

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ЭВАКУАЦИОННОГО ПЛАНА С ПОМОЩЬЮ ANYLOGIC**

**Ф.А. Насырова, В.В. Мокшин (Казань)**

Как было сказано выше, имитационное моделирование (ИМ) в настоящее время применяется в самых различных сферах и является эффективным инструментом для исследования систем и процессов, позволяя как можно точнее и нагляднее отобразить моделируемый объект и изучить динамику его функционирования [4, 8-10].

ИМ позволяет имитировать поведение системы. При этом плюсом является то, что есть возможность управлять временем в модели: замедлять для удобства более подробного просмотра работы системы и ускорять для моделирования систем с медленной процессией изменчивости [1-3].

На данный момент ССИМ славятся удобным графическим интерфейсом, поддержкой объектно-ориентированных языков программирования (Java), универсальностью и гибкостью эксплуатации для любого пользователя [1, 14-15], легкостью изучения и возможностью использования нескольких методов моделирования.

В данной работе будет рассмотрено моделирование процесса эвакуации людей из здания торгового центра при ЧП.

Торговый центр (ТЦ) – это, как известно, объединение торговых и развлекательных, предприятий, предоставляющих различные услуги. Однако, прежде всего, ежедневно это место достаточно большого скопления людей. И этот факт делает торговые центры местом наиболее вероятного появления опасных для жизни людей ситуаций, которые требуют правильного использования эвакуационного плана для оперативного покидания здания.

Использование средств имитационного моделирования для оптимизации данной системы позволит снизить затраты на расчет вариантов оптимизации системы и тем самым значительно увеличить скорость процессии выбора оптимального варианта для успешного решения задачи [5-7]. Здесь важно провести несколько экспериментов, создавая имитацию ЧП, чтобы проследить за эффективностью работы схемы выходов и входов в здании. Ведь в реальности от этого могут зависеть уже жизни настоящих людей, а не имитационных агентов.

Цель и задачи исследования

Целью данной задачи является построить эффективную модель плана эвакуации здания ТЦ и минимизировать эвакуационное время.

При достижении цели необходимо оптимизировать полученную модель для определения рекомендаций по усовершенствованию процесса вывода людей и минимизации времени пребывания на лестницах здания и в холле этажа.

В рамках данной работы необходимо выполнить следующие задачи:

- Оптимизировать выбор выходов в зависимости от количества эвакуированных людей;
- Минимизировать образование заторов на лестницах при эвакуации или же при необходимости оперативно избавиться от них.

Описание модели, ее «прогон» и основные результаты

Построение и оптимизация модели плана эвакуации производилась в системе имитационного моделирования Anylogic. Модель плана изображена на рисунке 1. А модель после запуска на рисунке 2.

На втором этаже находятся магазины: Hm, Bershka, Sportmaster, Zara. Для того, чтобы спуститься со 2 этажа на 1 есть 2 лестницы – Lestnica1 и Lestnica2. На первом этаже имеется один магазин Vefree, из которого до выхода ведет коридор (Koridor). Floor11 и Floor 12 – это два холла первого этажа. Из них есть всего 4 выхода, а перед ними условие, которое рассчитывает по общему количеству вышедших, куда лучше пустить людей.

Всего из магазина выводится 1500 человек.

Мы заведомо сами при запуске создаем имитацию возгорания в здании и вывод людей из него.

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

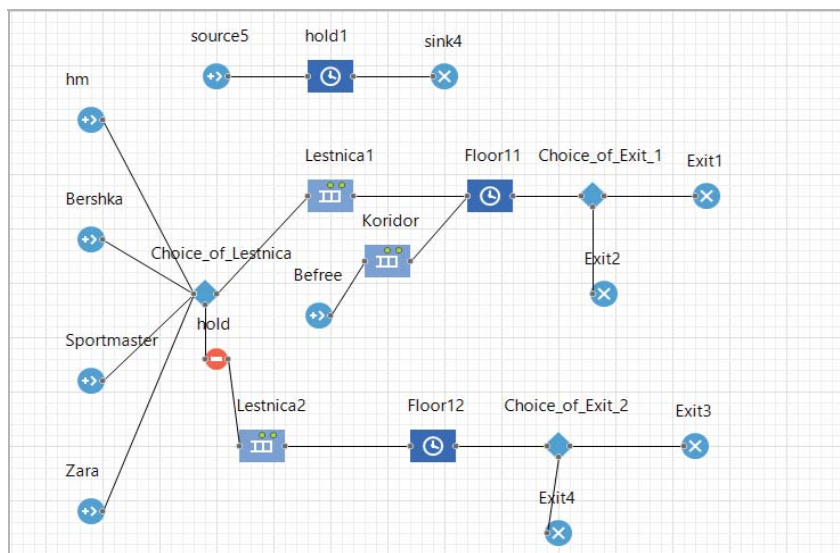


Рис.1. Имитационная модель плана ТЦ в AnyLogic

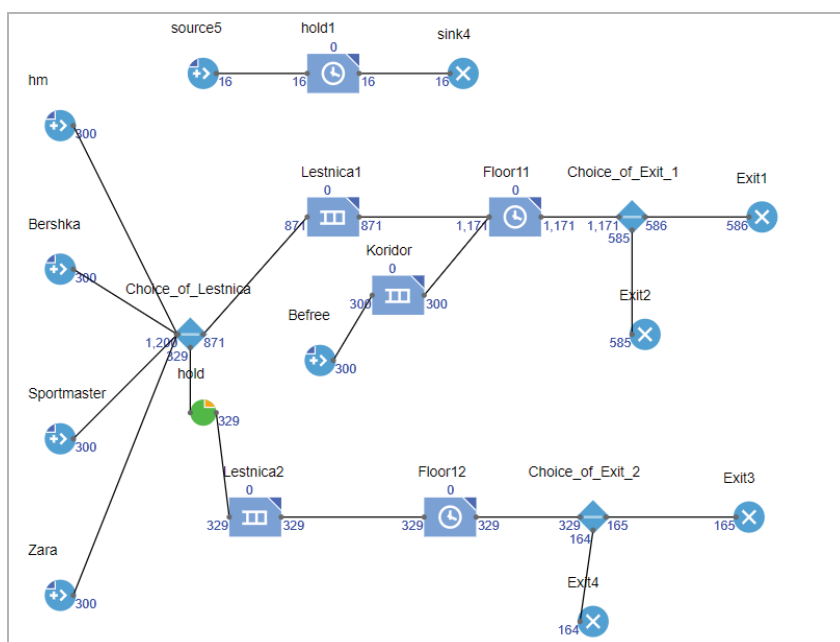


Рис.2. Имитационная модель плана ТЦ в AnyLogic после запуска

Результатами моделирования являются:

- 1) Время пребывания транзакта в системе (человека в здании);
- 2) Время ожидания людей в очереди;
- 3) Длина очереди;
- 4) Работа операторов задержки;

Подробнее разберем пункт времени пребывания в системе, и для этого рассмотрим рисунок 3.

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



Рис.3. Гистограмма времени пребывания в системе

По данным этого рисунка построим небольшую таблицу (Таб. 1) с интервалами распределения времени и количеством измерений, находящихся в этом интервале. Можно заметить, что наибольшее количество находится в интервалах от 450 до 600 и от 900 до 1050.

Таблица 1. Плотность распределения времени пребывания в системе

Интервал		Количество измерений
от	до	
0	150	93
150	300	96
300	450	101
450	600	110
600	750	109
750	900	96
900	1050	110
1050	1200	105
1200	1350	100
1350	1500	80

#### Усовершенствование модели

Для наглядности процесса мы можем воспользоваться небольшой 2D (Рис.4), а также 3D моделями (Рис.5, Рис.6), построенными по данным первоначальной простой модели.

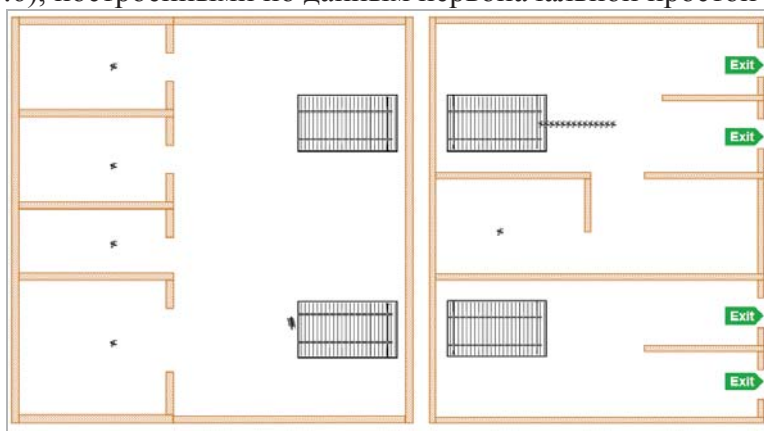


Рис.4. Имитационная 2D модель плана ТЦ в AnyLogic после запуска (вид сверху).

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

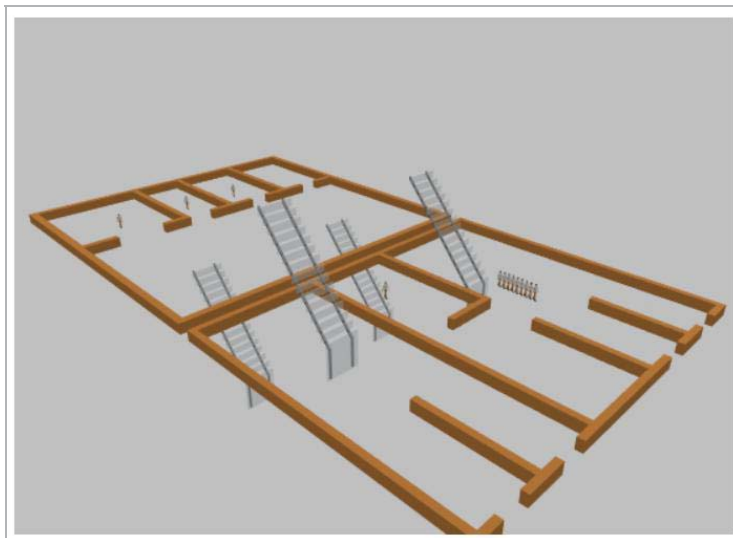


Рис.5. Имитационная 3D модель плана ТЦ в AnyLogic после запуска (вид сбоку спереди первого этажа).

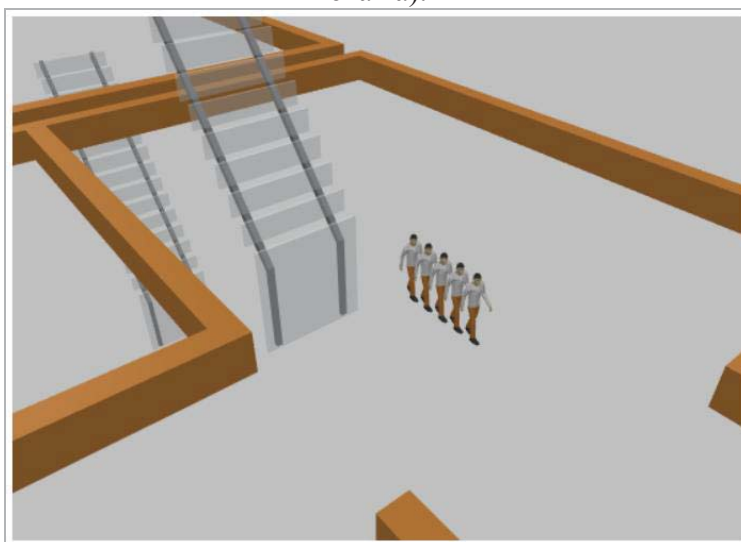


Рис.6. Имитационная 3D модель плана ТЦ в AnyLogic после запуска (вид Лестницы 1).

#### Оптимизация

Невозможно обойтись без оптимизации для любой системы. В этой модели проведем оптимизацию эвакуационного процесса из торгового центра путем регулировки двух коридоров первого этажа и времени решения чрезвычайных ситуаций и происшествий на лестницах, которые ведут со второго этажа на первый.

Эта оптимизация необходима, так как она показывает, какое может быть полное время эвакуации даже при различных чрезвычайных ситуациях, которые при данных условиях неизбежны, ведь контролировать людей при экстренных ситуациях невозможно. Человеческий фактор и паника имеют место быть.

До оптимизации из-за непредвиденных заторов и скоплений на лестницах, либо в коридорах, люди продолжали оставаться в здании и после завершения работы системы. Однако, спустя время, корректируя такие параметры, как время прохождения через коридоры и холл, условие выбора правильной лестницы и верного выхода из четырех, работа устройства задержки, удалось достичь максимально хорошего результата и обходиться без потерь.

По выведенным таблице и диаграмме (Таб. 2, Рис. 7) мы можем увидеть, что самое оптимальное количество людей, находящихся в первом и втором холлах первого этажа (F11 и F12) в среднем: 24 и 32 человека соответственно. А лучшее время для устранения ЧП на второй лестнице – 48 с.

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

Таблица 2. Оптимизация

	Текущее	Лучшее
Итерация:	500	2
Функционал ↓	32.5	28
<b>Параметры</b>		Copy best
T_in	0	0
<b>F11</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
<b>F12</b>	<b>41</b>	<b>32</b>
<b>h_hold</b>	<b>62</b>	<b>48</b>

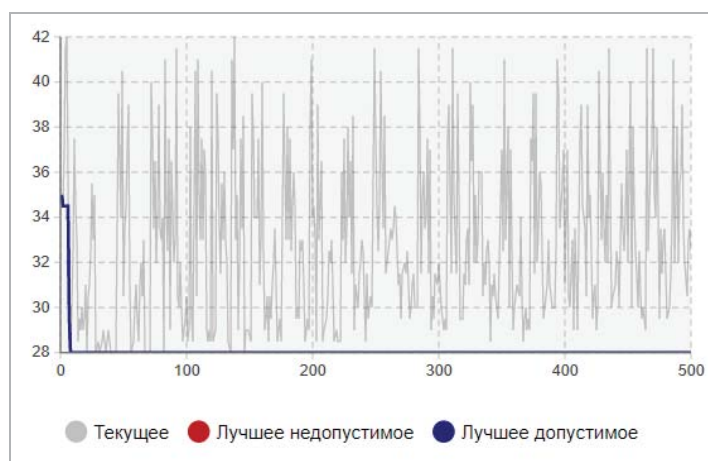


Рис. 7. Диаграмма по Таблице 2

#### Заключение.

В процессе выполнения работы в системе имитационного моделирования Anylogic была создана модель, организующая процесс оперативного эвакуирования людей из здания ТЦ. Была проведена оптимизация данной имитационной модели с помощью регулирования количества людей проходящих по первому этажу и корректировки времени прохождения лестниц и коридоров здания.

Эта имитационная модель, созданная в AnyLogic, способствует оптимизации и ускорению работы спасательных служб и проектировщиков зданий, благодаря возможности проведения множества экспериментов с системой в самой программе с внесением необходимых поправок и удобной наглядности процесса.

#### Литература

1. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Костюхина Г.В., Шигаева Т.А. Комплексный подход к моделированию сложных систем в системе VRwin-Arena // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 287-292.
2. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Вестник Казанского технологического университета, 17, 4, 298-303 (2014).
3. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, С.В. Матвеева, В.В. Мокшин, К.А. Фролова, Вестник Казанского технологического университета, 17, 15, 338-343 (2014).
4. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А. Вестник Технологического университета, 18, 5, 184-188 (2015).

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

---

5. В.В. Мокшин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 3, 89-93 (2009).
6. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Захарова З.Х. Вестник Технологического университета, 20, 18, 120-126 (2017).
7. В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, 20, 17, 99-103 (2017).
8. В.В. Мокшин, И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, 20, 19, 75-81 (2017).
9. В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, 20, 21, 80-85 (2017).
10. Э.И. Салихова, В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, П.И. Тутубалин, О.П. Михайлова, Вестник Технологического университета, 21, 2, 163-168 (2018).
11. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Нелинейный мир, 9, 8, 497-499 (2011).
12. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, А.Н. Козар, Г.Е. Борзов, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 4, 112-116 (2008).
13. В.С. Моисеев, В.В. Дятчин, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 2, 55-58 (2007).
14. В.С. Моисеев, А.Н. Козар, П.И. Тутубалин, К.В. Бормотов, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 1, 40-45 (2005).