

Анализ работы информационно-справочной системы такси

К. О. Моисеев[✉], А. О. Трофимова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

[✉]vihuhool@vk.com

Аннотация. Разрабатывается математическая модель работы колл-центра такси с целью оптимизации распределения нагрузки между операторами. Анализируются существующие методы прогнозирования количества обращений, распределение вызовов и численности персонала по рабочим сменам. Представлены различные реализации моделей работы колл-центра и предложено усовершенствование системы за счет оптимизации количества операторов и внедрения ИИ-бота. Исследование показало, что автоматизация части процессов позволяет существенно сократить затраты на обслуживание и повысить качество клиентского сервиса.

Ключевые слова: колл-центр, система массового обслуживания, такси, прогнозирование нагрузки, искусственный интеллект (ИИ)

Для цитирования: Моисеев К. О., Трофимова А. О. Анализ работы информационно-справочной системы такси // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2025. Т. 18, № 7. С. 39–48. doi: 10.32603/2071-8985-2025-18-7-39-48.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Original article

Analysis of the Operation of a Taxi Information and Reference System

K. O. Moiseev[✉], A. O. Trofimova

Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia

[✉]vihuhool@vk.com

Abstract. The article develops a mathematical model of a taxi call center's operation to optimize workload distribution among operators. Existing methods for forecasting the number of incoming calls, call distribution, and staffing across work shifts are analyzed. Various implementations of call center operation models are presented, and an improvement to the system is proposed by optimizing the number of operators and introducing an AI bot. The study shows that automating part of the processes significantly reduces service costs and enhances the quality of customer service.

Keywords: call center, queuing system, taxi, workload forecasting, artificial intelligence (AI)

For citation: Moiseev K. O., Trofimova A. O. Analysis of the Operation of a Taxi Information and Reference System // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2025. Vol. 18, no. 7. P. 39–48. doi: 10.32603/2071-8985-2025-18-7-39-48.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение. Ожидание в очередях – это одна из самых распространенных и значимых проблем, с которой люди сталкиваются ежедневно. Мы вынуждены стоять в очередях в магазинах, на почте, в банках, в метро и многих других местах. Проблема ожидания затрагивает не только людей:

автомобили, застрявшие на светофорах, детали, ожидающие обработки на производстве, и множество других примеров показывают, что очереди – это универсальное явление. К сожалению, полностью устранить эту проблему невозможно без огромных затрат ресурсов. Единственное, что

мы можем сделать, – это стремиться сократить время ожидания, чтобы минимизировать неудобства. Разумеется, изучением процессов систем массового обслуживания ученые математики занимаются уже давно, однако универсальные решения не всегда эффективны.

Изучение ключевых параметров очередей конкретного типа системы, таких как среднее время ожидания в очереди, средняя длина очереди, среднее время обслуживания, количество каналов обслуживания и т. д., помогает разрабатывать более эффективные стратегии для улучшения обслуживания и снижения негативного воздействия очередей. Таким образом, исследование очередей – это не просто теоретическая задача, а необходимость, которая помогает справляться с одной из самых насущных проблем современности.

Проблема ожидания в коммерческих системах массового обслуживания – один из ключевых факторов, влияющих на уровень удовлетворенности клиентов и эффективность функционирования сервисов. В различных сферах деятельности – от медицинского обслуживания до информационно-справочных систем – задержки в получении услуги приводят к снижению качества обслуживания, увеличению нагрузки на персонал, потере лояльности клиентов и потенциальным экономическим потерям. Особенно остро данный вопрос стоит в клиентских сервисах, где скорость обработки запросов играет решающую роль в предоставлении услуги.

Системы обслуживания, работающие с большим числом входящих запросов, включают в себя различные механизмы управления потоками клиентов. Одним из центральных элементов таких систем являются колл-центры, осуществляющие первичную обработку обращений. Их функциональная эффективность определяется несколькими параметрами: скоростью ответа оператора, точностью передачи информации, распределением нагрузки среди сотрудников и качеством работы алгоритмов обработки вызовов. Нарушение баланса между этими параметрами может приводить к увеличению времени ожидания, росту вероятности ошибок и, как следствие, ухудшению качества предоставляемых услуг.

Особую значимость данная проблема приобретает в сфере пассажирских перевозок, где оперативность предоставления услуги напрямую влияет на ее востребованность. Согласно данным Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), услугами такси в России пользуется 38 % населения, при этом 47 % клиентов

предпочитают осуществлять заказ посредством телефонного звонка. Более половины опрошенных (56 %) указывают на критическую важность времени подачи автомобиля, а 29 % сталкивались с ошибками в указании адреса подачи. Таким образом, эффективность работы колл-центра оказывает непосредственное влияние на удовлетворенность клиентов и экономические показатели компании.

Для обеспечения высокой скорости и точности обработки заказов требуется комплексный подход к проектированию и модернизации колл-центров. Одним из ключевых инструментов является математическое моделирование, позволяющее количественно оценить нагрузку на систему, определить вероятность попадания клиента в очередь, а также рассчитать необходимое число операторов с учетом внешних факторов.

В данной работе рассматриваются подходы к математическому моделированию работы колл-центров такси, анализируется влияние различных параметров на их эффективность и предлагаются решения для повышения качества обслуживания путем усовершенствования распределения нагрузки на операторов и внедрения автоматизированных систем обработки запросов.

Постановка задачи. Для начала необходимо рассмотреть общий случай определения эффективности работы колл-центра. Существующие системы сталкиваются с рядом проблем: высокая нагрузка в пиковые часы, долгое ожидание ответа оператора, возможность ошибок при взаимодействии с оператором и неравномерное распределение нагрузки на операторов.

Основная цель исследования – разработать математическую модель, позволяющую рассчитывать необходимое число работников, снижая время ожидания клиентов и улучшая распределение нагрузки между операторами.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ текущего состояния колл-центров:

– определение средних параметров работы: количество входящих заявок, среднее время разговора, вероятность ожидания в очереди;

– выявление факторов, влияющих на нагрузку операторов (время суток, сезонность, выходные и праздничные дни);

– определение основных причин задержек и ошибок в работе колл-центра.

2. Разработка математической модели работы колл-центра:

- построение модели системы массового обслуживания (СМО) с учетом количества операторов, интенсивности потока вызовов и времени их обработки;

- определение вероятности того, что клиент попадет в очередь, и среднего времени ожидания;

- оценка влияния рассматриваемых факторов (количество операторов, время ответа, распределение вызовов).

3. Расчет числа операторов:

- подбор оптимального числа операторов в зависимости от времени суток и загруженности.

4. Оценка эффективности предложенной модели:

- анализ влияния решения на скорость ответа оператора, вероятность попадания клиентов в очередь и равномерность загрузки персонала.

Текущее состояние рынка пассажироперевозок. Согласно аналитике BusinesStat численность поездок на такси в России в 2023 г. составляет 3.3 млрд, что эквивалентно примерно 9 млн поездок в день. Для Санкт-Петербурга же это число составляет порядка 600 тыс. поездок ежедневно. С учетом того, что согласно опросу ВЦИОМ, 10 % обращается в службу такси по телефону, понимаем, что ежедневно в колл-центр (СПб) звонит только с целью вызвать машину (а ведь колл-центр также занимается решением проблем клиентов и водителей, возникших в ходе поездки) обращается 60 тыс. человек.

В рамках данной статьи мы ограничимся поиском числа операторов, которые будут только принимать заказы и не будут заниматься другой работой.

Время ожидания. Под ожиданием мы будем понимать время от первого гудка при наборе номера службы такси до начала поездки. Оно состоит из нескольких этапов:

1. Ожидание соединения с оператором. На скорость протекания этого процесса мы можем повлиять, изменяя количество операторов на линии. Важно сделать так, чтобы это время было минимально, потому что активное ожидание – повышает тревожность клиента.

2. Общение с оператором. На данном этапе оператору необходимо выяснить детали заказа:

- а. Адрес подачи автомобиля.

- б. Адрес назначения (не обязательно).

- в. Пожелания и комментарии (не обязательно).

В завершение разговора оператор также должен сообщить детали поездки:

- а. Марка, модель и гос. номер автомобиля такси.

- б. Ориентировочное время ожидания автомобиля.

- в. Стоимость поездки (не обязательно).

Важно учесть, что у оператора еще есть этап постобработки запроса.

Если верить опросу, то в России только 9 % пользуются стационарными телефонами, значит, для остальных пользователей можно и нужно дублировать информацию о поездке, используя СМС-сообщение. Там же необходимо сообщать статус ожидания и уведомление о подаче.

3. Подача автомобиля. Среднее время поездки (в Санкт-Петербурге в 2021 г.), согласно аналитике центра организации дорожного движения (ЦОДД), составляет 20 мин, подача же автомобиля – 8 мин, что, согласно опросу ВЦИОМ, устраивает 79 % опрошенных.

ASA (Average Speed of Answer) – среднее время ожидания клиентом ответа оператора. В мировой практике хорошим показателем считается время ожидания не более 20 с. Время же на общение с клиентом будем считать равным 90 с.

Глобальная задача – уменьшить время общего ожидания автомобиля, но мы ограничимся поиском способов уложиться в заданные временные ограничения ожидания соединения и общения с оператором.

Обзор литературы. Вопрос оптимизации работы колл-центров и служб такси активно исследуется в научных кругах. Различные подходы к моделированию процессов обслуживания клиентов позволяют выявить наиболее эффективные стратегии управления ресурсами и минимизации времени ожидания. В данном разделе рассмотрены исследования, посвященные математическому моделированию работы колл-центров и служб такси, а также внедрению автоматизированных решений для повышения их эффективности.

Например, существует исследование, посвященное математическому моделированию службы такси «Жара» в Оренбурге [1]. Авторы публикации программными средствами моделирования процессов анализировали чувствительность системы к изменению нагрузки и пришли к выводам об увеличении количества сотрудников для снижения ожидания клиентов на линии.

В исследованиях М. Г. Носова и М. В. Дегтярева [2]–[3] прослеживается идея внедрения этапа автоматизированного принятия заказа без участия человека-оператора, однако их расчеты исключительно численные и не приводят к каким-либо выводам об эффективности использо-

вания подобных систем. Исследование преподавателей Пражского университета [4] посвящено моделированию работы городских служб такси. Учитывая современные способы вызова автомобилей, они разработали масштабную математическую модель и сделали упор на анализ работы такси как транспортной системы, не рассматривая систему колл-центра.

На основании проведенного обзора можно сделать вывод о важности применения математического моделирования и автоматизированных решений для повышения эффективности работы колл-центров и служб такси. Рассмотренные исследования демонстрируют эффективность существующих подходов – динамического управления ресурсами, прогнозирования нагрузки, использования ИИ и т. п. Однако предложенное в данном исследовании решение отличается уникальностью за счет анализа результатов внедрения ИИ-бота и чувствительности системы изменениям потока заявок и количества каналов обслуживания. В отличие от традиционных методов, оно не только разгружает операторов, но и значительно сокращает время обработки запросов, улучшая качество сервиса. Такой подход позволяет достичь баланса между снижением затрат и повышением удовлетворенности клиентов, что выгодно отличает его от существующих решений.

Модель. Для моделирования процесса обработки вызовов в колл-центре используем систему массового обслуживания с ограниченным числом операторов и возможной очередью (рис. 1). Обозначим: S – дискретное состояние системы (например, S_0 – состояние, при котором все каналы свободны, S_1 – один канал занят (любой), S_n – все n каналов заняты); λ – интенсивность поступления вызовов (число звонков в единицу времени); μ – интенсивность обслуживания (среднее число звонков, обрабатываемых одним оператором в единицу времени); n – число операторов, одновременно принимающих звонки.

Согласно методическому материалу Е. С. Вентцель «Теория вероятностей», можно получить следующие стационарные вероятности P_i :

$$P_i = \begin{cases} \frac{\rho^i}{i!} P_0, & i \leq n; \\ \frac{\rho^n}{n!} \frac{\rho^{i-n}}{n^{i-n}} P_0 = P_n \frac{\rho^{i-n}}{n^{i-n}}, & i > n; \end{cases}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^n}{n!} \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{n}\right)^i},$$

где P_0 – стационарная вероятность того, что в системе массового обслуживания нет заявок; $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$.

Вероятность ожидания

$$P_{\text{ож}} = \frac{\rho^i}{n!} \frac{1}{1 - \rho} P_0.$$

Среднее время ожидания в очереди

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda},$$

где $L_q = \frac{P_{\text{ож}} \rho}{1 - \rho}$ – среднее число заявок в очереди.

Среднее время пребывания заявки в системе

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}.$$

Формальная постановка задачи. Вопрос оптимизации работы колл-центров актуален для множества сфер, включая банковское обслуживание, медицинские учреждения и службы технической поддержки. Однако в каждой из этих областей существуют специфические требования и особенности взаимодействия с клиентами. Одна из наиболее динамичных и требовательных к скорости обработки запросов сфер – пассажирский транспорт, в частности – службы такси. Здесь колл-центр играет ключевую роль в оперативной обработке заказов, распределении автомобилей и обеспечении бесперебойного сервиса для клиентов. В отличие от стандартных контакт-центров, где важна полнота предоставляемой информации, в службах такси критичный фактор – это минимизация времени ожидания, что требует особых подходов к моделированию и управлению нагрузкой.

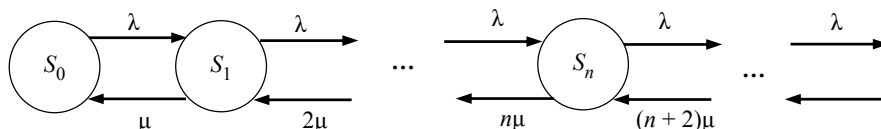


Рис. 1. Модель состояний системы массового обслуживания с n обслуживающими операторами и неограниченной очередью
Fig. 1. State model of a queuing system with n service operators and an unlimited queue

Пусть определенное ранее время ожидания соединения с оператором обозначается $t_{\max \text{ ож}}$. Время на общение с клиентом будем обозначать $t_{\text{разг}}$.

Требуется подобрать такое число операторов для нашей системы, чтобы выполнялось неравенство

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \leq t_{\max \text{ ож}},$$

при этом число задействованных в работе операторов должно быть минимально. Минимизация числа операторов обусловлена стремлением обеспечить заданный уровень обслуживания при наименьших возможных затратах. С одной стороны, для соблюдения требования по времени ожидания необходимо наличие достаточного числа операторов, иначе клиенты будут ждать слишком долго. С другой стороны, каждый дополнительный оператор – это расходы на оплату труда, рабочие места и прочие ресурсы. Поэтому задача сводится к нахождению компромисса между качеством сервиса (ограничение на максимальное время ожидания) и экономической эффективностью (минимизация затрат).

Расчетные данные. Ежедневно в Санкт-Петербурге совершается примерно 60 тыс. поездок. На обслуживание одного клиента оператор тратит 90 с. Важно отметить, что оператор – не машина и работать 100 % своего рабочего времени не способен. Положим, что он работает 70 % своего рабочего времени. В таком случае для нашей системы $\mu = 40$ заявок/ч.

Первый вариант. Предположим, что 60 тыс. поездок, происходящих в течение дня, распределены случайным образом. Тогда получим $\lambda = \frac{60\,000}{24} = 2500$ заявок/ч.

Исходя из того, что для СМО $\rho \leq 1$, поймем, что $n \geq 84$ чел. Также необходимо соблюдать исходное требование о том, что оператор работает только 70 % своего времени. Используя численные методы, найдем такое минимальное число n , что $W_q = \frac{L_q}{\lambda} \leq 20$ с, а также, что отношение математического ожидания числа занятых операторов $E(n_{\text{зан}})$ к общему числу операторов n , не превышает 0.7. В нашем случае получим $n = 87$ чел., при этом $W_q \approx 19$ с, а $\frac{E(n_{\text{зан}})}{n} \approx 0.7$. Стоит отме-



Рис. 2. Статистическое распределение заказов такси за неделю в Санкт-Петербурге
 Fig. 2. Statistical distribution of taxi orders over the week in Saint Petersburg

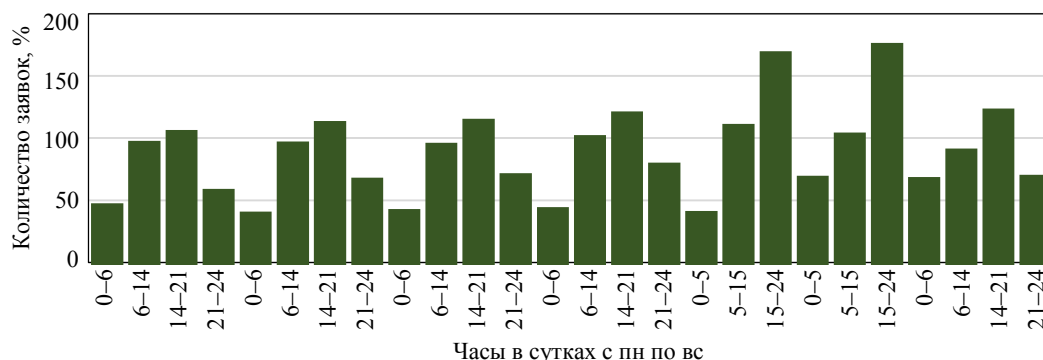


Рис. 3. Среднее по временным диапозонам статистическое распределение заказов такси за неделю в Санкт-Петербурге
 Fig. 3. Statistical distribution of taxi orders over the week in Saint Petersburg

тить, что это число работающих операторов, а так как служба такси – круглосуточная, поймем, что работодателю придется нанять 261 чел. (3 смены).

Даже такое количество операторов обойдется очень дорого, при этом работать они будут не очень эффективно, ведь в действительности поездки неравномерно распределены в течение дня, поэтому система требует внедрения улучшений.

Второй вариант. Для понимания, как распределены заявки, приходящие в систему, обратимся к исследованию Яндекс [3]. Необходимо понимать, в какие дни (часы) загрузка больше и потребуется больше операторов, а в какие – меньше.

На рис. 2 указано количество заказов с понедельника (00:00) по воскресенье (23:59) в процентах. За 100 % принято среднее число поездок в час с 09:00 до 18:00 в будни. Явно виден повышенный спрос в течение дня. Учитывая это, перестроим гистограмму (рис. 3).

Видно, что загруженность службы такси в течение дня в понедельник–четверг и воскресенье примерно одинаковая. На основании этого еще раз видоизменим гистограмму на рис. 2 (рис. 4, 5).

Теперь следует привести статистику численно (табл. 1 и 2).

Табл. 1. Распределение количества заказов и операторов на день (для вс–чт)

Tab. 1. Distribution of the number of orders and operators per day (for Sun–Thu)

Время	Число обращений (в час)	Количество операторов
0–6	1050	39
6–14	2275	80
14–21	2750	96
21–24	1575	56

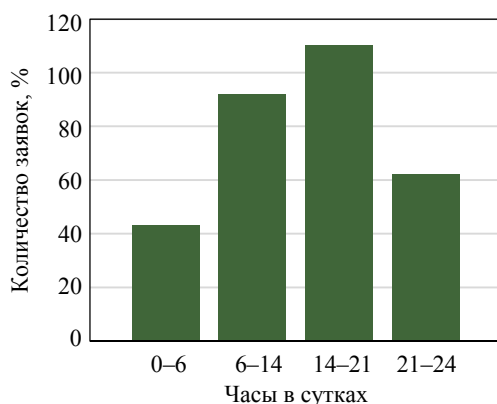


Рис. 4. Распределение заказов в течение дня для вс–чт

Fig. 4. Distribution of orders throughout the day for Sun–Thu

Табл. 2. Распределение количества заказов и операторов на день (для пт, сб)

Tab. 2. Distribution of the number of orders and operators per day (for Fri, Sat)

Время	Число обращений (в час)	Количество операторов
0–5	1075	39
5–15	2500	87
15–24	4100	141

Если исходить из того, что оператор не может работать более 8 ч/сут., получим распределение сотрудников по сменам (табл. 3 и 4).

Табл. 3. Распределение сотрудников по сменам в зависимости от интенсивности потока заявок (для вс–чт)

Tab. 3. Distribution of employees by shifts depending on the intensity of request flow (for Sun–Thu)

Время	Пришло на работу (чел.)	Ушло с работы (чел.)
00:00	39	0
6:00	41	0
8:00	39	39
14:00	57	41
16:00	39	39
22:00	17	57

Табл. 4. Распределение сотрудников по сменам в зависимости от интенсивности потока заявок (для пт, сб)

Tab. 4. Distribution of employees by shifts depending on the intensity of request flow (for Fri, Sat)

Время	Пришло на работу (чел.)	Ушло с работы (чел.)
00:00	39	0
5:00	48	0
8:00	39	39
13:00	48	48
15:00	54	0
16:00	39	39
21:00	48	48
23:00	54	54

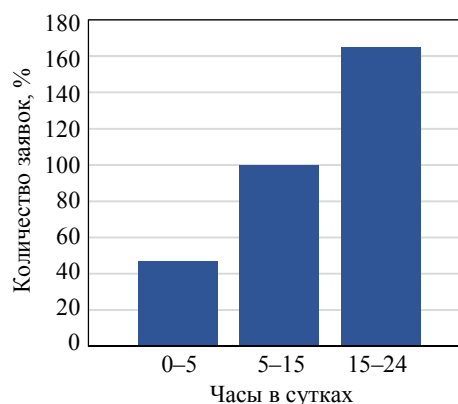


Рис. 5. Распределение заказов в течение дня для пт–сб

Fig. 5. Distribution of orders throughout the day for Fri–Sat

Итак, получим, что для того, чтобы соответствовать требованию $W_q = \frac{L_q}{\lambda} \leq 20$ с, работодателю потребуется оплачивать работу 232 чел. для воскресенья–четверга и 369 чел. для пятницы и субботы.

Сравнив результаты с прошлым вариантом расчетов, заметим, что, во-первых, предположение о том, что поездки, происходящие в течение дня, распределены случайным образом, несостоятельно и 261 чел. не всегда смогли бы справиться с обслуживанием. Во-вторых, используя более гибкое управление, удалось в некоторые дни и часы сократить необходимое количество кадров для того, чтобы соответствовать требованию, однако общее число задействованных в обслуживании людей все еще велико, и система требует совершенствования.

Третий вариант. Для уменьшения числа операторов можно прибегнуть к использованию ботов, которые будут принимать и обрабатывать заявки клиентов. Необходимо оценить выгоду от внедрения подобного решения.

Потенциальные проблемы:

1. Посторонние шумы. Несмотря на доступность качественной мобильной связи, далеко не всегда даже человек может распознать речь своего собеседника, не то что бот.

2. Нестандартный клиент. К примеру, корпоративные клиенты такси не оплачивают поездку

самостоятельно, поэтому для них требуется иной сценарий взаимодействия.

3. Сложный маршрут. Если клиент строит маршрут с промежуточными остановками, то это потребует усложнения скрипта бота.

4. Отмена или изменение заказа. Подобная операция также затруднит разработку модели бота.

5. Многие люди раздражаются, когда не могут быстро достучаться до живого оператора.

6. Учет пожеланий и комментариев пользователей. Клиенты могут запрашивать такси с особыми условиями (детское кресло, перевозка животных, наличный расчет, крупногабаритный багаж).

7. Нестандартная точка вызова. Если это не подъезд с определенным номером или главный вход, отмеченный на карте, то определение стартовой точки поездки – не простая задача.

С учетом этих сложностей отказаться от оператора не представляется возможным, однако можно попробовать частично автоматизировать процесс.

Предположим, что бот в нашей ситуации способен обрабатывать только простые заявки по вызову машины из точки А до точки Б без дополнительных остановок и пожеланий к поездке. Возможный процесс может выглядеть, как на рис. 6.

Многое зависит от того, какую часть заявок может на себя взять бот, ведь в случае, если это число недостаточно большое, среднее время общего ожидания может сильно увеличиться (табл. 5).

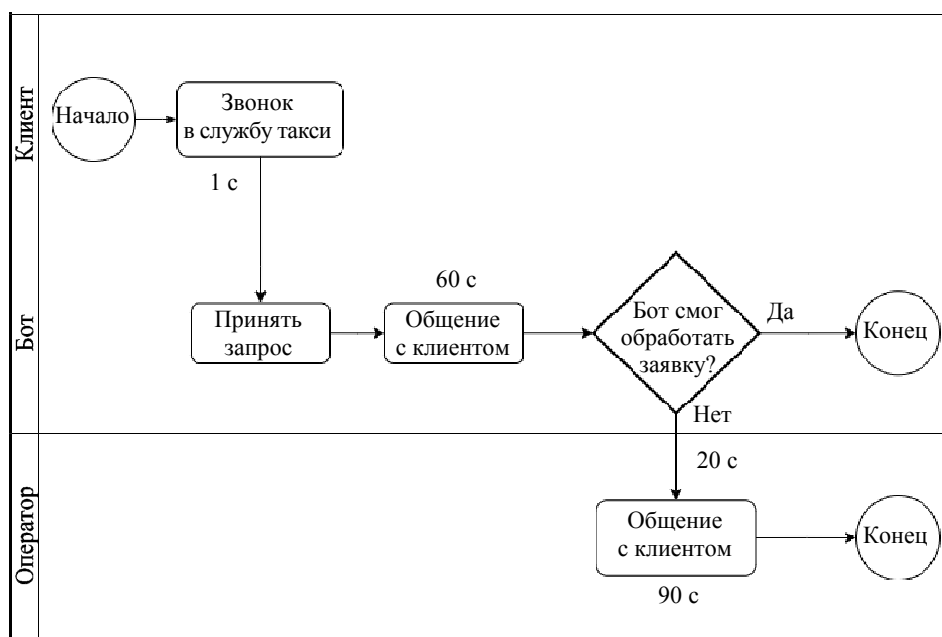


Рис. 6. Модель процесса вызова такси по телефону с использованием бота на первом этапе взаимодействия с клиентом

Fig. 6. Model of the taxi call process by phone using a bot at the first stage of interaction with the client

Табл. 5. Варианты длительности обслуживания
в зависимости от эффективности бота
Tab. 5. Variants of service duration depending
on bot efficiency

Доля заявок, которую может обработать бот	Среднее время обслуживания и ожидания, с
0.4	127.0
0.45	121.5
0.5	116.0
0.55	110.5
0.6	105.0
0.65	99.5
0.7	94.0
0.75	88.5

Можно заметить, что система дает выигрыш по времени только в случае, если бот может обработать более 60 % заявок. При этом снизится качество пользовательского опыта. Многие люди раздражаются, когда не могут быстро достучаться до живого оператора.

Видоизменим схему общения клиента со службой такси. Позволим человеку выбирать, с кем общаться (рис. 7).

Проанализируем теперь, как изменится время обслуживания клиента в зависимости от вероятности того, что клиент выберет общение с оператором и того, что бот не сможет обработать заявку (табл. 6).

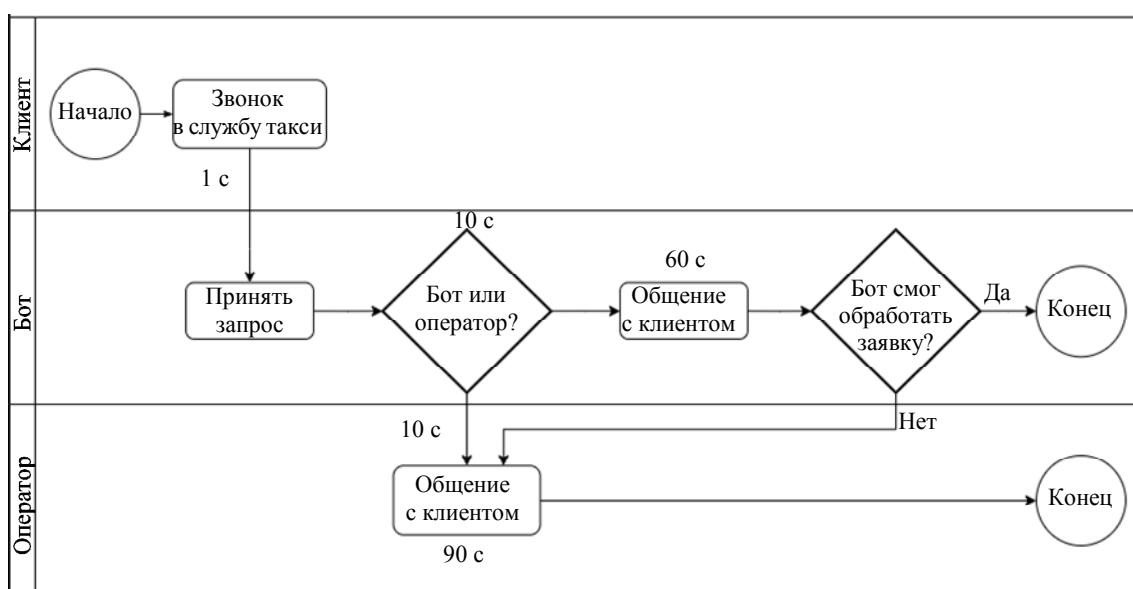


Рис. 7. Модель процесса вызова такси по телефону с возможностью выбора между ботом и оператором
Fig. 7. Model of the taxi call process by phone with the option to choose between a bot and an operator

Табл. 6. Зависимость суммарного времени ожидания и обслуживания от вероятности выбора оператора или бота и вероятности того, что бот верно обработает заявку, и человеку не придется общаться с оператором
Tab. 6. The dependence of the total waiting time and maintenance on the probability of choosing an operator or bot and the probability that the bot will process the request correctly, and the person will not have to communicate with the operator

Вероятность выбора общения с оператором	Вероятность того, что бот не сможет обработать заявку											
	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
	Суммарное время ожидания и обслуживания, с											
0.2	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83
0.3	125	121.5	118	114.5	111	107.5	104	100.5	97	93.5	90	86.5
0.4	123	120	117	114	111	108	105	102	99	96	93	90
0.5	121	118.5	116	113.5	111	108.5	106	103.5	101	98.5	96	93.5
0.6	119	117	115	113	111	109	107	105	103	101	99	97
0.7	117	115.5	114	112.5	111	109.5	108	106.5	105	103.5	102	100.5
0.8	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104
0.9	113	112.5	112	111.5	111	110.5	110	109.5	109	108.5	108	107.5

В табл. 6 затемнены ячейки, среднее время обслуживания в которых меньше, чем до внедрения бота. При изменении структуры системы видим, что даже если бот будет результативен в 65 % случаев и частота выбора такого взаимодействия будет 0.3...0.8, то это не ухудшит время на обслуживание клиента, однако поможет уменьшить необходимое количество операторов, задействованных в работе.

С течением времени люди станут чуть лучше понимать, в каких случаях им нужно связаться с ботом, а когда – лучше сразу обратиться к оператору. Предположим, что удастся добиться ситуации, где боту достается 60 % обращений и он обрабатывает заявку верно в 90 % случаев. Посмотрим, как изменится время обслуживания и количество задействованных операторов.

Табл. 7. Результаты второго и третьего вариантов

Tab. 7. Comparison of the results of the second and third version

Параметр сравнения	Второй вариант	Третий вариант
Количество сотрудников на день (вс–чт), чел.	232	125
Количество сотрудников на день (пт, сб), чел.	369	217
Время обслуживания (общение + ожидание), с	110	93

Мы ввели дополнительную задачу – спросить у пользователя, с кем он хочет общаться, которая занимает 10 с следовательно, чтобы сохранить требование $W_q = \frac{Lq}{\lambda} \leq 20$ с, время на соединение с оператором должно быть ≤ 10 с.

Применим схему расчета из второго варианта и получим, что работодателю потребуется оплачивать работу 125 чел. для воскресенья–четверга и 217 чел. для оставшихся дней.

Результаты расчетов второго и третьего предложенных вариантов приведены в табл. 7.

Выводы. Проведенное исследование позволило значительно улучшить работу информационно-справочной системы такси, сделав ее более эффективной. Первый вариант, основанный на равномерном распределении вызовов в течение суток, оказался неэффективен из-за пиковых нагрузок и чрезмерного числа операторов. Второй вариант, учитывающий динамику поступления заказов, показал более высокую эффективность, но все же требовал значительных ресурсов для поддержки качества обслуживания.

Наиболее удачным решением стал третий вариант, в котором ключевым нововведением стало внедрение ИИ-бота. Этот подход позволил перераспределить нагрузку между операторами и автоматизированной системой, что привело к снижению количества задействованных сотрудников и уменьшению времени ожидания клиентов. Благодаря этому удалось достичь баланса между снижением затрат и повышением качества обслуживания.

Использование ИИ позволило автоматизировать рутинные задачи, освободив операторов для более сложных и нестандартных запросов. Такой подход подтверждает, что комбинированные модели взаимодействия человека и технологий – перспективное направление для улучшения клиентского сервиса.

Таким образом, предложенное решение демонстрирует улучшение в организации работы колл-центров такси. Внедрение ИИ-бота показало свою эффективность в снижении затрат, ускорении обработки заказов и повышении общей удовлетворенности клиентов, что делает его полезным примером для дальнейших разработок в данной области.

Список литературы

1. Безбородникова Р. М. Моделирование работы службы такси // Вестн. ВГУИТ. 2016. № 4. С. 322–329. doi: 10.20914/2310-1202-2016-4-322-3297.
2. Носова М. Г., Дегтярева М. В. Математическая модель для оптимизации обслуживания вызовов в контакт-центре // Colloquium-j. 2020. № 11(63). С. 23–25. doi: 10.24411/2520-6990-2020-11729.
3. Носова М. Г., Дегтярева М. В. Построение и анализ модели контакт-центра как системы массово-

- го обслуживания с многоуровневым IVR и нетерпеливыми запросами // Вестн. Алтайской академии экономики и права. 2019. № 9–1. С. 101–106. doi: 10.17513/vaael.705.

4. Zhang W., Honnappa H., Ukkusuri S. V. Modeling Urban taxi services with E-hailings: A queueing network approach // Transportation research proc. Part C. 2019. Vol. 38(64). P. 751–771. doi: 10.1016/j.trpro.2019.05.039.

Информация об авторах

Моисеев Кирилл Олегович – магистрант кафедры информационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».
E-mail: vihuhol@vk.com
<https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

Трофимова Анастасия Олеговна – магистрант кафедры информационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».
E-mail: anastasiia_trofimova02@mail.ru

References

1. Bezborodnikova R. M. Modelirovanie raboty sluzhby taksi // Vestn. VGUIT. 2016. № 4. S. 322–329. doi: 10.20914/2310-1202-2016-4-322-3297. (In Russ.).
2. Nosova M. G., Degtjareva M. V. Matematicheskaja model' dlja optimizacii obsluzhivanija vyzovov v kontakt-centre // Colloquium-j. 2020. № 11(63). S. 23–25. doi: 10.24411/2520-6990-2020-11729. (In Russ.).
3. Nosova M. G., Degtjareva M. V. Postroenie i analiz modeli kontakt-centra kak sistemy massovogo obsluzhivanija s mnogourovnevym IVR i neterpelivymi zaprosami // Vestn. Altajskoj akademii jekonomiki i prava. 2019. № 9–1. S. 101–106. doi: 10.17513/vaael.705. (In Russ.).
4. Zhang W., Honnappa H., Ukkusuri S. V. Modeling Urban taxi services with E-Hailings: A queueing network approach // Transportation Research proc. Part C. 2019. Vol. 38(64). P. 751–771. doi: 10.1016/j.trpro.2019.05.039.

Information about the authors

Kirill O. Moiseev – Master's degree student, Department of Information Systems, Saint Petersburg Electrotechnical University.
E-mail: vihuhol@vk.com
<https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

Anastasiia O. Trofimova – Master's degree student, Department of Information Systems, Saint Petersburg Electrotechnical University.
E-mail: anastasiia_trofimova02@mail.ru

Статья поступила в редакцию 27.03.2025; принята к публикации после рецензирования 27.05.2025; опубликована онлайн 29.09.2025.

Submitted 27.03.2025; accepted 27.05.2025; published online 29.09.2025.
