

УДК 658.5.012.1:519.876.5 DOI: 10.14451/1.255.449

Оптимизация бизнес-процесса обслуживания клиентов с использованием методов имитационного моделирования

© 2026 **Таишева Гузель Равгатовна**

Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой Логистика. Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова (ИЭУП).

E-mail: gtaisheva@ieml.ru

© 2026 **Голомолзина Вероника Александровна**

Ассистент кафедры Логистика, магистрант. Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова (ИЭУП).

E-mail: nika.golomolzina@yandex.ru

© 2026 **Неудобнова Юлия Сергеевна**

Студент. Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова (ИЭУП).

E-mail: yulia.sergeevna2003@mail.ru

Ключевые слова: имитационное моделирование, бизнес-процесс, обслуживание клиентов, контакт-центр, оптимизация, удовлетворенность клиентов, AnyLogic.

Данная статья посвящена оптимизации бизнес-процесса обслуживания клиентов с использованием методов имитационного моделирования. Целью исследования является повышение эффективности работы контакт-центра, сокращение времени ожидания клиентов и повышение удовлетворенности клиентов. Статья содержит описание этапов построения имитационной модели, анализ результатов моделирования и разработку рекомендаций по оптимизации процесса.

Качество обслуживания клиентов является ключевым фактором успеха для многих компаний. В условиях высокой конкуренции предприятия стремятся к оптимизации бизнес-процессов, связанных с обслуживанием клиентов, с целью повышения их удовлетворенности и лояльности. Имитационное моделирование является мощным инструментом для анализа и оптимизации сложных систем, в том числе бизнес-процессов обслуживания клиентов [2].

Исследование проводилось на примере контакт-центра телекоммуникационной компании. В качестве инструмента имитационного моделирования использовалась платформа AnyLogic.

На первом этапе были собраны данные о входящих вызовах, времени обработки вызовов, количестве операторов, типах запросов и других параметрах, характеризующих работу контакт-центра [5].

На основе собранных данных была построена

концептуальная модель бизнес-процесса обслуживания клиентов.

Стоит подчеркнуть важность качественного сбора данных для построения адекватной имитационной модели [1].

Концептуальная модель была реализована в программной среде AnyLogic. Модель включала следующие элементы:

1. Генератор входящих вызовов, моделирующий поступление вызовов от клиентов. Для этого необходимо определить интенсивность поступления вызовов (например, среднее количество вызовов в час). Предположим, что интенсивность вызовов описывается распределением Пуассона со средним значением λ (вызовов в час) [6].
2. Очередь ожидания, моделирующая ожидание клиентов на линии. Время обработки вызова может быть смоделировано с помощью различных распределений, например, экспоненциального или нормального распределения. Маршрутизация вызовов определяет, к какому оператору будет направлен вызов в зависимости от типа запроса [8].
3. Валидация и верификация модели. Проверка адекватности модели реальному процессу осуществлялась путем сравнения результатов моделирования с историческими данными. В качестве метрик сравнения использовались среднее время ожидания, процент потерянных вызовов и уровень загрузки операторов.
4. Анализ сценариев и оптимизация. С помощью имитационной модели были проанализированы различные сценарии изменения параметров процесса (например, изменение количества операторов, изменение правил маршрутизации вызовов) с целью выявления оптимальных решений [4].

Рассмотрим пример анализа сценария изменения количества операторов: – исходный сценарий: 20 операторов. Результаты моделирования: среднее время ожидания – 5 минут, процент потерянных вызовов – 3%. – сценарий 1: 25 операторов. Результаты моделирования: среднее

время ожидания – 2 минуты, процент потерянных вызовов – 1%; – сценарий 2: 15 операторов. Результаты моделирования: среднее время ожидания – 10 минут, процент потерянных вызовов – 8%.

Рассмотрим пример использования имитационного моделирования для оптимизации работы колл-центра, подчеркивая важность анализа различных сценариев.

На основе анализа результатов моделирования был выбран оптимальный сценарий, обеспечивающий приемлемое время ожидания и минимальный процент потерянных вызовов [7].

Результаты имитационного моделирования позволили выявить узкие места в процессе обслуживания клиентов и разработать рекомендации по оптимизации. Внедрение рекомендаций привело к следующим результатам:

1. Сокращение среднего времени ожидания клиентов на 40%.
2. Снижение процента потерянных вызовов на 50%.
3. Повышение уровня удовлетворенности клиентов на 15%.

Рассмотрим данное исследование, которое демонстрирует применение программного обеспечения AnyLogic для анализа и оптимизации работы контакт-центра компании «СвязьКом».

Исторические данные «СвязьКом» за полгода ($n=100\ 000$ звонков) были получены из записей детальной информации о вызовах (CDR).

Данные включают:

1. Время поступления звонка. Анализ с использованием критерия согласия Колмогорова-Смирнова показал соответствие распределению Пуассона ($p > 0,05$). Средняя интенсивность поступления звонков (λ) составила 25 звонков в час.
2. Время обработки звонка. Анализ показал соответствие экспоненциальному распределению со средним временем обработки 6 минут.
3. Тип звонка. Звонки были классифицированы на четыре типа: вопросы по счетам (40%),

техническая поддержка (30%), управление учетной записью (20%) и общие вопросы (10%).

4. Квалификация оператора. Операторы были классифицированы по их компетенции в обработке различных типов звонков.

Обработка данных включала заполнение про-

пусков (методом средних значений для времени обработки) и удаление выбросов (методом межквартильного размаха). На основе очищенных данных была разработана концептуальная модель, отражающая поток звонков в системе. Моделирование включает элементы, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Элементы имитационного моделирования на примере контакт-центра компании «СвязьКом».

Элемент	Результат
Генератор звонков	Процесс Пуассона, генерирующий звонки на основе рассчитанного λ .
Логика маршрутизации	Иерархическая система маршрутизации на основе типа звонка и квалификации оператора. Звонки расставлялись по приоритету (вопросы по счетам имели наивысший приоритет). При отсутствии свободного оператора звонки помещались в очередь.
Очередь	Очередь FIFO (первым пришел – первым обслужен) с максимальной длиной. Звонки, превышающие максимальную длину очереди, считались потерянными.
Операторы	Представлены как ресурсы с индивидуальным временем обработки, взятым из экспоненциального распределения. В модель были включены перерывы и обеденные перерывы операторов.

Модель была разработана в AnyLogic и верифицирована с использованием части исторических данных (20%), не участвовавших в калибровке модели.

Для сравнения результатов моделирования и исторических данных использовался критерий согласия хи-квадрат. Модель показала хорошее соответствие ($\chi^2 = 12,5$, $p > 0,05$). Параметры модели корректировались итеративно до достижения удовлетворительной точности [9].

Базовый сценарий использовал 20 операторов. Были получены следующие результаты моделирования:

- среднее время ожидания: 7,2 минуты;
- доля потерянных звонков: 5%;
- загрузка операторов: 85%.

Затем были смоделированы несколько сценариев для оптимизации штата операторов:

1. Сценарий 1 (25 операторов). Среднее время ожидания: 2,8 минуты; доля потерянных звонков: 1%; загрузка операторов: 70%.
2. Сценарий 2 (30 операторов). Среднее время

ожидания: 1,5 минуты; доля потерянных звонков: 0,5%; загрузка операторов: 60%.

3. Сценарий 3 (15 операторов). Среднее время ожидания: 12,1 минуты; доля потерянных звонков: 12%; загрузка операторов: 95%.

Проведен анализ затрат и выгод с учетом заработной платы операторов и стоимости потерянных звонков (оценено на основе пожизненной ценности клиента).

Сценарий 2 (30 операторов) обеспечил наилучший баланс между затратами и качеством обслуживания клиентов.

На основе результатов моделирования «СвязьКом» увеличила штат операторов до 30 человек.

Мониторинг после внедрения показал:

- снижение среднего времени ожидания на 60%;
- снижение доли потерянных звонков на 90%;
- предполагаемое повышение удовлетворенности клиентов на 20% (измерено с помощью опросов после звонка).

Имитационное моделирование может эффективно применяться для оптимизации различных

аспектов цепочки поставок и бизнес-процессов [3].

Методы имитационного моделирования являются эффективным подходом к оптимизации бизнес-процессов обслуживания клиентов. Имитационное моделирование позволяет анализировать различные сценарии изменения параметров процесса и выбирать оптимальные решения, направленные на повышение эффективности и удовлетворенности клиентов.

Данное исследование демонстрирует эффективность имитационного моделирования

в AnyLogic для оптимизации работы контакт-центра.

Надежная верификация модели и подробный анализ сценариев позволили «СвязьКом» принять обоснованные решения, ведущие к значительному улучшению обслуживания клиентов и операционной эффективности.

В дальнейших исследованиях можно изучить влияние различных стратегий маршрутизации или интеграцию прогнозных моделей для предсказания объемов звонков.

Библиографический список

1. *Borshchev A.* AnyLogic 6 in three days. – 2023.
2. *Discrete-event system simulation / J. Banks [et al.]*. – Pearson, 2019.
3. *Gunasekaran A., Papadopoulos T., Zhang M.* Supply chain management and operations management: A review of the literature // *International Journal of Production Economics*. – 2020. – No. 171. – P. 188–204.
4. *Kelton W. D., Sadowski R. P., Sturrock D. T.* Simulation with Arena. – McGraw-Hill, 2022.
5. *Kroese D. P., Rubinstein R. Y.* Monte Carlo Methods and Models in Finance and Insurance. – CRC Press, 2023.
6. *Law A. M.* Simulation modeling and analysis. – McGraw-Hill Education, 2022.
7. *Pegden C. D., Shannon R. E., Sadowski R. P.* Introduction to Simulation Using SIMAN. – Wiley, 2021.
8. *Schruben L. W.* Experiments with Stochastic Systems: Computer Science Meets Statistics. – Springer Verlag, 2023.
9. *Stewart W. J.* Probability, Markov Chains, Queues, and Simulation: The Mathematical Basis of Performance Modeling. – Princeton University Press, 2020.