

*На правах рукописи*

*Подпись аспиранта*

---

Свистунова Александра Сергеевна

---

*ФИО аспиранта*

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ  
ПАССАЖИРОВ В АЭРОВОКЗАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

---

*наименование темы научно-квалификационной работы (заглавными буквами)*

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации

---

*отрасль науки (шифр и наименование научной специальности)*

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

---

*наименование направленности (шифр и наименование направления)*

Академическая степень **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

## НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

Научный руководитель: Сараджишвили Сергей Эрикович, к.т.н., доцент  
*ученая степень, ученое звание, должность, ФИО полностью*

Научно-квалификационная работа выполнена в высшей школе киберфизических систем и управления института компьютерных наук и технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

- Директор ВШ КФСУ: – Шкодырев Вячеслав Петрович, д.т.н., профессор
- Научный руководитель: – Сараджишвили Сергей Эрикович, к.т.н., доцент
- Рецензент: – Лебедев Илья Сергеевич, д.т.н., главный научный сотрудник, СПб ФИЦ РАН

С научным докладом можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и на сайте Электронной библиотеки СПбПУ по адресу: <http://elib.spbstu.ru>

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность работы**

В настоящее время состояние пассажирских авиаперевозок в России характеризуется большим количеством неблагоприятных факторов. Множество аэровокзальных комплексов не уделяют достаточного внимания процессу обслуживания пассажиров и ориентируются лишь на развитие спектра авиационных услуг. Перегруженность зданий аэровокзалов, увеличение количества авиаперевозок, социально-экономические ситуации и другие факторы вызывают необходимость в реорганизации управления пассажиропотоками в здании аэровокзала.

Однако проведение натурных исследований сопряжено с большими материальными и трудовыми затратами. Следовательно, проблема для исследования определяется следующим образом: отсутствие полноценной имитационной модели процессов обслуживания пассажиров в современном аэровокзальном комплексе.

### **Цель и задачи исследования**

Целью работы является разработка имитационной модели процессов обслуживания пассажиров в современных аэропортовых комплексах.

С учетом поставленной цели исследования в работе решаются следующие **задачи**:

- провести анализ современных подходов к оценке систем массового обслуживания;
- проанализировать особенности процессов массового обслуживания в современных аэровокзальных комплексах;
- изучить роль имитационной модели в процессе обслуживания пассажиров;
- изучить современное состояние аэровокзального комплекса;

- на основе полного анализа полученных данных разработать имитационную модель процессов обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе на примере аэропорта Пулково. Данный пункт включает в себя создание схемы аэропорта, построение 2-D и 3-D моделей обслуживания входящего пассажиропотока, проведение имитационных экспериментов и анализ результатов для нахождения оптимального количества обслуживающих каналов с целью повышения производительности всей системы в целом.

### **Научная новизна**

Научная новизна данной работы заключается в использовании одновременно двух методов оценки системы массового обслуживания: Пуассоновского распределения и имитационного моделирования, при котором учтены параметры интенсивности и неоднородности входящих потоков.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Выполненная работа обладает высокой теоретической значимостью, поскольку содержит формулы, соотношения и имитационную модель, которые направлены на улучшение системы обслуживания пассажиров, а также высокой практической значимостью, поскольку ее результаты позволяют уточнять результаты измерений, выполняемых на объекте.

Предложенный способ повышения качества функционирования системы массового обслуживания пассажиров позволяет осуществить оценку производительности и возможностей реструктуризации и модернизации на основе предложенных характеристик качества с учетом прогноза распределения пассажиропотоков.

## Апробация работы

Результаты работы апробированы на следующих конференциях и научных мероприятиях:

1. Десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2021). Санкт-Петербург, 2021, 20-22 октября.

2. Двадцать пятая международная научная и учебно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении». Санкт-Петербург, 13–14 октября 2021 года.

3. Международная научно-практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2020», Санкт-Петербург, 10-11 ноября 2020 года.

4. Двадцать четвертая международная научная и учебно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении». Санкт-Петербург, 13–14 октября 2020 года.

5. Одиннадцатая Санкт-Петербургская межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России» (ИБРР-2019). Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 года.

6. Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019). Екатеринбург, 2019, 16-18 октября.

7. Пятая межрегиональная научно-практическая конференция «Перспективные направления развития отечественных информационных технологий». Севастополь, 24–28 сентября 2019 года.

8. Восемнадцатая международная научно-практическая конференция «Логистика: современные тенденции развития». Санкт-Петербург, 4–5 апреля 2019 года.

9. Межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России. Региональная информатика» (РИ-2018). Санкт-Петербург, 24–26 октября 2018 года.
10. Семнадцатая международная научно-практическая конференция «Логистика: современные тенденции развития». Санкт-Петербург, 12–13 апреля 2018 года.

### **Публикации**

По тематике выполненного исследования опубликовано десять печатных работ, четыре из которых – в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов ВАК, в том числе, две – в международных изданиях, индексируемых в базе данных Web Of Science.

### **Представление научного доклада: основные положения**

1. Расширяемая имитационная модель пассажиропотока, отражающая его поведение, предназначенная для низкоуровневого исследования пешеходных библиотек;
2. Методика оценки эффективности системы массового обслуживания с неограниченной длинной очереди.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

*(по главам)*

**Во введении** описаны особенности развития процессов обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе. Рассмотрена роль имитационной модели в процессе обслуживания пассажиров. Аэровокзальный комплекс аэропорта рассмотрен как многоканальная система массового обслуживания. Произведен анализ исследований по теме использования теории массового обслуживания для повышения эффективности функционирования самого аэровокзала и его подразделений. Вопрос повышения эффективности функционирования аэропорта с использованием метода теории массового

обслуживания изучали многие исследователи. Большинство из них предполагали, что входной поток и выходной поток в системах обслуживания простейшие, однако следует рассматривать данные потоки с учетом их интенсивности.

**В первой главе** рассмотрен предмет, задачи теории и классификация систем массового обслуживания. Произведен обзор существующих моделей систем массового обслуживания. Рассмотрены особенности процессов массового обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе. Произведена оценка эффективности массового обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе.

Как многоканальная система массового обслуживания аэропорт является совокупностью объектов, осуществляющих обработку материальных, человеческих и информационных потоков в целях контроля и поддержания безопасности в аэропорту, а также для передачи информации о пассажире с момента приобретения им проездного документа до момента посадки. Пассажиры, проходящие через систему, имеют особые характеристики, определяющие порядок их обработки. Так, например, пассажиры международных рейсов проходят проверку таможенных и пограничных органов, следовательно, последовательность сервисов для данной категории пассажиров отличается от пассажиров внутренних рейсов.

В исследованиях, проведенных в рамках данной работы, учтена заданная интенсивность заявок, которые поступают в систему, сама система является многофазной. Время пребывания в очереди является случайной величиной, которая имеет пуассоновское распределение, одинаковое для всех заявок на выбранном обслуживающем канале. Если определенное обслуживающее устройство занято, то вновь поступившая заявка будет ожидать обслуживания в очереди.

Простейший поток обслуживания можно описать методом пуассоновского распределения с заданной интенсивностью (параметром

$\lambda(t)$ ). Случайная величина в свою очередь равна времени между двумя последовательными регистрациями события в данном потоке.

Поток заявок называют простейшим, когда он удовлетворяет следующим условиям:

1. Заявки поступают в систему независимо друг от друга;
2. Возможность поступления исходного количества заявок на каждом временном отрезке  $[t_1, t_2]$  зависит только от величины самого отрезка и не зависит от значения  $t_1$ , что позволяет говорить о среднем количестве заявок за единицу времени, которое является интенсивностью потока заявок;

3. В любой момент времени в систему может поступить только одна заявка, а вероятностью поступления одновременно двух и более заявок можно пренебречь.

Заявки в аэропорту могут покинуть систему преждевременно крайне редко, соответственно полагаем, что в ходе обслуживания заявки не покидают систему. Следовательно, будем рассматривать многоканальную систему массового обслуживания с неограниченной очередью.

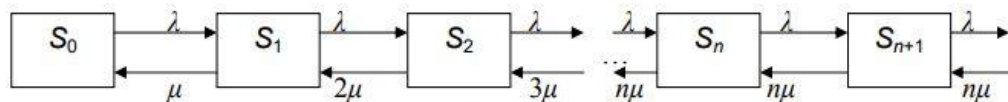


Рисунок 1 – Граф многоканальной системы массового обслуживания с неограниченной очередью

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t},$$

где  $P_k(t)$  – вероятность  $k$  успешных испытаний за время  $t$ ,  $e$  – основание натурального логарифма.

Системы массового обслуживания описывают некоторыми параметрами, которые характеризуют эффективность работы системы в целом:

$n$  – количество каналов в системе,

$m$  – количество мест в очереди,

$\lambda$  – интенсивность поступления в систему заявок,

$\mu$  – интенсивность обслуживания заявок.

При  $m \rightarrow \infty$  получаем:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{\rho^n}{(n-1)!} \times \frac{1}{n-\rho}\right)^{-1}.$$

Формула для расчёта образования очереди:

$$P_{\text{оч}} = \frac{\rho^n}{n!} \times \frac{n}{n-\rho} \times P_0.$$

Очередь не ограничена, следовательно, вероятность отказа в обслуживании заявки  $P_{\text{отк}}$  равна нулю.

$$P_{\text{отк}} = 0.$$

Формула для нахождения среднего числа заявок, находящихся в очереди:

$$L_{\text{оч}} = \frac{\rho^{n+1}}{n!} \times \frac{n}{(n-\rho)^2} \times P_0.$$

Система состоит из однотипных обслуживающих каналов, количество которых может изменяться с течением времени. Если при поступлении заявки на обслуживание, в системе имеется только один свободный канал, то исходная заявка не покидает систему и занимает имеющийся единственный канал. При отсутствии свободных каналов поступившая заявка остается в системе и ожидает обслуживания. Потоки заявок и обслуживания относятся к типу нестационарных пуассоновских.

Рассмотрим интенсивность потока посетителей аэровокзала из расчета посадки на один рейс:

Интенсивность потока составляет 200 человек в час. Имеется 5 стоек регистрации, каждая из которых обслуживает в среднем 1 посетителя за 1 минуту.

Входные данные:  $n = 5$ ,  $\lambda = 200 \text{ час}^{-1} = 3,3 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\mu = 1 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 3,3$ .

Вероятность отсутствия пассажиров:

$$P_0 = \left(1 + \frac{3,3}{1!} + \frac{3,3^2}{2!} + \frac{3,3^3}{3!} + \frac{3,3^4}{4!} + \frac{3,3^5}{4!} \times \frac{1}{5-3,3}\right)^{-1} = 0,033.$$

При данном значении вероятности можно сделать вывод о том, что стойки регистрации все время заняты.

Рассчитаем вероятность образования очереди:

$$P_{оч} = \frac{3,3^5}{5!} \times \frac{5}{5-3,3} \times 0,033 = 0,32.$$

Среднее число пассажиров в очереди:

$$L_{оч} = \frac{3,3^6}{5!} \times \frac{5}{(5-3,3)^2} \times 0,32 = 5,95.$$

При данных значениях вероятности образования очереди и количества пассажиров, находящихся в ожидании обслуживания, можно сделать вывод о том, что система не оптимальна и при увеличении количества пассажиров или задержки на стойке регистрации будет перегружена.

**Во второй главе** рассмотрен процесс обслуживания пассажиров вылетающих рейсов с точки зрения имитационного моделирования. Приведены примеры, позволяющие оптимизировать заданную систему и выявить наиболее интенсивные этапы перегрузки из-за времени или недостаточной мощности каналов.

Процесс обслуживания вылетающих пассажиров можно описать в виде совокупности следующих этапов:

1. Входной контроль – осуществление первичной проверки пассажира и его багажа на безопасность.

2. Регистрация и оформление багажа.

Процесс регистрации и оформления багажа без очередей может занимать до 3 минут. В больших аэропортах проблема образования очередей является первоочередной, соответственно, оптимизация данной процедуры является первостепенной задачей для аэропортов и авиакомпаний.

3. Следующий этап для пассажиров внутренних рейсов – проверка документов, удостоверяющих личность. Для международных пассажиров – проверка документов и личных вещей таможенными службами.

4. После проверки документов пассажиры попадают в зону предполётного досмотра.

5. По завершению этого этапа, пассажиры проходят в зал ожидания, где они могут воспользоваться дополнительными услугами аэропорта.

6. Завершающим этапом обслуживания вылетающих пассажиров, является проверка посадочного талона перед посадкой в воздушное судно.

Параллельно с обслуживанием пассажиров реализуются процессы, которые обеспечивает движение сданного ими багажа до воздушного судна.

Соответственно, все процедуры, описанные выше, в комплексе образуют процесс наземного обслуживания пассажиров в здании аэропорта.

Нормативы времени, которое пассажиры могут проводить, ожидая освобождения какого-либо канала обслуживания, представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Нормативы времени ожидания в очереди по категории обслуживания «С»

Этап обслуживания	Допустимый минимум, мин	Допустимый максимум, мин
Регистрация пассажиров эконом-класса	0-11	11-30
Регистрация пассажиров бизнес-класса	0-2	2-5
Пограничный контроль	0-4	4-10
Контроль безопасности	0-3	3-7

Для выявления наиболее загруженных участков обработки пассажиров целесообразно построить дискретно-событийную модель обработки пассажиропотока аэровокзала в среде Anylogic. Сервисы и соответствующие характеристики представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Временные и количественные характеристики модели

Этапы обработки	Характеристики
Входной контроль	16 стоек, время задержки – 0,5-1,5 минут
Регистрация и оформление багажа	22 стойки, время задержки – 2-5 минут
Пассажиры внутренних рейсов:	
Предполетный досмотр	5 участков предполётного досмотра, время задержки – 2-7 минут
Пассажиры международных рейсов:	
Таможенный контроль	2 стойки паспортного контроля, время задержки – 1-1,5 минут
Предполетный досмотр	3 участка предполётного досмотра, время задержки – 2-5 минут

С учётом вышеописанных характеристик была построена модель терминала, представленная на рисунке 1:

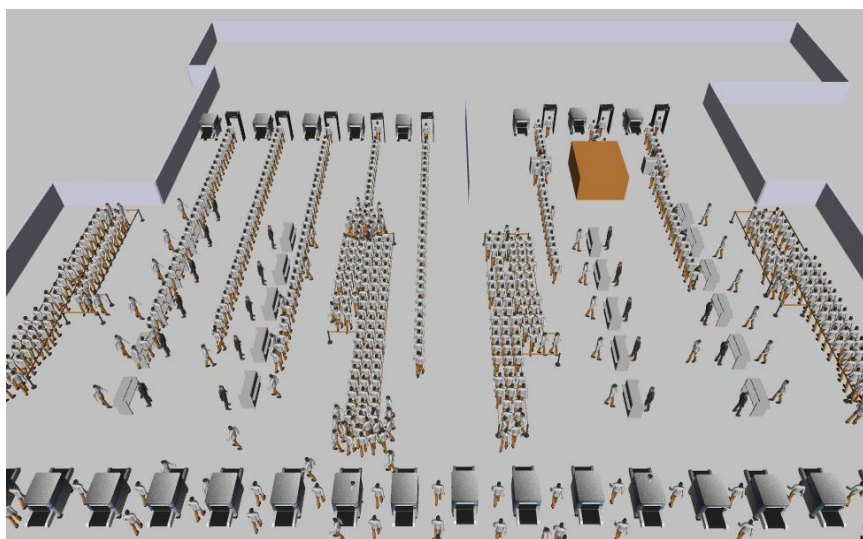


Рисунок 2 – Моделирование процессов обработки пассажиров в среде Anylogic

В результате эксперимента были получены характеристики, демонстрирующие поведение пассажиров в системе.

Таблица 3 – Результаты имитационного эксперимента

Характеристика	Значение
Вошедшие в систему пассажиры, чел.	1000
Минимальное время обработки, мин:	
Пассажиры внутренних рейсов	12
Пассажиры международных рейсов	13
Максимальное время обработки, мин:	
Пассажиры внутренних рейсов	53
Пассажиры международных рейсов	61
Средняя длина очереди, чел.:	
На этапе входного контроля	18
На этапе регистрации и оформления багажа	23
На этапе предполетного досмотра	27
На этапе таможенного контроля международных пассажиров	24
Максимальная длина очереди, чел.:	
На этапе входного контроля	42
На этапе регистрации и оформления багажа	53
На этапе предполетного досмотра	47
На этапе таможенного контроля международных пассажиров	50
Среднее время ожидания в очереди, мин:	
На этапе входного контроля	3
На этапе регистрации и оформления багажа	15
На этапе предполетного досмотра	12
На этапе таможенного контроля международных пассажиров	9
Максимальное время ожидания в очереди, мин:	
На этапе входного контроля	6
На этапе регистрации и оформления багажа	33
На этапе предполетного досмотра	37
На этапе таможенного контроля международных пассажиров	19

Касательно процесса обработки пассажиров можно отметить следующее: с учетом роста количества авиаперевозок, без совершенствования системы, очереди и время ожидания на всех этапах обработки будут только

увеличиваться. Наиболее перегруженные этапы при данной модели обслуживания пассажиров, соответственно этапы регистрации и оформления багажа.

Оптимальным решением, позволяющим снизить перегруженность системы, является использование современных информационных технологий. Важно внедрять такие технологии, которые позволили бы проходить регистрацию и оформление багажа на специализированных стойках самостоятельно, а также проходить проверку служб безопасности за меньшее количество операций. Одним из методов повышения эффективности и увеличения пропускной способности является расширение ленты для проверки личных вещей на проверку. Иным примером является использование специальных устройств, позволяющих людям не сдавать одежду и обувь и проходить досмотр без участия сотрудников, что значительно упрощает процедуру проверки.

Необходимо также активно мотивировать пассажиров к переходу на самостоятельную регистрацию и сдачу багажа. Аэропорты должны рекомендовать и продвигать подобные нововведения, привлекая для этого сотрудников, ресурсы аэропортовой сети Wi-fi, баннеры и т.п.

**В третьей главе** имитационное моделирование рассмотрено как подход к решению задач систем массового обслуживания. Приведена практическая реализация имитационной модели процессов обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе.

Использование методов имитационного моделирования особо актуально в теории систем массового обслуживания из-за повышения функционала предприятий и расширения функциональности программных продуктов для имитационного моделирования.

Методы объектно-визуального программирования, автоматизированные средства статистики модели, возможность разработки графического интерфейса позволяют современным аппаратно-программным платформам

достоверно предоставлять информацию о модели, а также повышать простоту модификации модели.

Поскольку исследуемая система массового обслуживания является динамической событийно-управляемой системой, то для построения имитационной модели был использован один из лидирующих программных комплексов на рынке, - Anylogic. Он пользуется большой популярностью, т. к. поддерживает все парадигмы моделирования:

1. Открытый программный код на языке Java с возможностью доработки;
2. Поддержка выгрузки значений в таблицы БД;
3. Наряду с графическими средствами, наличие анимационных эффектов;
4. Встроенные библиотеки (пешеходная, железнодорожная, ГИС-технологии, библиотека потоков жидкостей и газов).

С использованием имитационного моделирования появляется возможность проведения экспериментов по оценке работы системы в целом и каждого ее элемента в отдельности, с возможностью изменения таких параметров как расписание прибытия пассажиров, методы их обслуживания, маршруты перемещения пассажиропотоков, количество стоек регистрации и пограничного контроля, расположение магазинов, вероятность возникновения случайных сбоев и так далее.

С использованием агентного подхода для создания имитационных моделей в среде AnyLogic была построена модель системы массового обслуживания пассажиров в различных сервисах аэропорта Пулково.

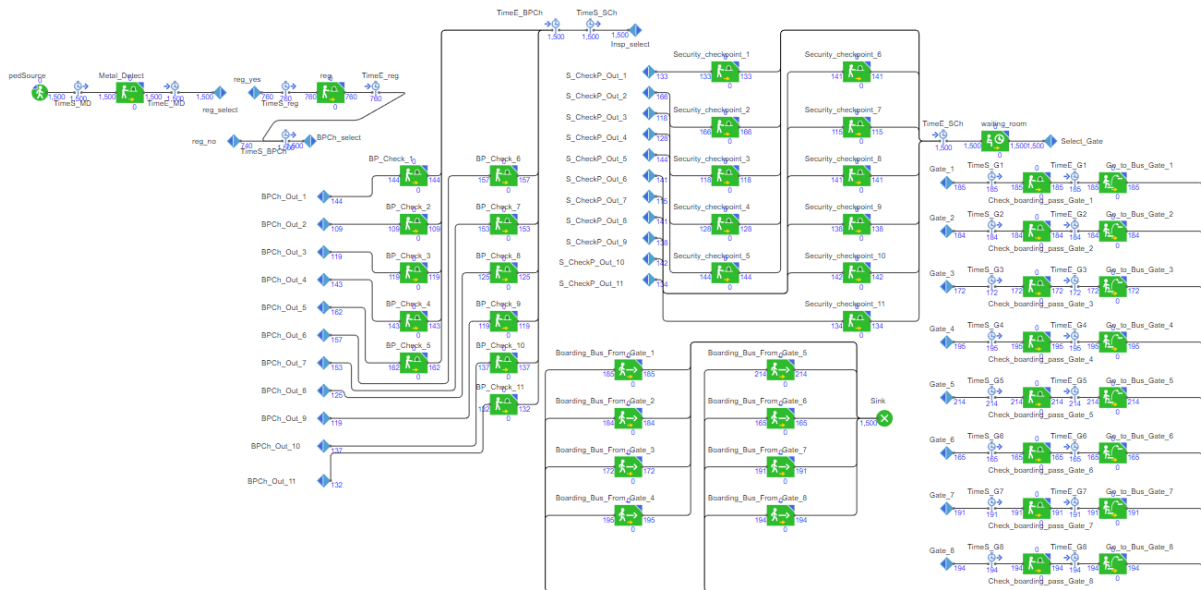


Рисунок 3 – Графическое представление модели аэропорта Пулково в программной среде Anylogic

Сервисы и соответствующие характеристики модели представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Временные и количественные характеристики модели

Этапы обработки	Характеристики
Входной контроль	15 металлических рамок, время задержки – 0,5-1,5 минут
Регистрация и оформление багажа	22 стойки, время задержки – 2-5 минут
Пассажиры внутренних рейсов:	
Предполетный досмотр	11 участков предполётного досмотра, время задержки – 2-7 минут
Пассажиры международных рейсов:	
Таможенный контроль	11 стоек, 22 окна паспортного контроля, время задержки – 1-1,5 минут
Предполетный досмотр	11 участка предполётного досмотра, время задержки – 2-7 минут

С 1 января по 30 апреля 2022 года аэропорт Пулково обслужил 4,4 млн пассажиров, соответственно можно предположить, что ожидаемый пассажиропоток в 2022 году составляет 13,2 млн. В среднем, это примерно

36164 пассажира в сутки и 1500 пассажиров в час. В соответствии с данной информацией был произведен запуск модели.

Статистика о загрузке и среднем времени обслуживания каждого сервиса аэропорта Пулково приведена на рисунке 4.

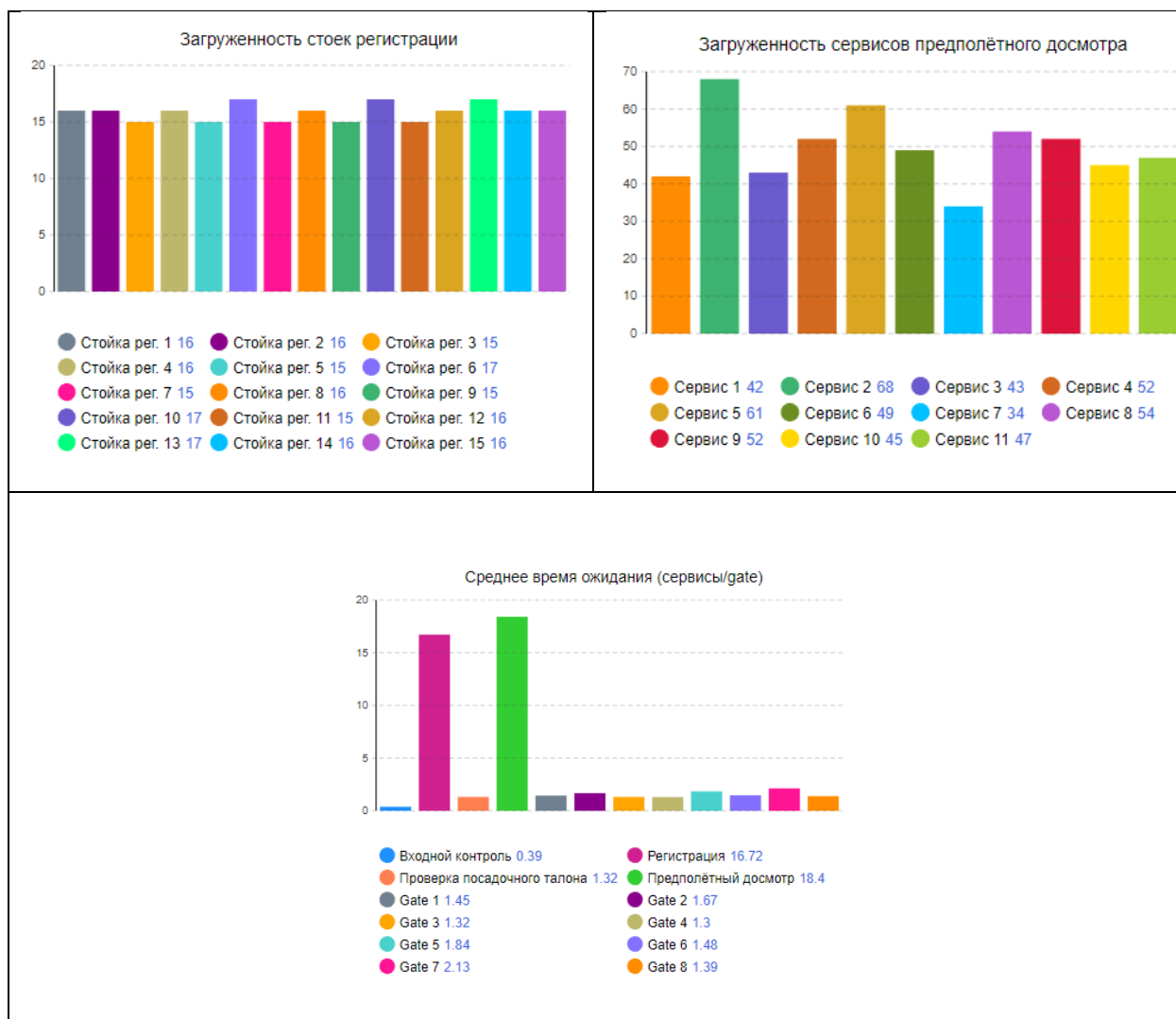


Рисунок 4 – Статистика загрузки и среднее время ожидания, полученные в результате моделирования

Из диаграмм, полученных в результате моделирования, можно сделать вывод о том, что система работает стабильно, имея характеристики, заданные в таблице 4 она может корректно работать при достаточно большом показателе пассажиропотока (1500 человек в час).

В результате проведения экспериментов в среде имитационного моделирования получаем качественные и количественные характеристики о загруженности каждого элемента и среднем времени обслуживания всех сервисов аэропорта. Также, путем изменения характеристик элементов системы, получаем возможность прогноза различных ситуаций.

### **Объекты, (предмет) и методы исследования**

Объектом исследования в работе является изучение процесса обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе как массовой системы обслуживания.

Предметом исследования в работе являются методы анализа авиационного терминала на предмет эффективности функционирования и удовлетворенности клиентов.

### **Результаты и их обсуждение**

В рамках диссертационного исследования выполнена разработка имитационной модели системы массового обслуживания. Использование имитационного моделирования обеспечивает возможность оценки эффективности работы как самой системы, так и отдельных ее элементов, и предоставляет мощный инструмент для будущего прогнозирования и краткосрочного планирования.

Использование представленных в работе математических моделей представляет возможным реализовывать точные имитационные модели работы аэропорта. Разработанная модель аэропорта обладает следующими преимуществами:

1. Простота использования благодаря моделированию;
2. Наличие представлений, которые позволяют наглядно проанализировать протекающие в терминале пассажирские процессы;

3. Возможность изменения модели при учете случайных факторов (отказов оборудования, времени обслуживания, отклонений в расписании и прочее.);

4. Наличие средств анализа интенсивности пассажиропотока, которые позволяют быстро обнаружить проблемное место в системе и немедленно его устранить.

### **Заключение**

В результате выполнения данного исследования была построена имитационная модель системы массового обслуживания пассажиропотока в аэропорту. В ходе построения модели были учтены групповой характер входящих заявок и двухэтапный принцип их обслуживания. Для построения модели использовался программный продукт AnyLogic, в котором проводились все необходимые компьютерные эксперименты.

Выполнена постановка многокритериальной задачи оптимизации свойств системы обслуживания пассажиров вылетающих рейсов, которая была решена с помощью созданной модели. Анализ экспериментов представил возможным спланировать мероприятия по оптимизации работы аэропорта, такие как, рекомендации по количеству стоек самостоятельной регистрации и оформления багажа, времени начала и окончания регистрации, с учетом временной привязки ко времени вылета.

### **Список работ, опубликованных по теме научно-квалификационной работы (диссертации)**

#### **Публикации в изданиях, входящих в Перечень ВАК**

1. Интеллектуальная поддержка принятия решений в логистических системах. Искандеров Ю.М., Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Чумак А.С. Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 2-1 (52). С. 145-153.

2. Improving the efficiency of traffic management in a metropolis based on computer simulation. Svistunova A.S., Khasanov D.S. Computing, Telecommunications and Control. 2021. Т. 14. № 3. С. 33-42.

3. Возможности автоматических транспортеров-погрузчиков и их использование при создании имитационной модели развития контейнерного терминала. Свистунова А.С., Хасанов Д.С. Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 4-1 (50). С. 169-174.

4. Using the anylogic software product in modeling the passenger traffic of a railway station. Svistunova A.S. Computing, Telecommunications and Control. 2020. Т. 13. № 4. С. 54-65.

#### **Публикации в других изданиях**

5. Имитационная модель процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта на основе агентного подхода. Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Кравец Д.М. В сборнике: Десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2021). Санкт-Петербург, 2021. С. 377-381.2.

6. Разработка алгоритма доставки пассажиров до аэровокзала путем применения метода агентного моделирования. Свистунова А.С., Кравец Д.М. В сборнике: Двадцать пятая международная научная и учебно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении». Санкт-Петербург, 2021. С. 293-301.

7. Имитационное моделирование пассажиропотока на железнодорожном вокзале в программной среде AnyLogic. Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Кравец Д.М. В сборнике: Двадцать четвертая международная научная и учебно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении». Санкт-Петербург, 2020. С. 274-282.

8. Оценка эффективности обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе. Хасанов Д.С., Свистунова А.С. В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы - 2020. С. 32-37.

9. Имитационное моделирование процессов обслуживания пассажиров в аэровокзальном комплексе. Ласкин М.Б., Морина Ю.И., Свистунова А.С. В сборнике: Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Труды конференции. 2019. С. 520-524.

10. Имитационное моделирование участка маршрутной сети аэропортов "Пулково" и "Домодедово" в среде ANYLOGIC. Адрианова А.В., Ласкин М.Б., Свистунова А.С. В сборнике: Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Труды конференции. 2019. С. 347-351.

Аспирант \_\_\_\_\_ Свистунова Александра Сергеевна