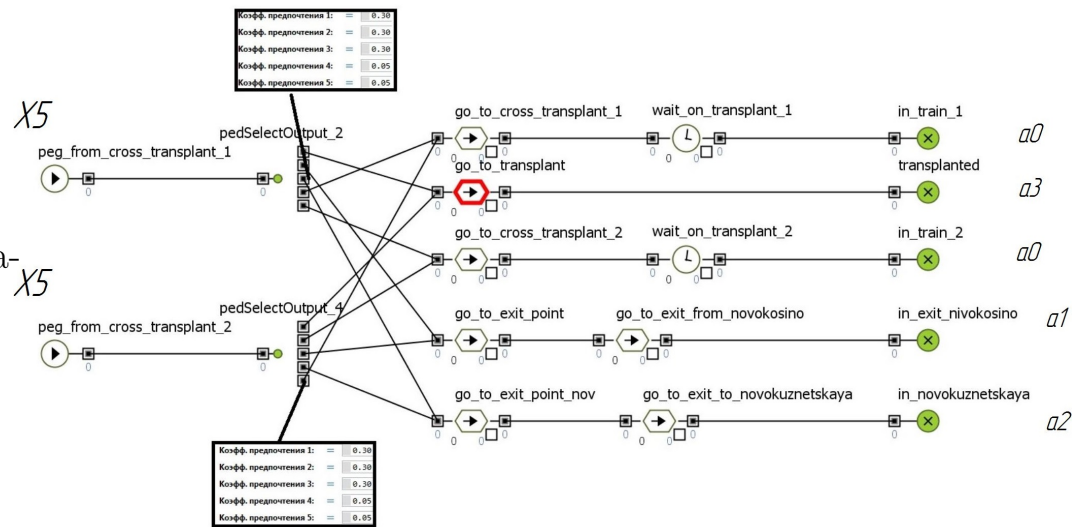


Рис. 5 – Пример реализации логики

вать перемещение пешеходов по высоте. Так при переходе и пересадке пешеходы находятся на разных уровнях. Поэтому этот элемент доступен только для пешеходов соверш ающих переход.

Еще интересен момент перемещения пешеходов на эскалаторе. Использование стандартных элементов обслуживания мешеходов в данной проблеме не возможно. Так как обслуживание подразумевает неподвижность обслуживаемых объектов. В таком сличае был применен другой прием. В момент когда пешеходы попадают на эскалатор их скорость снижается до скорости движения



эскалатора, что и моделирует относительное перемещение пешеходов.

Еще одним ограничением выступило количество элементов которые можно использовать в пешеходной библиотеке в университетской лицензии AnyLogic. Поэтому, например, количество мест откуда появляются пешеходы из вагона было минимизированного до одного. При этом все пешеходы появляются в одном месте равно распределенно по длине линии появления. А так же это позволило смоделировать только один участок узла из трех. Но всвязи с тем, что масштабирование моделей такого типа задача достаточно простая, это не уменьшает сложность написания модели. [1]

## 4.2 Создание схемы движения поездов

Для описания поездов использовалась железнодорожная библиотека. После въезда поезда на станцию он останавливается, некоторое время ждет потом отправляется. Все эти действия были описаны в модели.

Описание элементов схемы (см. Рис. 6). Объект RailYard задает сеть железнодорожных путей и стрелок, основываясь на заданной группе фи-

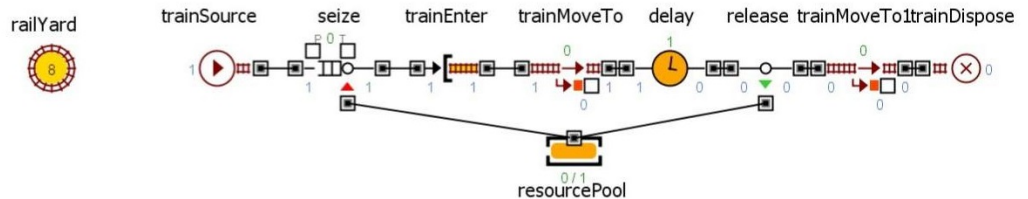


Рис. 6 – Пример реализации логики движения поездов

гур, проверяет правильность сети и визуализирует работу узла с помощью анимации во время выполнения модели. Этот объект необходим для любой железнодорожной модели. Объекта TrainSource создает поезда, помещает их на один из путей ж/д узла, и вставляет заявку типа Train в диаграмму процесса поезда. Объект Seize захватывает заданное количество ресурсов. Release освобождает заданное количество ресурсов, заданных указанным объектом ResourcePool. ResourcePool задает набор ресурсов, которые могут захватываться и освобождаться заявками с помощью объектов Seize, Release и Service TrainEnter поме-

щает поступающую в объект заявку-поезд на заданный путь железнодорожной сети. TrainExit извлекает поступающий в объект поезд из железнодорожной сети и передает заявку-поезд далее. TrainMoveTo единственный объект, который управляет движением поезда. Поезд может перемещаться только тогда, когда он находится в объекте. [3]

### 4.3 Внедрение статистики

Объект сбора статистики Статистика вычисляет основную статистическую информацию (среднее значение, минимум, максимум и т.д.) для последовательности измеренных значений (типа double). Для внедрения статистики ее предварительно необ-

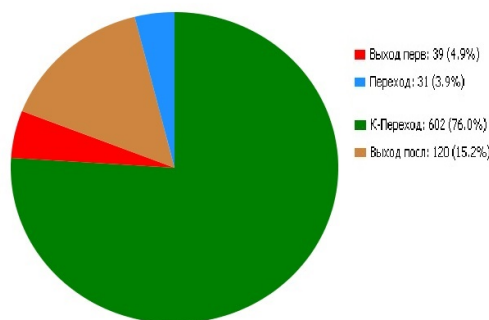


Рис. 7 – Пример распределения потоков для выходов из поездов от Новокосино

ходимо было переработать. И вычислить распределения пассажиров по направлениям. На Рис. 7 приведен пример распределения для выходов из поездов от Новокосино. Статистика по всем направлениям в Приложении. Имея статистические данные их можно внедрять в модель. Для этого использовался объект pedSelectOutput он направляет входящих в объект пешеходов на один из пяти выходных портов. Условия вычисляются последовательно: вначале проверяется условие, заданное для первого порта (Условие 1). Если оно выполняется, то пешеход покидает объект через первый (самый верхний) порт out1. Если нет, то проверяется следующее условие, в случае выполнения которого пешеход покинет объект через порт out2, и так далее, если ни одно из четырех условий выполнено не будет, то будет выбран последний порт out5. Условиями в нашем

случае выступали коэффициенты предпочтения.

## 4.4 Создание расписания

Важный этап моделирования это непосредственно внедрение собранной статистики в модель. Расписание может работать в одном из двух режимов: задание интервалов времени или задание моментов времени.

Данные

Тип: ☒ да/нет ☐ целое ☐ вещественное

Расписание задает: ☒ Интервалы (Начало, Конец) ☐ Моменты времени

Длительность: ☐ Неделя ☐ Дни/Недели ☒ Другая (нет привязки к календарю)

Повторять каждые: 415 сек.

☐ Привязать к 0

Интервалы задаются как: ☐ Список начальных и конечных времен ☒ Список начальных времен

Начальное вр...	Значение
0	<input checked="" type="radio"/> да
105	<input checked="" type="radio"/> да
210	<input checked="" type="radio"/> да

Рис. 8 – Расписание

Первый режим (интервалы) обычно используется для задания того, как значение какой-то величины непрерывно меняется во времени (обычно - с определенной циклическостью). В данном случае в любой момент времени задаваемая расписанием величина будет иметь какое-то значение. С помощью интервалов задаются и расписания работы смен рабочих, и изменение интенсивности создания заявок или пешеходов, и многое другое.

Второй (моменты времени) используется тогда, когда задается последовательность ключевых моментов, которым соответствуют заданные для них значения. Как и было реализовано расписание прибытия поездов: в моменты прибытия в пешеходной модели железнодорожного вокзала на перроне появляется заданное расписанием количество пассажиров.

## 4.5 Связывание прибытия поездов с пассажиропотоками

Для этого использовались действия при входе в объект delay. Когда поезд останавливается на станции, сразу же выходят пешеходы.

## 5 Рабочий этап проектирования системы

### 5.1 Сбор статистики на станции

Сбор статистики происходил в утром 17 ноября 2014 года. Для сбора статистики понадобилось пять статистов. Каждый из статистов собирал информацию, по каждому из направлений. Время фиксировалось по факту прибытия поезда. Нас интересовало сколько людей успевают проти к тому или иному направлению за промежутки между прибытия поездов. В некоторых направлениях как выходы из станции, возле эскалаторов скапливалось много людей, количество людей стоящих в очереди оценивалось примерно 4-6 человек на квадратный метр.

На Рис. 8 приведен пример статистики для кроссплатформенной станции. В тот виде в котором она представлена на картинке это уже конечный вариант. Тут уже просчитаны промежутки времени между прибытиями поездов. Наиболее сложный для сбора статистики участок был - выход пассажиров из вагона от станции метро Новокосино, т.к. для них это конечная станция и весь вагон выходит одновременно. Как

не странно это достаточно большой поток людей. Для упрощения подсчетов

Кросс-платформенная пересадка. Вышло из вагона (x2)		
Время прихода поезда	Время наблюдения	Количество людей
17.11.2014		
9:21:00	0:00:50	1088
9:21:50	0:01:45	34
9:22:45	0:00:48	1120
9:23:33	0:03:25	35
9:26:10	0:00:30	1120
9:26:40	0:01:50	35
9:28:00	0:00:20	1216
9:28:20	0:01:34	38
9:29:34	0:00:40	1152
9:30:14	0:02:06	36
9:31:40	0:00:30	1248
9:32:10	0:04:20	39
9:36:00	0:00:30	1184
9:36:30	0:01:40	37
9:37:40	0:00:30	1280
9:38:10		40

Рис. 9 – Пример оформления статистики

было принято решение собирать статистику из каждого выхода из вагона, т.е. каждый следующий приезд поезда означал смену выхода для сбора статистики. Так пройдя большую часть выходов из вагонов было собрано достаточно статистики по каждому из вагонов и было построено распределение количества пассажиров выходящих из вагонов.

## 5.2 Сбор статистики с модели

Для проверки адекватности модели было необходимо проверить соответствует ли статистика собранная на станции модельной статистике. Для этого использовались инструменты для сбора статистики AnyLogic.

Объект сбора статисти-

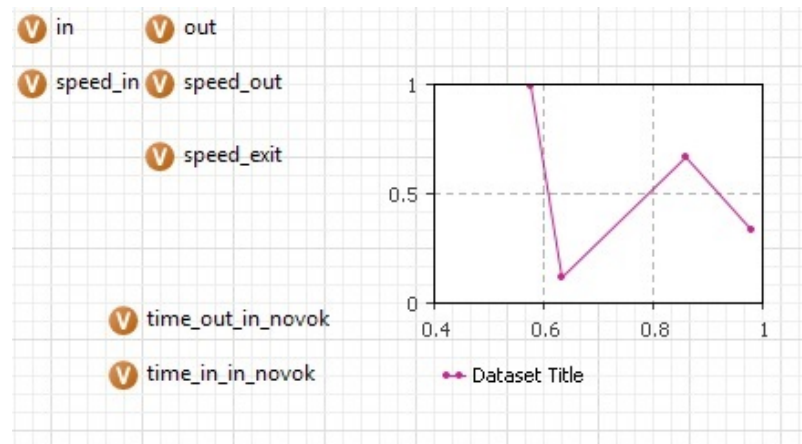


Рис. 10 – Пример сбора статистики в AnyLogic

стики Статистика вычисляет основную статистическую информацию (среднее значение, минимум, максимум и т.д.) для последовательности измеренных значений (типа double). Так на Рис.10 показан пример элементов необходимых для сбора статистики. Так например in и out это переменные, они помогают отслеживать изменения значения, в данном случае, времени прихода объекта типа Red в заданную область.

## 5.3 Анализ проблемным мест модели

После проверки адекватности модели для определения узких мест использовалась карта плотности. На ней можно проследить в каких местах наиболее плотный пассажиропоток.

В нашем случае осложнены выходы с пирона на станцию они подствечивается красных цветом на карте плотности.

А так же выход со станции в направлении станции Новокуз-

нетская. Для более точного определения плотности пассажиропотоков использовался метод `getCurrentDensity`, который позволяет вычислить точное значение плотности для конкретной точки. Конкретные значения представлены на листе 6.

#### 5.4 Внедрение изменени в модель

По Рис.12 видно, что больше всего людей скуапливается у выходов на станцию с платформы. Как один из вариантов решения такой проблемы было предложено применить изменение геометрии станции.

Новая карта плотности показывает, что если снести некоторые стены на станции и обновить эскалаторы, то большая часть проблем с давной будет решена. Во время исследования модели были рассмотрены и другие варианты. Разного рода вариации геомметрии стен и многое другие. Так как станция далеко не новая, проектировалась для совсем другой нагрузки, то такая реконструкция уже необходима и достаточно не сильно финансовозатратна.

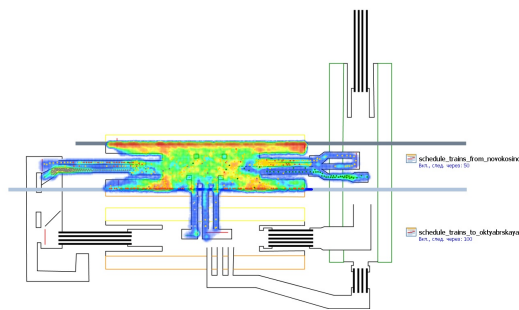


Рис. 11 – Карта плотности подели

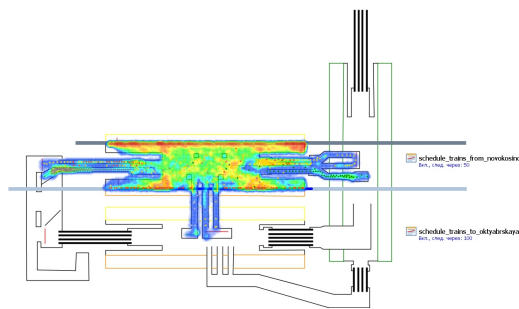


Рис. 12 – Карта плотности подели

# Список литературы

- 1) Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование 3-е изд. - СПб: Питер, 2004. -847
- 2) Прицкер, А. Алан Б. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II Москва : Мир, 1987 . – 644 с.
- 3) [www.anylogic.ru/anylogic/help/](http://www.anylogic.ru/anylogic/help/)

Переход на платформе				Выход				Кросс-платформенная пересадка. Вышло из вагона.(x2)			Кросс-платформенная		Оранжевая	Количес	Количество выходов		
Время п	Время на	Количество		Время п	Время наблю	Количество людей пр	Колич	Время прихода поезда	Время наблюдения	Количество людей	Время при	Время наб	Количество люде	8	4	Время(Средне	Пересадка
17.11.20		Октя	Нет	17.11.20				17.11.2014			26.11.2014				Промежу	0:01:42	
				Первый вагон в центр(a2)											0:01:47	0:01:37	
8:55:00	0:00:45	70		8:56	0:03	180	30	9:21:00	0:00:50	1088	9:11:00	0:00:50				9:04:00	588
8:55:45	0:01:45							9:21:50	0:01:45	34	9:11:50	0:01:45	7				
8:56:45	0:00:45	63		8:59		160	10	9:22:45	0:00:48	1120	9:12:45	0:00:48	256			9:06:10	687
8:57:30	0:01:45							9:23:33	0:03:25	35	9:13:33	0:03:25	8				
8:58:30	0:01:10	106		9:00	0:02	210	40	9:26:10	0:00:30	1120	9:16:10	0:00:30	320			9:08:13	564
8:59:40	0:01:35							9:26:40	0:01:50	35	9:16:40	0:01:50	10				
9:00:05	0:01:09	47		9:02		240	60	9:28:00	0:00:20	1216	9:18:00	0:00:20	224			9:10:02	659
9:01:14	0:01:25							9:28:20	0:01:34	38	9:18:20	0:01:34	7				
9:01:30	0:00:30	26	60	9:03	0:02	240	40	9:29:34	0:00:40	1152	9:19:34	0:00:40	224			Среднее время перехода	
9:02:00	0:01:45							9:30:14	0:02:06	36	9:20:14	0:02:06	7			0:00:35	
9:03:15	0:00:35	26	48	9:05		230	60	9:31:40	0:00:30	1248	9:21:40	0:00:30	128				
9:03:50	0:01:37							9:32:10	0:04:20	39	9:22:10	0:04:20	4				
9:04:52	0:00:50	20	47	9:11	0:02	210	0	9:36:00	0:00:30	1184	9:26:00	0:00:30	384				
9:05:42	0:01:50							9:36:30	0:01:40	37	9:26:30	0:01:40	12				
9:06:42	0:00:48	36		9:13		240	10	9:37:40	0:00:30	1280	9:27:40	0:00:30	416				
9:07:30	0:01:18							9:38:10		40	9:28:10	0:01:00	13				
9:08:00	0:00:46		26	9:15	0:02	250	10				9:28:40	0:00:30					
9:08:46	0:00:41										9:29:10		4				
9:08:41	0:00:40	42		9:17		220	20										
9:09:21	0:00:49			Последний вагон в центр(a1)				Уход людей			Приход людей		За час				
9:09:30	0:00:40	53		9:21	0:03	110	0	a0	1006,385714	0,7399700638	x1	53,75	2354,25				
9:10:10	0:00:55							a1	103,75			1016	44500,8				
9:10:25	0:01:05	33		9:24		100	0	a2	196	0,07628476143	x2	10	438				
9:11:30	0:01:35							a3	53,9	0,1441138626	x3	38	1664,4				
9:12:00	0:00:45	87		9:26	0:01	100	0			0,0396313122	x4	242,285714	10612,114				
9:12:45	0:01:24									1	x5	Козфф. ча	43,8				
9:13:24	0:01:06	84		9:27		105	0										
9:14:30	0:01:46																
9:15:10	0:00:45	8		Выход													
9:15:55	0:00:40			Время п	Время наблю	Количество людей прошло		За время	0:01:37								
9:15:50	0:00:50	70		26.11.20				Название	Количество								
9:16:40	0:01:00			Первый вагон в центр(x4)				Переход	53,9								
9:16:50	0:00:30	16		8:56	0:03	60		Выход перв	196	Переход	4						
9:17:20	0:00:40							Выход посл	103,75	Выход перв	15						
9:17:30	0:00:40		69	8:59		40		К-Переход	1006,385714	Выход посл	5						
9:18:10	0:01:29									К-Переход	76						
9:18:59	0:01:01	75		9:00	0:02	35		За час									
9:20:00	0:01:31							Козфф. часовой	43,8								
9:20:30	0:00:34	23		9:02		55		Название	Количество								
9:21:04	0:00:46							Переход	2360,82								
9:21:16	0:00:49			9:03	0:02	35		Выход перв	8584,8								
9:22:05	0:00:44			Последний вагон в центр(x1)				Выход посл	4544,25								

Среднее значение потоков людей по направлениям с 9:04:00-9:40:00 17/11/2014

