

УДК 004.9

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ  
ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ  
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В  
РЕГИОНЕ**

**Азаренко Н.Ю., Давыдов М.К., Казаков О.Д.**

Брянский государственный инженерно-технологический университет,  
Россия, г. Брянск

***Аннотация:** В статье с помощью «AnyLogic» построена модель работы терапевтического отделения в медицинском учреждении, которая способна предложить широкий спектр возможностей для анализа функционирования системы и установления разнообразных методик решения различных ситуаций в практике улучшения человеческого капитала и усиления роста региональной экономики.*

***Ключевые слова:** имитационная модель, качество медицинского обслуживания, медицинские услуги, человеческий капитал.*

**IMITATION MODELING OF THE THERAPEUTIC DEPARTMENT  
AS A DIRECTION OF IMPROVING HUMAN CAPITAL QUALITY IN  
THE REGION**

**Azarenko N.YU., Davydov M.K., Kazakov O.D.**

Bryansk State University of Engineering and Technology,  
Russia, Bryansk

***Abstract:** Using AnyLogic, an article is built on the model of the therapeutic department in a medical institution, which is able to offer a wide range of possibilities for analyzing the functioning of the system and establishing various methods for solving various situations in the practice of improving human capital and enhancing the growth of the regional economy.*

***Key words:** simulation model, quality of medical services, medical services, human capital.*

Некачественные медицинские услуги приводят к значительным необоснованным затратам ресурсов и наносят вред населению, снижая потенциал и продуктивность человеческого капитала. Поэтому качество медицинских услуг ведет к созданию национальной защиты здоровья. Качественные медицинские услуги приводят к улучшению человеческого капитала и усилению роста региональной экономики.

Разработка имитационных моделей в медицинских структурах на сегодня является актуальной, так как она делает работу по расчету эффективности системы массового обслуживания полностью автоматической.

Моделируя реальные процессы, происходящие в жизни, появляется возможность предсказывать качество работы системы. Изменяя её параметры, можно изучить динамику перемен в эффективности работы, а следовательно, повысить качество человеческого капитала в регионе.

В данной работе с помощью «AnyLogic» построим возможный вариант системы массового обслуживания терапевтического отделения в медицинском учреждении.

Целью моделирования работы терапевтического отделения является оптимизация загруженности регистратуры с медицинским персоналом и оптимизация правильного подбора количества врачей, при котором перестанут расти очереди, таким образом делая загрузку медицинского персонала наиболее оптимальной для работы с клиентами.

Нужно смоделировать работу терапевтического отделения в течение 8 часов. Система обслуживания пациентов построена по следующему принципу: пациенты заходят в поликлинику, примерно, каждые 12 мин. и идут в регистратуру за талоном к врачу или за медицинской карточкой. Регистратор работает с клиентом, примерно, в течение 3 мин. Лечащему врачу, приблизительно, выделяется по 12 мин. на каждого человека.

Следовательно, возникновение очереди происходит во время оформления клиента в регистратуре, но в большей степени во время посещения самого врача. После обслуживания клиент выходит из здания.

Исходя из результата моделирования, можно провести анализ о нужном количестве медицинского персонала, обслуживающего клиентов, и об продуктивности их работы.

Моделируемая система показана в виде модели системы массового обслуживания, структурная схема показана на рисунке 1.

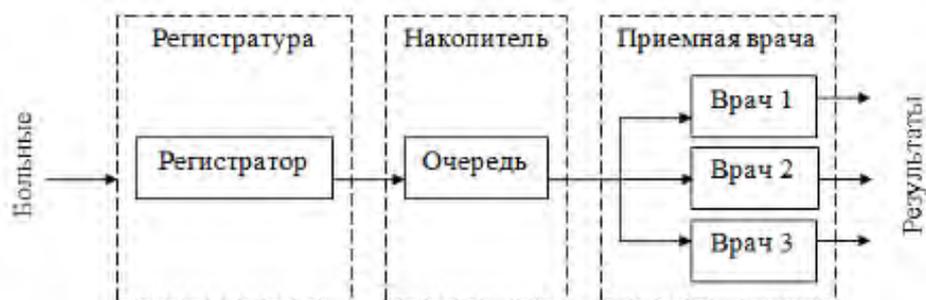


Рисунок 1 – Структурная схема работы терапевтического отделения

По сравнению с концептуальной моделью структурную схему этой системы массового обслуживания можно отобразить в виде, показанном на рисунке 2.

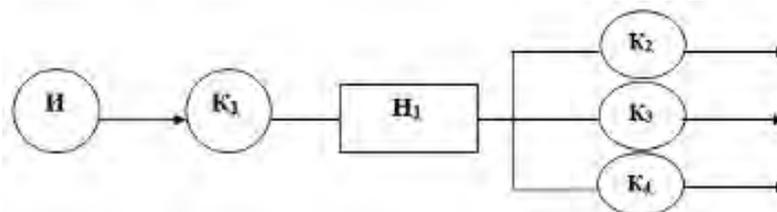


Рисунок 2– Структурная схема работы терапевтического отделения в символике Q-схем

Источник (И) отображает прибытие больных в медицинское учреждение, дальше они проходят в канал (К1), изображающий оформление в регистратуре. После этого клиенты собираются в накопителе (Н1), изображающего очередь. Во время ожидания в очереди (в накопителе Н1), пациенты распределяются по каналам (К2, К3, К4), которые отображают работу трёх медицинских сотрудников.

При составлении модели процесса функционирования терапевтического отделения обозначены такие переменные, как:

- Т - общее время моделирования;
- $N_0$  - количество пациентов, прошедших за время моделирования Т;
- $N_1$  – количество людей, которые получили отказ в обслуживании;

Для построения математической модели использовано следующее уравнение:

$$P_{отк} = \frac{N_1}{N_0 + N_1}$$

Основным показателем системы выступает вероятность отказа в обслуживании ( $P_{отк}$ ). Для наиболее продуктивной работы медицинского учреждения нужно выяснить вероятность отказа в обслуживании, при котором все пациенты должны быть обслужены медицинским сотрудником. Основное соотношение в том, что при определенном числе врачей шанс отказа в обслуживании будет наименьшим. Исходя из этого нужно повысить число медицинского персонала и постепенно измерять коэффициент отказа.

Полученная модель терапевтического отделения представлена на рисунке 3.

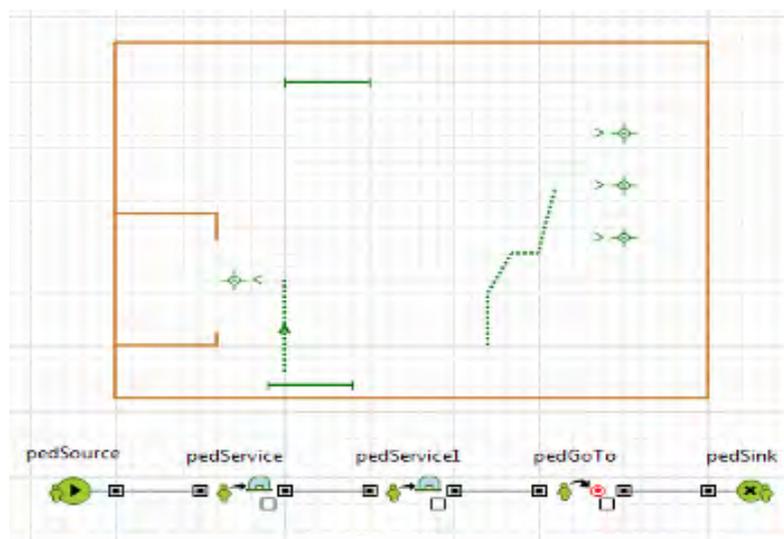


Рисунок 3 - Схема модели терапевтического отделения в «AnyLogic»

«PedSource» исполняет роль источника заявок и используется как начальная точка отправки. В нашей системе заявками выступают пациенты, а элемент «pedSource» будет отображать их поступление в медицинское учреждение. Свойства элемента изображены на рисунке 4.

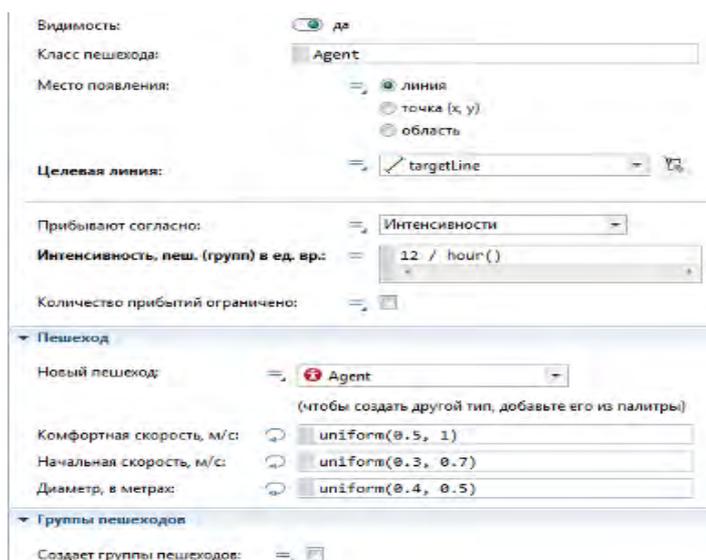


Рисунок 4 – Свойства элемента «pedSource»

«PedService» и «pedService1» выполняют роль очереди в регистратуре и очереди поступления к врачам соответственно. Свойства этих элементов изображены на рисунках 5 и 6 соответственно.

Имя:   Отображать имя

Исключить

Видимость:  да

Класс пешехода:

Сервисы:

Выбирается очередь:

Время задержки:

Задержка на восстановление:

Проходить в обратном направлении:

Рисунок 5 – Свойства элемента «pedService»

Имя:   Отображать имя

Исключить

Видимость:  да

Класс пешехода:

Сервисы:

Выбирается очередь:

Время задержки:

Задержка на восстановление:

Проходить в обратном направлении:

**Действия**

При входе:

При вставании в очереди:

Перед окончанием ожидания в очереди:

При выходе из очереди:

При начале обслуживания:

При окончании обслуживания:

При выходе:

Рисунок 6 – Свойства элемента «pedService1»

«PedToGo» указывает направление движения клиентов. Этот элемент определяет конечную точку движения пациентов. «pedSink» удаляет заявки и используется, как конечная точка нашей модели.

Из элемента «Стена» создана симуляция здания терапевтического отделения. Элемент «Сервис с очередью» показывает точки, где будут находиться очередь и места приёма. Элементом «Целевая линия» определяется место входа и выхода клиентов.

Диаграмма модели, окно инспекта элементов модели, диаграмма состояний изображены на рисунке 7

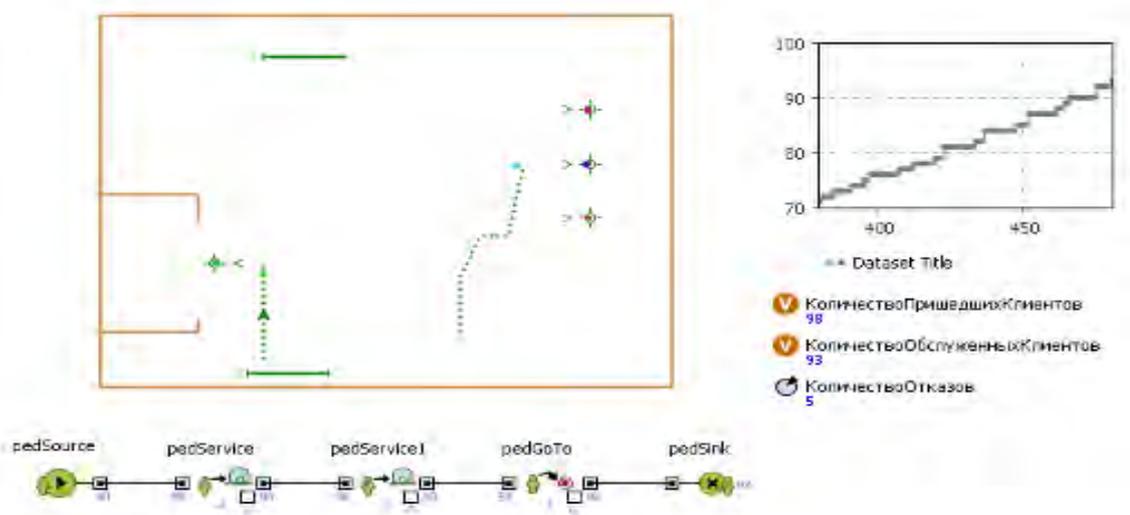


Рисунок 7 – Окно моделирования

Все этапы эксперимента представим в следующей последовательности операций:

- создание математической модели;
- изменение математической модели;
- проектирование вычислительного эксперимента;
- создание программной системы математической модели;
- правки и тесты программной системы;
- осуществление вычислительного эксперимента;
- подведение итогов эксперимента.

В первой группе из трех экспериментов изучается поведение системы в диапазоне разнообразных значений интенсивности поступления клиентов, отображённых в таблице 1

Таблица 1 – Начальные диапазоны значений для первой группы экспериментов

№ эксперимента	Значения
1	10
2	12
3	14

Во второй группе экспериментов изучаются модели функционирования терапевтического отделения. По этой причине изменяются начальные диапазоны значений времени обработки клиентов в регистратуре, они отображены в таблице 2.

Таблица 2 – Начальные диапазоны значений для второй группы экспериментов

№ эксперимента	Значения
3	2 – 3
4	3 – 4

5	2 – 4
---	-------

В третьей группе экспериментов для правок нашей модели проводятся симуляции с разными диапазонами значений времени обработки клиентов медицинским персоналом, отображёнными в таблице 3.

Таблица 3 – Начальные диапазоны значений для третьей группы экспериментов

№ эксперимента	Значения
1	10 – 12
2	12 – 15
3	11 – 13

Итоги всех экспериментов выводятся в удобные формы записи, предоставляющие возможность мгновенно сравнить полученные данные.

В этой работе были проведены статистические исследования, для проверки того, как функционирует наша модель терапевтического отделения в разных условиях.

Чтобы найти наиболее продуктивный вариант работы отделения нужно проанализировать полученные данные прошлых экспериментов.

Итоги работы системы после завершения всех трёх экспериментов для первой группы изображены на рисунке 8

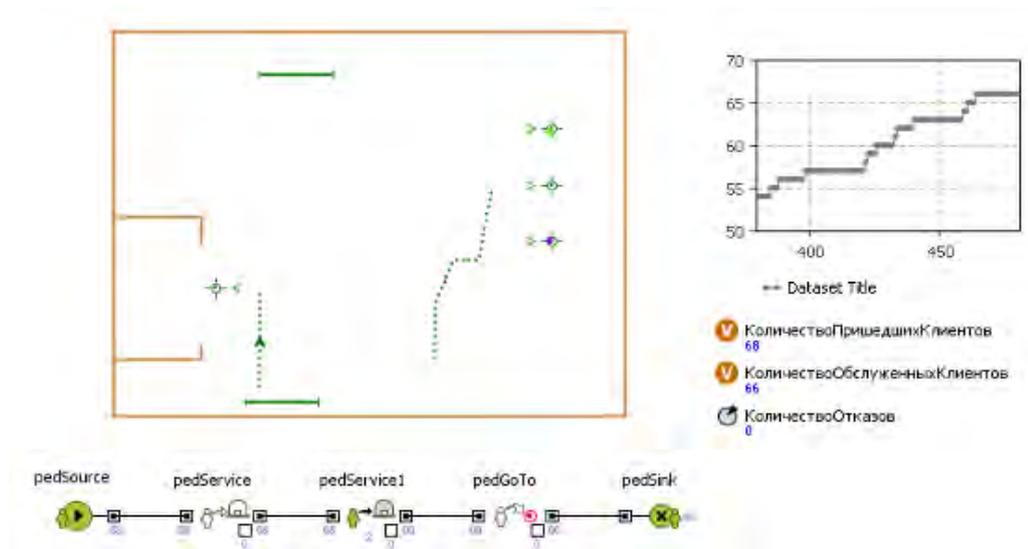


Рисунок 8 - Результаты 1 эксперимента

Для продолжения испытаний нашей модели нужно установить диапазон значений интенсивности появления клиентов равный 14, так как число поступивших клиентов должно быть максимально большим, ибо от их количества зависит совокупность обслуженных людей.

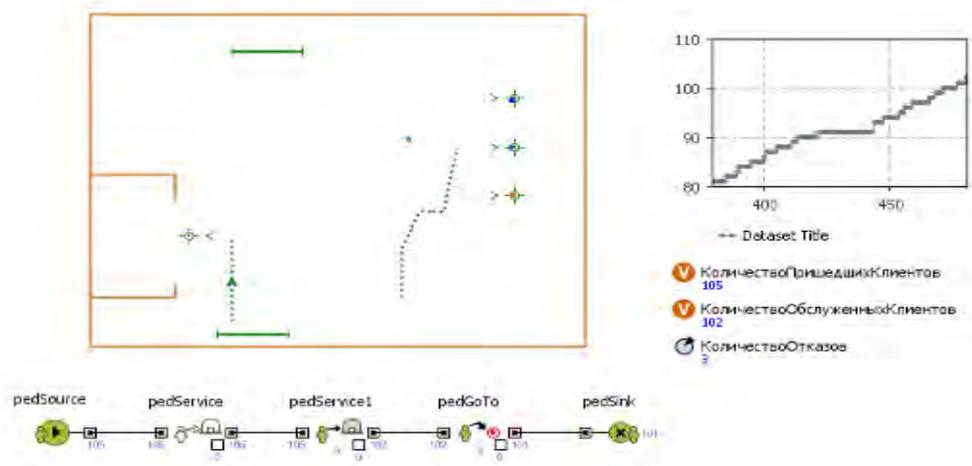


Рисунок 9 - Результаты 2 эксперимента

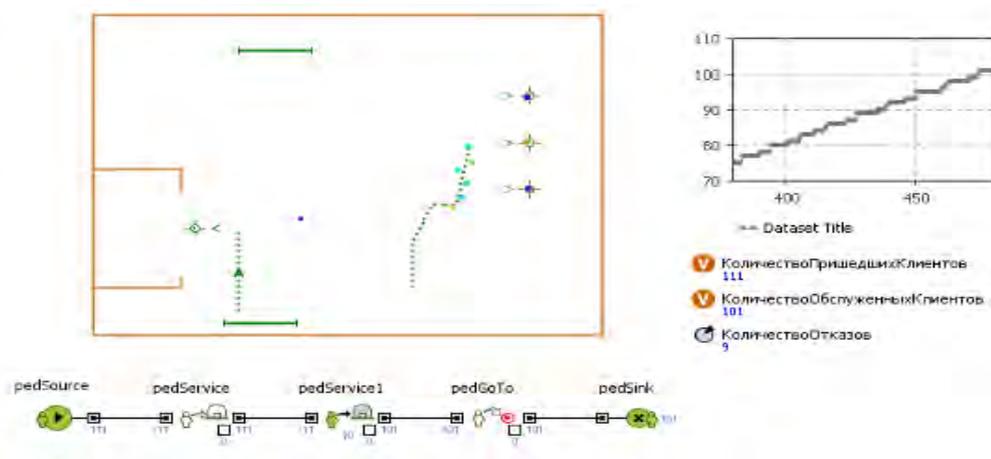


Рисунок 10 - Результаты 3 эксперимента

Чтобы отказов в обслуживании стало меньше, требуется внести правки в диапазон значений времени оформления в регистратуре и диапазон значений времени обслуживания медицинским персоналом.

После некоторого количества экспериментов мы получили результаты функционирования системы с новыми диапазонами значений времени оформления в регистратуре. Данные отображены на рисунках 11-13

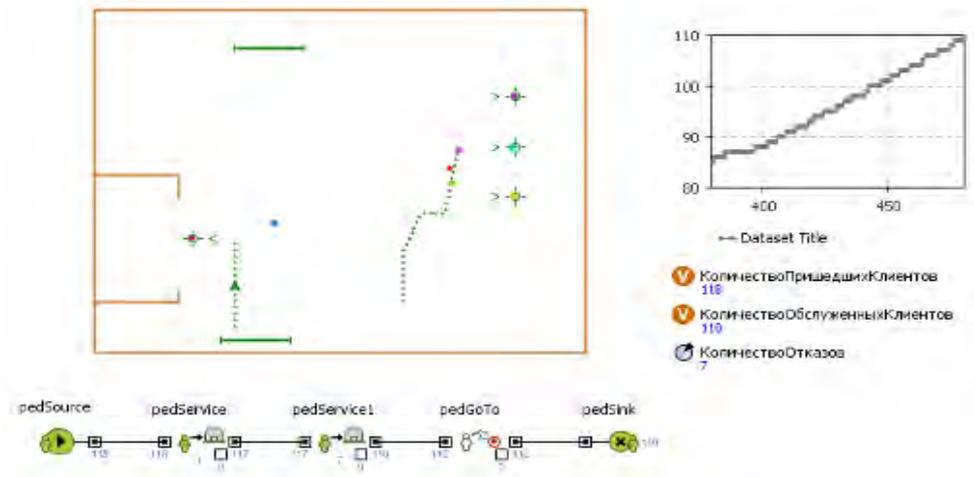


Рисунок 11 - Результаты 4 эксперимента

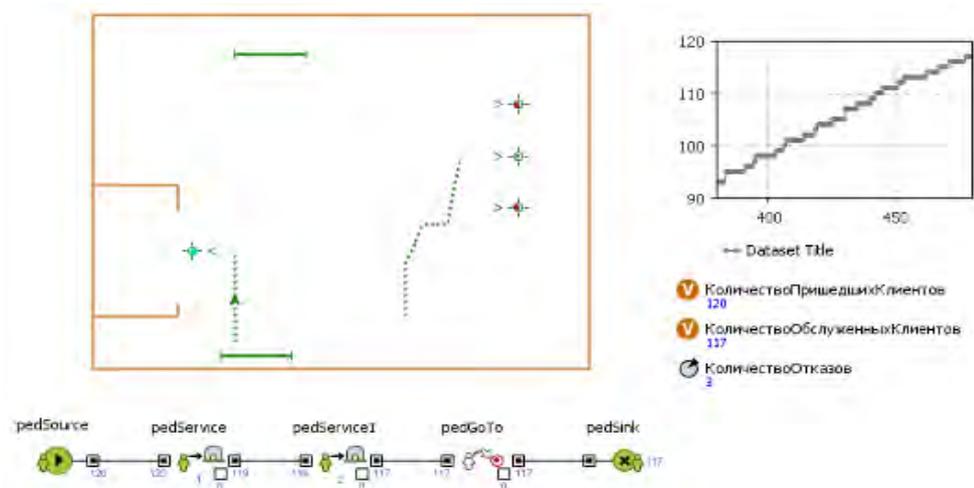


Рисунок 12 - Результаты 5 эксперимента

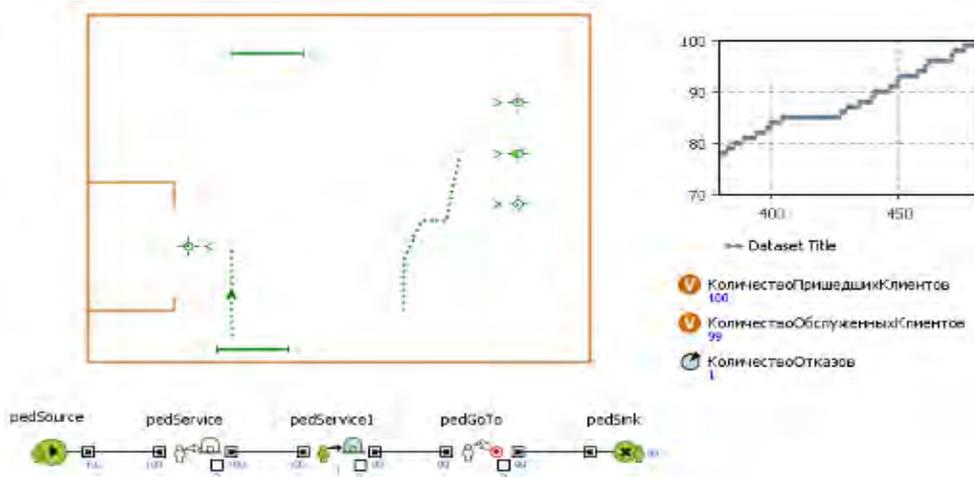
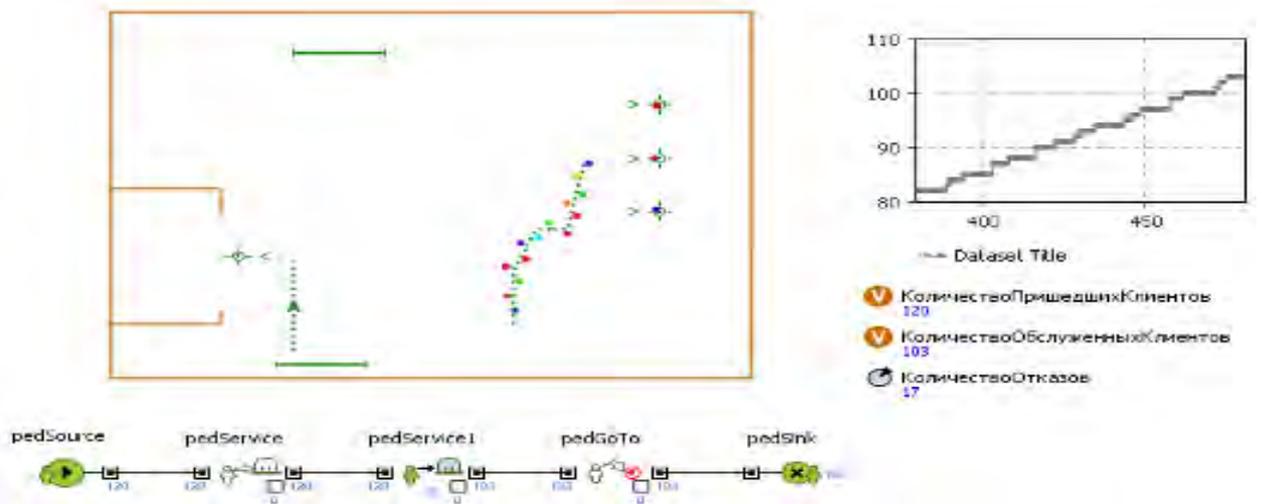
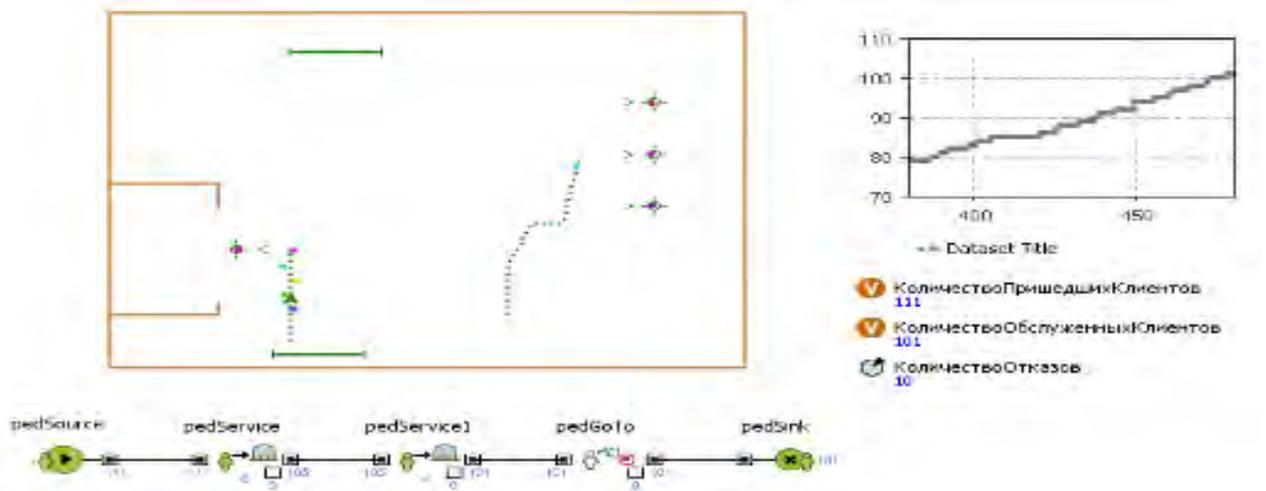


Рисунок 13 - Результаты 6 эксперимента

Исходя из итогов прошлых экспериментов, можно сделать вывод, что в дальнейшем испытании нашей модели необходимо указать диапазон значений времени оформления клиентов в регистратуре равным от трёх до

четырёх, потому что только в таком случае количество обслуженных клиентов наиболее велико, а количество отказов наименьшее, что допускает нас для продолжения экспериментов.

Данные последней группы экспериментов отображены на рисунках 14-16



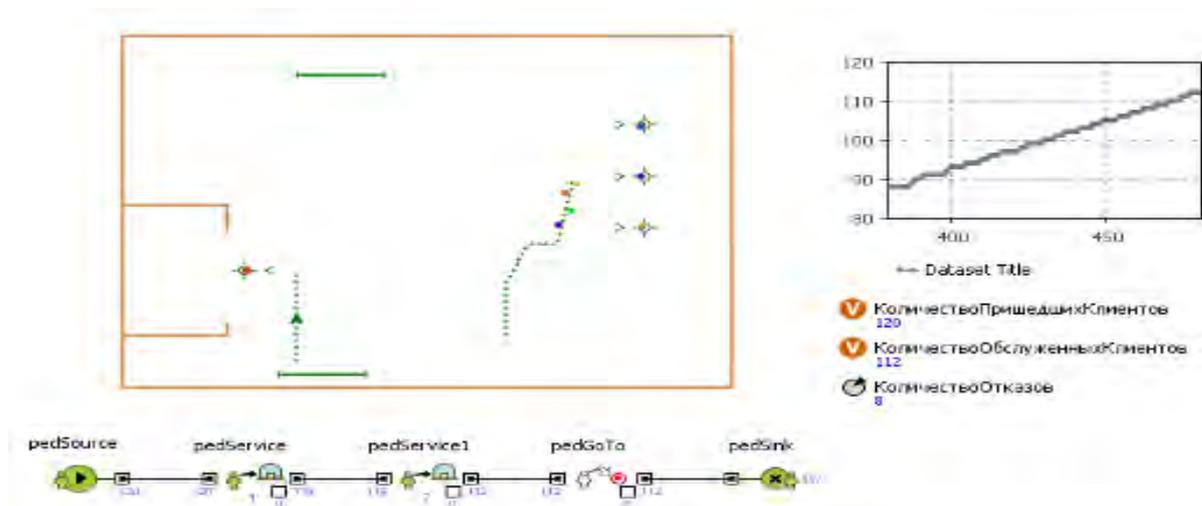


Рисунок 16 - Результаты 9 эксперимента

Итоги построения модели функционирования терапевтического отделения и финальные данные отражены в таблице 4

Таблица 4 – Данные третьей группы экспериментов

№ эксперимента	Число пришедших пациентов	Число обслуженных пациентов	Число необслуженных пациентов	Вероятность отказа
1	111	101	10	0,090
2	120	103	17	0,141
3	120	112	8	0,067

После определённого количества экспериментов самым лучшим показанием по продуктивности работы оказался третий эксперимент.

Таким образом, была спроектирована имитационная модель функционирования терапевтического отделения в среде AnyLogic.

Во время работы были установлены и выполнены такие цели, как:

- исследована специфика системы терапевтического отделения;
- спроектирована имитационная модель «Терапевтическое отделение»;
- детально разобрана суть функционирования имитационной модели «Терапевтическое отделение»;
- успешно выполнен вычислительный эксперимент и обработаны полученные данные.

Спроектированная модель системы массового обслуживания "Терапевтическое отделение" на сегодняшний день крайне актуальна, так как способна предложить широкий спектр возможностей для анализа функционирования системы и установления разнообразных методик решения различных ситуаций в практике медицинских учреждений.

Проектируя модели реальных процессов функционирования терапевтического отделения наглядно продемонстрировано, как изменяется эффективность системы в различных условиях. Сделан вывод о самом

эффективном процессе функционирования терапевтического отделения, когда диапазоны установок времени оформления в регистратуре и медицинским персоналом равны соответственно от трёх до четырёх и от одиннадцати до тринадцати минут. Динамика поступления пациентов равна четырнадцати, а число врачей - трем. Повышение количества медицинского персонала не требуется, ибо общая эффективность функционирования системы растёт, но эффективность работы и занятость каждого при этом снизится, что делает возможным простои.

Однако, при воздействии внешних факторов будут изменяться параметры, таким образом влияя на модель процесса функционирования терапевтического отделения, из-за этого для остальных параметров нужно проектировать моделирование более детально, учитывая большее количество параметров.

### **Библиографический список**

1. Волков И.К., Загоруйко Е.А., Исследование операций. - М.: Учебник для вузов. 2002.
2. Доросинский Л.Г. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic. - У.М.: 2009.
3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. - М.: Высш. шк.,1995.
4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум. - М.: Высш. шк.,1999.
5. S.P. Novikov, O.D. Kazakov, N.A. Kulagina, M.V. Ivanov. Organization of data collection and preparation on the basis of blockchain for a decision support system in the field of human capital development in the region.. DTMIS-2018: International Scientific Conference: Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service , 2018
6. Novikov S, Oleg D. Kazakov; Natalya A. Kulagina; Natalya Yu. Azarenko. Blockchain and Smart Contracts in a Decentralized Health Infrastructure. IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS), 2018
7. Novikov S.P., Mikheenko O.V., Kulagina N.A., Kazakov O.D. Digital registry of professional competences of the population drawing on distributed registries and smart contracts technologies //Business Informatics. 2018. № 4 (46). С. 43-53.