

**Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Кафедра Телекоммуникационных систем
Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Допущен к защите
Зав. кафедрой _____ Шагиахметов Д.Р.
« _____ » _____ 2014 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

пояснительная записка

на тему: Анализ интеллектуального управления качеством в
информационных справочных службах операторов связи

Магистрант <u>Нургалиев Б.Е</u> (Ф.И.О.)	_____ (подпись)	группа <u>МТСП-12-2</u>
Руководитель <u>к.т.н., доцент</u> (ученая степень, звание)	_____ (подпись)	<u>Кадыров Х.Г</u> (Ф.И.О.)
Рецензент <u>к.т.н., доцент</u> (ученая степень, звание)	_____ (подпись)	<u>Липская М.А.</u> (Ф.И.О.)
Консультант по ВТ <u>к.х.н., ст..преп.</u> (ученая степень, звание)	_____ (подпись)	<u>Данько Е.Т.</u> (Ф.И.О.)
Нормоконтроль <u>к.х.н., ст..преп.</u> (ученая степень, звание)	_____ (подпись)	<u>Кудинова В.С.</u> (Ф.И.О.)

Алматы, 2014 г.

**Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Факультет радиотехники и связи

Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Нургали еву Батырхану Елеусиновичу

(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации: Анализ методов интеллектуального управления качеством в информационных справочных службах операторов связи.

утверждена Ученым советом университета № 142 от 31.10.2013 г.

Срок сдачи законченной диссертации 25.12.2013 г.

Цель исследования :

Повышение эффективности обслуживания клиентов и снижение эксплуатационных затрат информационно справочных службах, путем разработки алгоритмов и средств мониторинга, анализа и управления качеством работы операторов.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

- 1 Особенности структуры информационно справочные службы
- 2 Основные положения алгоритма
- 3 Параметры качества обслуживания
- 4 Аналитические модели современных информационно справочные служб
- 5 Компьютерное моделирование обслуживания телефонных вызовов в информационно справочных службах
- 6 Экспериментальная часть.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- 1 Обобщенная структура Call-центра
- 2 Структурная схема информационно справочных служб на базе УПАТС
- 3 Упрощенная схема мониторинга качества работы операторов, на основе имитации их деятельности

Рекомендуемая основная литература

1 Левин, Г. Измеряем качество работы информационно справочные службы / Сети и системы связи. - 2007. - № 9.

2 Андреев, Р. В. Повышение показателей эффективности работы ЦОВ маршрутизацией абонентов в IVR-меню / Р.В. Андреев, Н.М. Татарина // Докл. на X международной НТК «ПТ и ТТ-2009».- ПГУТИ, Самара, 2009.

3 Татарина, Н. М. Компьютерное моделирование обслуживания вызовов с целью повышения качества работы операторов ЦОВ / Н. М. Татарина //Москва, 2011.

Г Р А Ф И К
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	05.09.12 – 15.09.12	Выполнил
1 Особенности структуры информационно справочные службы	20.09.12 – 20.10.12	Выполнил
2 Основные положения алгоритма	20.11.12 – 10.1.13	Выполнил
3 Параметры качества обслуживания	20. 01.12 – 20.12.12	Выполнил
4 Аналитические модели современных информационно справочных служб	20.12.12 – 10.1.13	Выполнил
5 Параметры качества обслуживания	10.01.13 – 10.03.13	Выполнил
6 Структурная схема информационно справочных служб на базе УПАТС	10.03.13 – 10.05.13	Выполнил
7 Компьютерное моделирование обслуживания телефонных вызовов в информационно справочных службах	10.05.13 – 10.10.13	Выполнил
8 Экспериментальная часть	10.10.13 – 10.12.13	Выполнил
Заключение	10.12.13 – 20.12.13	

Дата выдачи задания 05.09.2012 г.

Заведующий кафедрой _____ (Коньшин С.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации _____ (Кадыров Х.Г.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению
магистрант _____ (Нургалиев Б.Е.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Аңдатпа

Көрсетілген магистерлік диссертация зияткерлік басқарманың зертте-сапамен оператордың ақпараттық анықтаманың қызметтерінде байланысқа арнаулы.

Клиенттің күтуінің тиімділігінің шолуы өткізідген. Көтермелеу деңгей сапа оператордың жұмысының және анықтаманың қызметінің функционирувания тиімділігінің бұлақты көрсеткіштерінің информациялық . қажетті алгоритмның талғамы, клиенттің нарықты күтуі үшін жасалған.

Аннотация

Данная магистерская диссертация посвящена исследованию интеллектуального управления качеством в информационных справочных службах операторов связи.

Проведен обзор эффективности обслуживания клиентов. Повышение уровня качества работы операторов и ключевых показателей эффективности функционирувания информационно справочных служб .

Осуществлен выбор необходимого алгоритма для качественного обслуживания клиентов.

Abstract

This Master dissertation devoted to the study of intellectual quality nagement information reference service operators.

A review of the effectiveness of customer service. Enhancement of the uality of operators and key performance indicators functioning of information inquiry services.

Implemented algorithm for selection of the desired quality customer service.

Содержание

1. Обзор мониторинга, анализа и Управления качеством работы операторов информационно справочных служб
 - 1.1 Особенности структуры информационно справочные службы
 - 1.2 Ключевые показатели эффективности работы информационно справочные службы
 - 1.3 Существующие алгоритмы мониторинга, анализа и управления качеством работы операторов
 - 1.4 Необходимость усовершенствования существующих алгоритмов
 - 2 Разработка алгоритма интеллектуального Управления входящими телефонными вызовами
 - 2.1 Основные положения алгоритма
 - 2.2 Применение алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами в информационно справочных службах
 - 2.3 Функционирование информационно справочные службы в виде сети массового обслуживания
 - 2.4 Аналитические модели современных информационно справочные службы
 - 2.5 Алгоритм оценки качества работы операторов
 3. Компьютерное моделирование обслуживания Телефонных вызовов в информационно справочных службах
 - 3.1 Описание компьютерной модели
 - 3.2 Доказательство адекватности составленной модели
 4. Оценка эффективности применения предложенной модели ПО.
 - 4.1 Алгоритм интеллектуального управления входящими вызовами
 - 4.2 Результаты внедрения алгоритма интеллектуального управления вызовами
 - 4.3 Алгоритм оценки качества работы операторов
- Заключение
- Список литературы
- Список сокращений
- ПРИЛОЖЕНИЕ А –

Введение

В настоящее время информационно справочные службы или центры обслуживания вызовов (ЦОВ) нашли применение во многих социально-экономических отраслях, например, в службах экстренного реагирования, банковских и финансовых сферах, торговых, страховых, туристических компаниях, а также информационно-справочные службы операторов связи.

Технологии информационно справочных службах позволяют обрабатывать быстрее, дешевле и качественнее запросы клиентов, повысить эффективность внутреннего информационного обмена на предприятии, что приводит к значительной экономии времени операторов и клиентов, обращающихся в информационно справочные службы. Информационно справочные службы являются интенсивно развивающимся направлением телекоммуникационной отрасли.

Появление у операторов связи новых телекоммуникационных услуг характеризуется увеличением количества клиентов и спроса на информационные услуги информационно справочных служб. Усложняется работа операторов, а к качеству обслуживания предъявляются высокие требования.

Поэтому, эффективность обслуживания клиентов, повышение уровня качества работы операторов и ключевых показателей эффективности функционирования информационно справочных служб в целом, становится важным аспектом в условиях жесткой конкуренции.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

- разработка алгоритма интеллектуального управления входящими телефонными вызовами, для улучшения ключевых показателей функционирования информационно справочных служб;
- разработка алгоритма оценки качества работы операторов, на основе имитации их деятельности;
- разработка компьютерной модели обслуживания телефонных вызовов и исследование влияния качества обслуживания различных классов обращений на основные параметры функционирования информационно справочных служб.

В связи с этим, в настоящее время существует актуальная научно-техническая задача исследования и разработки алгоритмов мониторинга, анализа и управления качеством работы операторов справочных служб, решение которой открывает перспективы для создания единой методики, оценки и повышения показателей функционирования справочных служб, а также возможности проводить внутренние проверки качества обслуживания, способствующие повышению потребительской лояльности.

1 Обзор мониторинга, анализа и управления качеством работы операторов информационно справочные службы

1.1 Особенности структуры информационно-справочной службы

Информационно-справочные службы - взаимоувязанный аппаратно-программный комплекс центра обслуживания вызовов, предоставляющий различные мультимедийные информационные услуги одновременно большому числу клиентов с помощью операторов через телефонную сеть общего пользования и/или через сеть Интернет [1]. В функции таких центров обычно входят:

- оказание информационно-справочных услуг (предоставление адресов, телефонов, справок по товарам и услугам предприятий, афишам, развлечениям);
- аутсорсинг (виртуальные офисы, поддержка местных мероприятий);
- консультационные услуги (юридические, медицинские, образовательные).

Информационно справочные службы также могут проводить заказные исследования и опросы, оказывать услуги директ-маркетинга.

Современный информационно справочные службы должен обеспечивать не только обработку потоков входящих вызовов, но и позволять организовывать потоки вызовов исходящих для проведения разного рода исследований, маркетинговых компаний и т.п. Это связано, в первую очередь, с интенсивным развитием компьютерной телефонии [2, 3, 4, 5, 6], а также с ростом конкурентной среды информационно-справочных служб.

Информационно-справочные службы являются ступенью эволюции операторских центров . Операторские центры первого поколения на базе ступеней распределения вызовов (СВР) представляли собой коммутационную систему со специальными функциями, такими как поддержка очередей или обслуживание вызовов с ожиданием. Основными задачами были лишь обеспечение ответов на возможно большее количество входящих вызовов и/или создание и завершение возможно большего количества исходящих вызовов. Такие СВР не предусматривали мониторинг или анализ трафика в реальном времени, не определяли, какой оператор наиболее загружен или дольше всех не был занят обслуживанием вызовов, они не различали запросы клиентов.

Call-центры - это второе поколение операторских центров, которые в полной мере включают функциональные возможности СВР [8]. Они оснащены оборудованием и специализированными программными средствами и укомплектованы техническим и управленческим персоналом для обслуживания интенсивного потока вызовов операторами. Использование в call-центрах решений компьютерной телефонии предоставило возможность существенно оптимизировать процессы обработки вызова. Прежде всего, это

относится к включению в состав операторских центров систем интерактивного речевого взаимодействия (IVR - Interactive Voice Response). На рис. 1.1 приведена обобщенная структура call-центра [9].

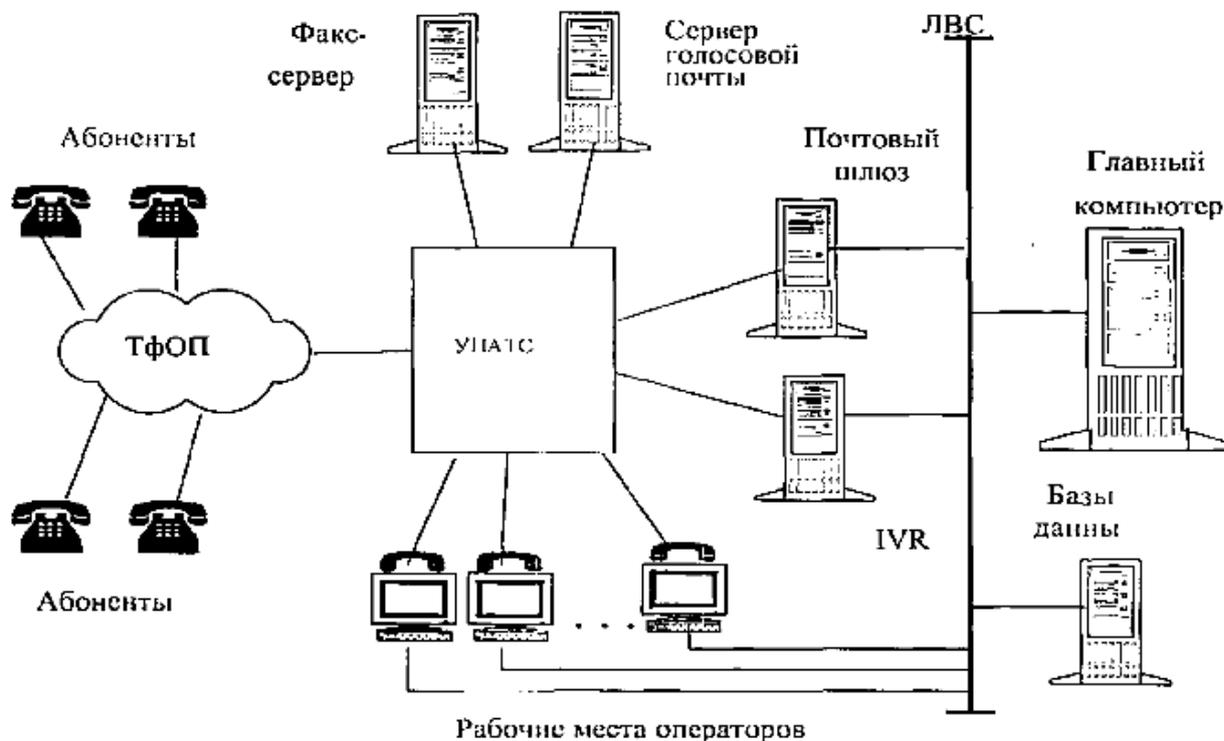


Рисунок 1.1- Обобщенная структура Call-центра

Блоки, изображенные на рисунке. 1.1, являются функциональными, а размещение их по отдельным физическим устройствам может быть произвольным. Типичный call-центр оборудуется рассмотренной выше СВР, подключаемой к учрежденческо - производственной автоматической телефонной станции (УПАТС), дооборудуется IVR-системой, факс-сервером, сервером голосовой почты и прочими подсистемами.

Процесс обслуживания абонента в операторском центре на базе УПАТС происходит следующим образом [1]. Для связи с центром клиенту необходимо набрать специальный телефонный номер и через телефонную сеть общего пользования выйти на УПАТС центра обслуживания вызовов. Прежде всего вызов поступает на систему IVR. После выполнения своих функций система IVR передает управление вызовом системе распределения вызовов, которая должна соединить клиента с оператором в нужной ему группе. Если в этой группе нет свободных операторов, то вызов помещается в очередь ожидания до тех пор, пока в группе не освободится оператор. В некоторых системах предусматривается возможность пере маршрутизации вызова в группу, где имеется свободный оператор, способный обслужить абонента.

Как только вызов достигает оператора, на его рабочем месте активизируются различные приложения по управлению взаимодействием с абонентами, которые должны помочь оператору максимально быстро и

правильно обслужить абонента и ответить на все интересующие его вопросы. В некоторых системах поддерживается возможность маршрутизации вызовов за пределы операторского центра, если оператор решает, что это необходимо.

После окончания обслуживания клиента вся информация о нем хранится в базе данных для его дальнейшего обслуживания, кроме того, эта информация может использоваться в маркетинговых и других целях.

Развитие электронной коммерции и популярность протокола IP (Internet Protocol) как единого транспорта для передачи информации любого вида, дали возможность связать web-среду с ресурсами операторского центра и предложить клиентам персонализированное обслуживание и удобное средство общения [1, 10 - 15]. Это подтверждается рядом примеров: установление одним щелчком мыши связи с оператором-агентом и быстрое получение необходимой информации, оказание консультативных услуг по телефону сопровождаемых информацией, передаваемой через web и т.д. Таким образом, наблюдается переход от операций, ориентированных, преимущественно на речевую связь, к смешанным, включающим в себя, как основные составляющие, электронную почту и web-трафик.

Информационно справочные службы нового поколения [11, 16], структура которого представлена на рисунке. 1.2, должен обеспечивать прием традиционных телефонных вызовов, телефонных вызовов, поступающих из сети Интернет с использованием технологий VoIP, прием заявок, допускающих отложенную обработку (факсимильные запросы и электронная почта), запросов по технологиям: мгновенно обмена сообщениями. Должны также обеспечиваться функции просмотра web-страниц с сопровождением, возможности коллективного внесения отметок в страницы и совместного заполнения бланков заказов.

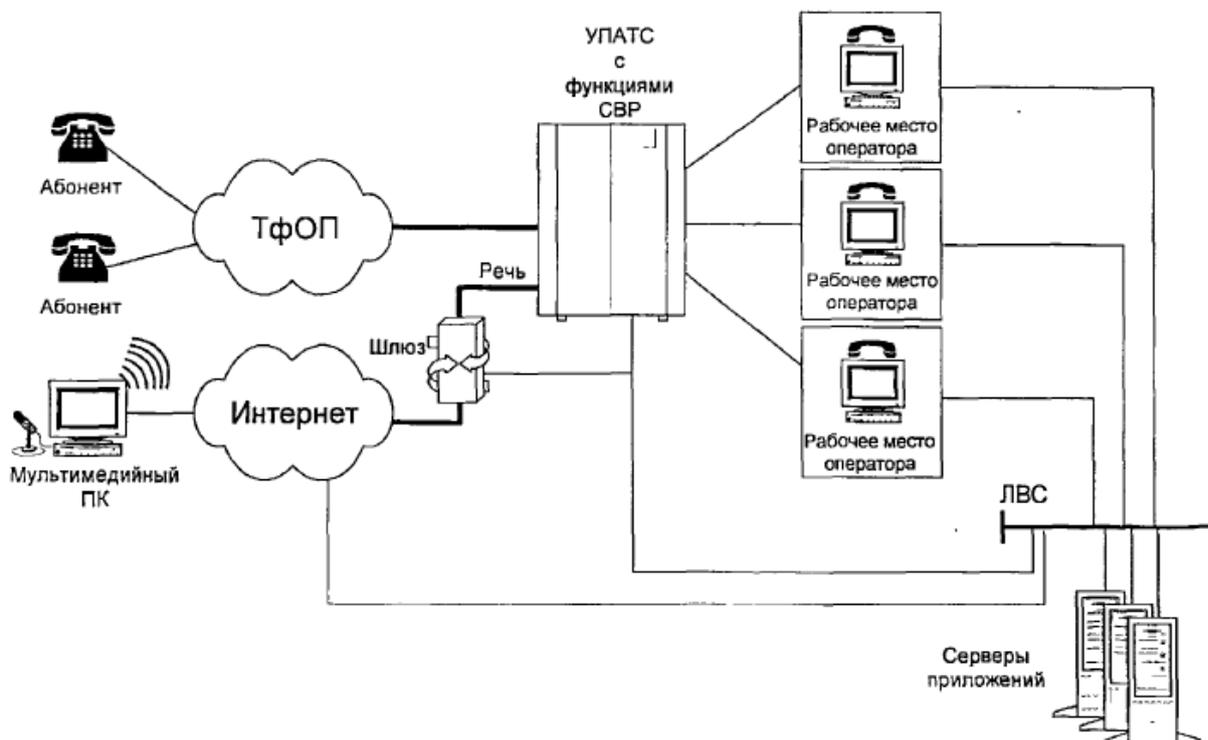


Рисунок. 1.2 - Структурная схема информационно справочных служб на базе УПАТС

Главная особенность информационно справочных служб по сравнению с предшествующими системами это способность обслуживать вызовы разных типов, поступающие из разных телекоммуникационных сетей [7, 16 - 19]:

- вызовы речевой связи - из ТфОП;
- вызовы речевой связи - из Интернет по технологии IP-телефонии;
- запросы по факсу, электронной почте;
- запросы в режиме текстового чата.

Рассмотрим логическую структуру информационно справочных служб, состоящую из следующих функциональных подсистем [1, 20 - 23]:

- интерфейс пользователей - обеспечивает передачу запросов с помощью телефонной сети общего пользования и/или сети Интернет;
- инфраструктура взаимодействия - активизируется при поступлении вызовов от пользователей, координирует работу всех аппаратных и программных средств информационно справочных служб и следит за предоставлением постоянного уровня обслуживания всем поступившим запросам;
 - административное управление - используется для помощи администрации центра по управлению работой информационно справочных служб и определения показателей эффективности его функционирования;
 - интерфейс операторов - используется операторами для ответа на запросы клиента, независимо от способа передачи запроса;
 - управление инфраструктурой взаимодействия - обеспечивает

высокую доступность пользователей к услугам информационно справочных служб и предоставляет гарантированное качество обслуживания всех поступивших запросов.

С точки зрения функционирования информационно справочных служб можно выделить следующие основные информационные модули, которые взаимодействуют между собой в процессе обслуживания вызовов [1,24]:

- модуль управления ступенью распределения вызовов ACD (Automatic Call Distribution) - обеспечивает реализацию различных алгоритмов обслуживания вызовов в системе;

- модуль управления системой интерактивного речевого ответа IVR (Interactive Voice Response) - обеспечивает получение предварительной информации об обращении или выполняет автоматическое обслуживание вызова;

- модуль автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов - обеспечивает реализацию основных операций, выполняемых операторами;

- модуль статистики и отчетов - позволяет получать разнообразные статистические данные и отчеты о работе различных систем и операторов центра;

- база данных - хранилище различной информации о клиентах, операторах, функционировании информационно справочных служб.

Все программные модули информационно справочных служб взаимодействуют между собой через базу данных. Для эффективного функционирования информационно справочных служб в рамках межрегиональных компаний связи необходимо обеспечить информационное взаимодействие центра с имеющимися в компании системами CRM (Customer Relationship Management - система управления взаимодействием с клиентами) и АСР (автоматизированная система расчетов), а в перспективе реализовать единую интегрированную базу данных, доступную любым информационным подсистемам компании.

Одним из важных и привлекательных модулей современного контакт-центра является IVR-система, средствами которой возможно организовать интеллектуальное управление входящими вызовами и, следовательно, повысить гибкость и эффективность управления работой информационно справочных служб [26].

В случае хорошей разработки, IVR-система выступает полезным инструментом для обеих сторон — информационно справочных служб (уменьшает время разговора оператора, улучшает сегментацию клиентов) и клиента (выход на нужного специалиста с первого раза, нет необходимости разговаривать с оператором для простых операций).

Рассмотрим принципы разработки, такой важной составляющей информационно справочных служб, как IVR-система.

1.2 Принципы организации IVR-системы

Заложенное в IVR-систему речевое меню задает позвонившему абоненту вопросы и предлагает возможные варианты ответов [1]. Аппаратно-программное обеспечение системы, как правило, использует для ответов дополнительный набор цифр в тональном или импульсном режиме. В ряд случаев система может полностью удовлетворить позвонившего и не переключать его на оператора. Следование нескольким простым принципам организации приложений IVR позволяет повысить уровень успешно завершенных сессий автоматического обслуживания [27 - 30]. Структура IVR-системы всегда будет зависеть от конкретной ситуации и технических возможностей, которые помогают достигнуть лучшего результата и потребовать компромисса в некоторых областях.

Простота пунктов меню является самым важным условием для организации эффективной IVR-системы. Теория утверждает, что человек может запомнить 7 простых единиц информации, поэтому не нужно говорить больше на любом уровне меню. На практике лучше использовать два, максимум три пункта меню.

Перед запуском необходимо прослушать составленное меню, пройти все пути, убрать пустые места, замкнутые круги, дубли и «мертвые» точки, удостовериться в отсутствии нарушений логики. Многие IVR-системы не функционируют из-за нарушений логики, которые остаются незамеченными для информационно справочных служб. Это происходит довольно часто, когда граница между вариантами выбора нечеткая и клиент не знает, какую ветку ему точно выбрать.

Внимательный подход к выбору типов звонков для автоматического обслуживания и выбору голоса для общения с клиентами, в соответствии с имиджем компании - является немаловажным фактором в использовании IVR-системы информационно справочных служб. В пунктах меню не должны использоваться любой жаргон и профессиональный сленг. Необходимо обращать внимание на приветственные и обязательные сообщения, на их необходимость и уместность, а также не пренебрегать услугами специализированной компании.

Незначительное изменение, такое как изменение слов приветствия, может повысить эффективность приложения путем повышения процента успешных сессий с использованием IVR.

Существуют системы, которые дают возможность распознавать живую речь в IVR-системе. Распознавание речи делает приложение более гибким и комплексным, а также позволяет компании автоматизировать гораздо больше операций, чем с использованием тонального набора.

Основной задачей IVR-системы является максимально быстрое и качественное обслуживание клиентов, поэтому пункты речевого меню должны быть точными и короткими, а маршрут получения необходимой информации оптимальным для абонента.

1.2 Классификация услуг информационно справочных служб.

В зависимости от организационной подчиненности и спектра пользователей в [31] выделено три класса информационно справочных служб: корпоративные, аутсорсинговые и хостинговые (частично аутсорсинговые).

Корпоративные информационно справочные службы - это узкоспециализированные вспомогательные подразделения операторов связи или иных поставщиков продукции или услуг, задача которых - информационное обслуживание только пользователей продукции конкретного поставщика.

Аутсорсинговые информационно справочные службы обслуживают широкий круг потребителей продукции или услуг в тех случаях, когда сценарий оказания услуг поддается формализации и не требует от операторов информационно справочных служб серьезной профессиональной подготовки.

Аутсорсинговая модель предполагает, что информационно справочные службы должен удовлетворять требованиям как самого заказчика услуги информационно справочные службы, так и пользователей продукции этого заказчика.

Хостинговые информационно справочные службы строятся на основе нескольких групп операторов с высокой квалификацией в соответствующих предметных областях и высокопроизводительных вычислительных и телекоммуникационных средств. Поскольку операторы хостингового информационно справочной службы являются сотрудниками предприятия-заказчика, то информационно справочная служба в первую очередь отвечает за соблюдение показателей качества телекоммуникационных услуг.

Качество оказываемых услуг становится одним из основных аргументов в конкуренции предприятий, оказывающих информационно-справочные услуги, и наиболее остро это проявляется в случае аутсорсинговых информационно справочных служб. Отметим, что усиливается конкуренция не только между аутсорсинговыми информационно справочных служб, но и между аутсорсинговыми информационно справочных служб с одной стороны и корпоративными - с другой.

Особенно привлекательным представляется аутсорсинг услуг информационно справочных служб для корпоративных информационно справочных служб классических и виртуальных операторов сотовой связи. Классические операторы сотовой связи среди своих пользователей давно уже выделили в особую категорию так называемых корпоративных клиентов - организации, являющиеся поставщиками продуктов и услуг. Для виртуальных же операторов сотовой связи, в отличие о классических, услуги информационно справочных служб могут стать основным видом бизнеса, что позволит им составить конкуренцию аутсорсинговым и хостинговым информационно справочных служб. Услуга информационно справочных служб - это продукт деятельности оператора информационно справочных служб по приему, обработке и передаче информации по запросам пользователей или прием и обработка информации пользователя по запросу

оператора информационно справочных служб [31, 32]. В зависимости от направления передачи запроса информационно-справочные услуги информационно справочных служб можно разделить на несколько видов (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1 - Виды информационно-справочных услуг

Вид услуги	Примеры услуг
Обработка входящих запросов	Услуги горячей линии, круглосуточные справочно-информационные услуги, маркетинговые и/или рекламные услуги, услуги сервисной службы и технической поддержки, услуги приема заказов и логистики, консультационные услуги различных типов
Обработка исходящих запросов	Услуги анкетирования и телефонных опросов, информационного обзвона, актуализации баз данных, телефонного опроса, телемаркетинга
Обработка входящих и исходящих запросов	Услуги виртуального секретаря

1.2 Ключевые показатели эффективности работы информационно справочных служб

Для оценки работы информационно справочных служб особую важность имеют те подсистемы, которые реализуют функциональность сбора и обработки статистической информации, предоставления отчетности о функционировании комплекса оборудования и осуществляют прогнозирование поведения системы в целом в тех или иных ситуациях [33].

Решение этих задач не влияет на уровень предоставления информационных услуг пользователю, но дает менеджерам центра средства для эффективного управления и позволяет организовать работу системы так, чтобы удовлетворить большинство запросов клиентов.

Максимально полную статистику, предоставляемую оборудованием информационно справочных служб, можно классифицировать:

–по загрузке соединительных линий (по состоянию каждой доступной нам телефонной линии);

- по каждому вызову;
- по состоянию операторских групп и очередей к каждой из них;
- по каждому оператору и загрузке каждого из доступных портов IVR.

Отчеты по каждому из этих пунктов могут быть в режиме реального времени и в хронологическом виде, в виде таблиц на каждый момент времени (на каждое событие). Но конкретный выбор контролируемых параметров видов статистики, поставляющих информацию об этих параметрах, зависит от организации бизнес процессов в конкретном информационно справочной службе.

Для достижения высокого уровня качества обслуживания большинство информационно справочных служб используют ключевые показатели эффективности (KPI – Key Performance Indicators), позволяющие управлять обслуживанием более эффективно, т.к. выполнение каждого из ключевых показателей напрямую влияет на достижение общей цели. Ниже представлен перечень в порядке убывания важности возможных KPI [34,35]:

- производительность или продуктивность - абсолютные величины (количества поступивших звонков, количества обслуженных звонков, процент пропущенных звонков, количества звонков принятых каждым оператором,

- уровень обслуживания (service level) - процент звонков, на который оператор начал ответ в течение определенного количества секунд. Наиболее распространенный стандарт 80/20 - 80% вызовов получают ответ в течение 20 секунд. Очень немногие информационно справочных служб достигают этой отметки (в среднем на 55% звонков отвечают в течение 20 секунд), но руководители искренне верят в то, что достижение этого показателя по уровню сервиса ключевой момент для повышения 22 удовлетворенности клиентов. Однако если измерить влияние 30 секундного порога приема звонка, то едва ли это влияет на удовлетворенность клиентов.

- среднее время разговора. Хороший показатель для управления операторами. Среднее время большинства типов разговоров приравнивают к 3 минутам, эту длительность можно рассматривать в предварительных расчетах. Однако во многих случаях для продажи чего-либо требуется большее время, а в рекламных акциях для ответа оператора бывает достаточно и одной минуты;

- время ожидания ответа. При измерении необходимо отслеживать влияние его величины на удовлетворенность клиентов. Таким образом, появляется возможность понять на сколько можно сократить время ожидания, сохраняя при этом экономически эффективную работу информационно справочных служб;

- среднее время пост вызывной обработки - время, за которое оператор максимально быстро отвечает на вопрос, а после завершения разговора вносит информацию в базу данных/CRM систему и т.п.;

- процент обслуженных вызовов (независимо от времени ожидания абонента) / процент потерянных вызовов/ процент потерянных вызовов с

уникальными телефонными номерами (т.е. без учета «перезвонов» абонентов);

– среднее время отказа от ожидания - время, по истечении которого абоненты, находящиеся в очереди, разрывают соединение;

– уровень самообслуживания - процент вызовов, в ходе которых абоненты воспользовались самообслуживанием (голосовыми меню, IVR). Лучшие информационно справочные службы имеют высокий процент звонков обработанных системами самообслуживания. Эффективность внедрения системы самообслуживания выше, когда они корректно составлены и всегда есть возможность связаться с оператором;

– максимальная задержка с ответом - сколько времени абонент провел в очереди до начала ответа оператора. Такой показатель полезен информационно справочной службе, чья деятельность основана на повторных (дополнительных) продажах и влияет на процент успешных продаж;

– стоимость обработки 1 вызова;

– процент вызовов, получивших полный ответ с первого звонка (FCR-First Call Resolution) [36];

– количество операторов на супервайзера. По статистике приведенной в [35], информационно справочные службы с 8-15 операторами на супервайзера (или тим-лидера) обладают более высокими результатами по всем ключевым показателям: на 10% выше время перехода в режим готовности; на 5% время в режиме доступности; на 5% выше FCR; ниже показатель отсутствия на рабочем месте; более удовлетворенные операторы; более высокая компетентность операторов. При количестве на одного супервизора более 15 операторов результаты стремительно падают, но и при значении менее 8 операторов остаются теми же.

Т а б л и ц а 1.2- KPI высокоэффективных информационно справочных служб.

Эффективность	Качество	Ресурсы
Себестоимость звонка	Процент пропущенных звонков	Процент загруженности
Вызовов на оператора в день	Время удержания	Процент текучести
Процент самообслуживания	FCR, качество обучения	Время готовности (время разговора + ожидание)
Процент продаж	Количество операторов на супервайзера	Процент отсутствия на работе

В таблица. 1.2 - представлены KPI, которые измеряют большинство высокоэффективных информационно справочных служб, по мнению [35]. Однако, только измеряя параллельно с ними результаты работы сотрудников и удовлетворенность клиентов, можно извлечь максимальную выгоду.

Не существует единых правил для выбора ключевых показателей эффективности работы информационно справочных служб, различные компании имеют различные стратегии и, соответственно, различный набор показателей.

1.2.1 Показатели качества работы операторов информационно справочных служб

Оценить качество услуг операторов информационно справочных служб бывает затруднительно, поскольку услуги операторов являются сложными или составными, т.е. реализуются не одной, а несколькими службами [37, 38]. Оператор информационно справочных служб может обслуживать вызовы, поступающие из телефонной сети общего пользования (ТфОП), или сообщения из Интернета, из сетей подвижной связи.

Поскольку информационно справочные службы представляет собой человеко-машинный комплекс, качество обслуживания пользователей в итоге зависит как от характеристик используемых программно-аппаратных средств, так и от квалификации операторов.

Показатели качества работы операторов информационно справочные службы, на основе материалов статьи [31], можно условно разделить на:

- показатели порядка обработки запросов;
- показатели применения;
- показатели удовлетворенности клиентов обслуживанием.

Показатели обработки запросов определяют взаимодействие оператора с клиентами и состоят из нескольких характеристик: ориентированность на клиента, авторитетность и профессионализм, а также результативность и эффективность. Руководствуясь принципом ориентированности на пользователя, при обработке запросов оператор информационно справочных служб должен полностью концентрироваться на решении задач пользователя: во время обработки вызова не допускать посторонних действий, разговоров с другими сотрудниками и т.п. А также, соблюдать партнерский стиль взаимодействия с пользователями: не перебивать пользователя в то время, когда он задает вопрос; проявлять заинтересованность, задавая пользователю уточняющие вопросы; не навязывать свои рекомендации и не ссылаться на личный опыт, не демонстрировать свое превосходство в знаниях.

Авторитетность и профессионализм. Оператор обязан действовать и передавать клиенту информацию в полном соответствии с установленными регламентами и процедурами. Принцип компетентности и авторитетности требует от оператора сообщать только ту информацию, в которой он уверен, не допускать фраз, в которых слышится неопределенность. Голос оператора должен всегда звучать уверенно. Необходимо также использовать уточняющие вопросы для того, чтобы убедиться в правильности понимания информации. Следуя принципу результативности и эффективности обработки

запросов, оператор информационно справочные службы должен прежде всего говорить отчетливо, следовать правилам языка, на котором ведется общение, грамотно ставить ударения в словах. Далее, он должен излагать свои мысли лаконично и понятно, использовать паузы для деления информации на логические блоки, использовать только общедоступную терминологию, при необходимости объяснять одно понятие несколькими способами, используя поясняющие сравнения, и наконец, периодически проверять, правильно ли клиент понимает объяснения.

Показатели применения - это показатели качества услуг информационно справочные службы по обработке входящих и исходящих вызовов, оказываемых операторами информационно справочные службы согласно разработанным сценариям, которые влияют на потребительские свойства услуг [31].

Из приведенных в п. 1.2 данной работы ключевых показателей эффективности работы информационно справочные службы перечислим те показатели, которые можно отнести к показателям применения:

- процент вызовов, закончившихся ответом оператора;
- процент потерянных вызовов;
- максимальное время ожидания запроса в очереди;26
- среднее время ожидания запроса в очереди;
- среднее время обслуживания запроса;
- процент обслуженных запросов;
- процент запросов, обработанных в заданный интервал обслуживания;
- процент неудовлетворительно обслуженных запросов.

Для количественной оценки показателей удовлетворенности клиентов обслуживанием используются следующие численные показатели:

- процент удовлетворенности клиентов скоростью внесения изменений в сценарий работы оператора;
- процент удовлетворенности клиентов информационно справочные службы организационными аспектами обслуживания;
- процент неудовлетворительного отношения операторов к пользователям.

1.2.2 Нормирование показателей качества

При нормировании основных показателей качества можно выделить два уровня показателей: базовый и конкурентный [31].

Базовый уровень - это численные значения показателей, достигнутых данным информационно справочные службам;

Конкурентный уровень - значения показателей, которых планируется достичь в ближайшей временной перспективе.

На начальном этапе планирования численных значений показателей

качества услуг информационно справочные службы пользуются математической моделью «поведения» очередей вызовов, что позволяет выявить динамику технологических параметров работы информационно справочные службы, таких как число операторов, загрузка каналов связи, длительность задержки ответа на вызов.

Для этих целей используют широко известную С-формулу Эрланга, учитывающую случайный характер поступления вызовов.²⁷

Определив начальные значения параметров качества услуг информационно справочные службы, можно переходить к статистическим методам контроля качества. На основе измерения, сбора и статистической обработки устанавливается базовый уровень показателей качества.

Для определения численных значений конкурентного уровня показателей качества необходимо создать систему управления качеством. Наиболее известный метод статистического управления качеством (SQC) базируется на циклическом процессе, состоящем из четырех этапов: Plan, Do, Study, Act (PDSA).

Этап Plan - это планирование показателей качества услуги; на этапе Do запускается пилотная программа оказания услуги; на этапе Study отслеживаются результаты оказания этой услуги и на этапе Act воплощаются на практике апробированные методы совершенствования процесса оказания услуги. Затем можно вернуться к планированию дальнейших улучшений, повторяя тот же цикл. Значения планируемых показателей качества принимаются как показатели конкурентного уровня, а достигнутые переводятся в базовые.

На начальном этапе построения системы управления качеством не все показатели качества можно измерить и соответственно нормировать. В этом случае показатель можно оценить в терминах присутствия или отсутствия. Так как, качество оказываемых услуг становится одним из основных аргументов в конкуренции информационно справочных служб, оказывающих информационно справочные услуги, то контроль (мониторинг) и управление качеством работы операторов являются практически основными задачами информационно справочные службы [39].

1.3 Существующие мониторинг, анализа и управления качеством работы операторов.

По мнению опытных менеджеров и консультантов по обслуживанию клиентов, эффективный контроль, анализ и управление качеством — это 28 задача, требующая больших усилий и изобретательности. Основными препятствиями на пути внедрения мониторинга качества являются сопротивление со стороны операторов информационно справочных служб, нехватка времени для осуществления контроля и обратной связи, отсутствие точной калибровки качества и соответствующего опыта у супервизоров и администраторов информационно справочные службы. Как свидетельствует

опыт работы многочисленных информационно справочных служб, добившихся высоких результатов в области контроля качества, эти препятствия можно преодолеть [40].

1.3.1 Мониторинг качества обслуживания.

Мониторинг качества работы является обязательным элементом системы повышения качества обслуживания. Мониторинг качества работы операторов условно делится на два вида [46.,47]:

- регулярный (запланированный) контроль всех операторов;
- контроль конкретных операторов, проводимый в случае необходимости.

Согласно статистике [46], 26% участвующих в опросе руководителей информационно справочных служб осуществляют регулярный контроль один раз в неделю, а 28% - два раза в неделю. То есть, в 54% информационно справочных служб каждый оператор подвергается контролю хотя бы раз в неделю.

Решение о проведении контроля отдельных операторов принимается, как правило, на основе статистических данных об их производительности. Например, среднее время обработки звонка одним оператором значительно хуже такового у других операторов центра. Правда, здесь необходимо проводить дифференциацию по операторам, например, среднее время обработки вызова у новичка должно сравниваться со средним временем остальных операторов, принятых на работу вместе с ним, а не со средним временем опытных операторов. [30]:

При составлении расписания сеансов контроля принимают во внимание специфику работы каждого конкретного информационно справочных службы. К факторам, влияющим на расписание, относятся [48]:

- часы и дни наибольшей нагрузки;
- время пересмены операторов;
- квалификация операторов (новички проверяются чаще, «ветераны» - реже).

Известные способы мониторинга работы операторов, от наиболее простого к наиболее сложному, представлены ниже [44, 47, 48].

Бок о бок (side-by-side или plug-in) Проверяющий садится рядом с оператором во время разговора (side-byside) либо подключает наушники к телефону (plug-in), чтобы слышать и оператора и клиента.

Недостатки:

- оператор изменяет поведение, что приводит к невозможности получения объективных результатов;
- низкая производительность - менее 10 сеансов в день.

Подслушивание (remote/silent monitoring)

Проверяющий слушает разговор оператора с клиентом удаленно, находясь на своем рабочем месте.

Недостатки:

–низкая производительность;

–случайность выборки проверяемых разговоров, в случае, когда нужно контролировать звонки определенных типов.

Прослушивание записей разговоров (recording)

Проверяющий выборочно прослушивает записи разговоров операторов.

Достоинства:

–производительность составляет порядка 15-17 сеансов;31

–полученные записи разговоров также можно использовать как наглядные пособия при обучении.

Синхронная запись разговора и экрана оператора (voice and screen recording)

Метод позволяет оценить ход разговора в целом, связав его с действиями, выполняемыми оператором на своем рабочем месте.

Возможность более точно выявить причины возникновения некоторых проблем (медленная скорость ввода с клавиатуры, неудобная организация пользовательского интерфейса и т.п.).

Использование автоматических инструментальных средств контроля (АИСК)

Автоматические системы записывают сеансы обращения клиентов и оценивают насколько просто клиентам использовать систему интерактивного речевого ответа (IVR); а также отслеживают просматриваемые клиентами Web- страницы и идентифицируют проблемы (неудачная компоновка страниц или непонятные поля интерактивной формы).

АИСК позволяют:

– выявлять проблемы, связанные с производительностью работы операторов и технологическими трудностями;

– определять, какие типы взаимодействия с клиентами должны записываться;

– заполнять оценочные формы непосредственно в ходе мониторинга процесса общения операторов с клиентами;

– оценивать работу отдельных операторов в соответствии с определяемыми показателями производительности;

– «советовать», какое обучение требуется операторам.

Формальная калибровка

Специалисты по контролю качества прослушивают несколько вызовов и оценивают их, затем, проводят групповое обсуждение своих оценок. [32]

Для проведения таких калибровочных сессий некоторые центры приглашают внешнего эксперта (facilitator).

Достоинства:

– позволяет устранить различия в интерпретации характеристик работы операторов информационно справочные службы в различными людьми;

– является наилучшим средством против предвзятого отношения и необъективности.

Расширение полномочий операторов

Менеджеры советуются с операторами, по некоторым вопросам, разрешают им контролировать самих себя. Операторы прослушивают запись вызова или анализируют протокол онлайн-взаимодействия с клиентами, а затем оценивают свою собственную работу вместе со специалистом или инструктором по качеству.

Достоинства: выясняется не только удовлетворенность операторов тем, как контролируется качество обслуживания вызовов, но и то, не обнаруживают ли они каких-либо изменений в поведении клиентов, которые могут повлиять на параметры, измеряемые в процессе такого контроля.

Программа «Mystery shopping»

Специально отобранный и проинструктированный проверяющий совершает звонок в информационно-справочные службы под видом обычного клиента. По итогам звонка заполняется специально разработанная анкета [49]. Основные правила:

– операторы должны быть ознакомлены с теми требованиями и стандартами, которые будут заявлены в анкете при проведении исследования;

– операторы должны быть проинформированы о проведении программы «Mystery shopping» и возможности звонков от «таинственных покупателей»;

– с результатами программ нужно тщательно и регулярно работать. Достоинства:

– возможность оценить общий уровень сервиса предоставляемого информационно-справочными службами;

– увидеть сильные и слабые места в работе операторов;

– усовершенствовать саму процедуру и стандарты обслуживания клиентов.

Ни один метод сам по себе не дает желаемого результата в достижении высокого уровня качества обслуживания, поэтому необходим комплексный подход, который предполагает [44]:

– отбор персонала, обладающего определенными психологическими качествами для работы с клиентами;

– наличие в компании разработанных и документально зафиксированных стандартов обслуживания - операторы должны четко понимать, какое поведение и какие действия при взаимодействии с клиентами являются обязательными и правильными в рамках данного информационно-справочной службы. Стандарты обслуживания должны быть конкретными, измеримыми, легко и однозначно поддаваться оценке с точки зрения их соблюдения или несоблюдения операторами;

– систему обучения персонала - как на этапе прихода сотрудника в компанию и адаптационного периода (вводное обучение), так и в дальнейшем на регулярной основе;

– контроль качества обслуживания - систематический мониторинг и анализ качества работы персонала, непосредственно работающего с клиентами. Результатом контроля качества обслуживания является заключение о степени соответствия поведения сотрудников стандартам качества обслуживания, принятым в компании.

Все чаще, обязанности по контролю качества во многих преуспевающих центрах возлагают на специальных сотрудников, единственной задачей которых является обеспечение высокого качества обслуживания клиентов.

Такой подход не только гарантирует закрепление контроля качества как отдельного производственного процесса, но и освобождает менеджеров и супервизоров для решения других критически важных задач, таких, как прогнозирование и планирование работ, стимулирование и обучение персонала.

Выбирая сотрудников для группы контроля качества, рекомендуют акцентировать внимание на таких деловых качествах кандидатов, как умение разрешать проблемы, не оставлять без внимания малейшие детали и прислушиваться к мнению высококвалифицированных специалистов, а также на их стремлении к постоянному обучению и умении поддерживать обратную связь с операторами центра.

1.3.2 Алгоритмы анализа и управления качеством работы Операторов.

Хорошо продуманная процедура анализа и управления качеством способна поднять уровень удовлетворенности клиентов, помогает вникнуть в суть и понять, какие знания и навыки необходимы операторам для взаимодействия с клиентами, а клиенты, в свою очередь, получают большую удовлетворенность от общения с конкретным информационно справочным службам, добавляя преимуществ перед конкурентами. Введение процесса управления качеством означает изменение в стандартах работы для операторов и супервизеров. Ниже представлено описание существующих алгоритмов анализа и управления качеством работы операторов информационно справочные службы [40, 42, 43, 45].

Анализ полученной информации хороший способ поддерживать высокие стандарты, убедиться, что операторы выполняют досконально все инструкции: приветствуют клиентов в соответствии со сценарием, придерживаются сценария разговора, и используют во время разговора соответствующие позитивные фразы.

Происходит получение бесценной информации о том, как на самом деле работает информационно справочные службы, и чего действительно ожидают его клиенты.

Достоинства:

- можно предвидеть распространение вредных привычек от оператора к оператору и от информационно справочные службы к информационно справочные службы;
- помогает поддерживать высокие стандарты обслуживания;
- позволяет увидеть картину того, как изменяются показатели качества с течением времени.

Персоналу, собственному или нанятому «со стороны», для проведения мониторинга, оценки и обучения, необходимо иметь ресурсы, пройти обучение и приобрести навыки для выполнения этой работы. Качественные оценки будут корректными в том случае, если их проводят квалифицированные сотрудники. Назначение ответственных за процесс мониторинга необходима четкая документация и назначение ответственных сотрудников за процесс мониторинга, которые должны быть обучены и ознакомлены со всеми областями мониторинга качества разговоров [38]. Ответственными за процесс мониторинга могут быть как супервизеры, так и операторы информационно справочные службы.

Незаметная запись звонков

Необходимо использовать технологические решения, позволяющие производить запись и прослушивание незаметно.

Поведение супервизера не должно показывать, что начат процесс мониторинга.

Участие в процессе мониторинга. Добиться участия и заинтересованности сотрудников в процессе мониторинга на ранних стадиях очень важно. В начале внедрения мониторинга некоторые склонны относиться к этому критически. С другой стороны, когда система мониторинга существует на протяжении долгого времени, операторы будут воспринимать ее как должное. Система мониторинга, которая будет подразумевать сотрудничество и вовлечение сотрудников, а не предписание и авторитаризм, гораздо быстрее будет принята сотрудниками информационно справочные службы. Для большинства операторов будет полезно узнать, что компания от них ожидает и почему их разговоры так важны для компании и для ее клиентов. Возможно, использовать приложения, помогающие операторам работать согласно процедурам.

1.4 Необходимость усовершенствования существующих мониторингов

На практике, оценку параметров работы операторов проводят после сбора статистики за день, неделю или срок предусмотренный регламентом мониторинга параметров качества обслуживания. В процессе работы информационно справочных служб часто возникают ситуации, когда предусмотренное количество операторов не успевает обслуживать все поступающие вызовы, поэтому определение причины и рассмотрение

способов устранения проблемы должны происходить в реальном масштабе времени, а не после расчета некоторых KPI.

В данной работе предлагается алгоритм мониторинга качества работы операторов, на основе имитации их деятельности, функционирующий в режиме реального времени. Идея разработанного алгоритма мониторинга заключается в том, что компьютерное моделирование нескольких процессов в информационно справочных службах ведется параллельно с реальными процессами поступления и обслуживания вызовов. Это позволяет не только детально оценивать работу операторов, но и оперативно решать проблемы, возникающие в процессе обслуживания вызовов в информационно справочных службах.

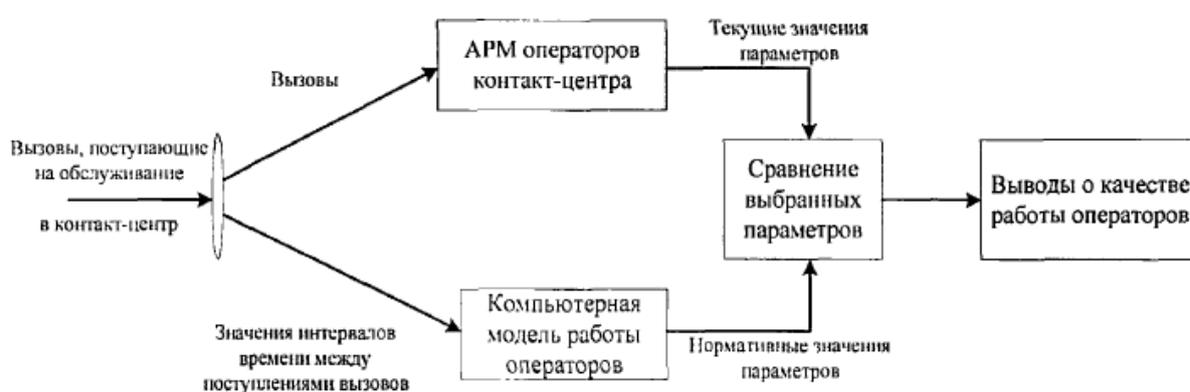


Рисунок. 1.4 - Упрощенная схема мониторинга качества работы операторов, на основе имитации их деятельности.

Данные о поступлении вызовов в информационно справочные службы передаются на вход компьютерной модели, имитирующей нормативную работу операторов.

Выделяются основные показатели работы операторов, например, среднее время обслуживания или средняя длина очереди. В результате, необходимо сравнить реальные значения параметров с нормативными значениями параметров, полученных при компьютерном моделировании. На основе результатов такого мониторинга появляется возможность проводить анализ качества работы операторов при постоянно изменяющемся входном потоке.

В целом, качество обслуживания клиентов зависит от того, как оператор работает на линии. С точки зрения клиента, информационно справочные службы работают хорошо, если время ожидания соединения с оператором минимальное и предоставленная информация удовлетворяет запрос клиента (получение ответа на заданный вопрос, обслуживание грамотное и вежливое). Для менеджеров информационно справочных служб одним из важных показателей работы операторов является длина очереди, образуемая к группе операторов. Увеличение длины очереди может происходить либо из-за увеличения нагрузки на информационно справочные службы (интенсивности

поступления вызовов), либо из-за уменьшения интенсивности обслуживания. Поэтому в предложенном алгоритме мониторинга, при стабильной загрузке операторов, основным параметром, характеризующим их работу, выбирается длина очереди. Однако, в часы наибольшей нагрузки информационно справочные службы, когда коэффициент загрузки операторов высокий и длина очереди значительно увеличивается, количественным параметром, характеризующим их работу, является число нетерпеливых клиентов (клиенты, которые встали в очередь, но, не дожидаясь обслуживания, покинули ее).

Отмеченные выше параметры позволяют оценивать не только качество работы операторов, но и степень удовлетворенности клиента, с точки зрения длительности его обслуживания.

Необходимость усовершенствования алгоритмов управления качеством обслуживания подтверждается следующим. Все описанные в п. 1.3.2 алгоритмы управления не предполагают получения результатов в реальном масштабе времени. Например, алгоритмы управления качеством обслуживания на основе статистики реализуются путем прохождения нескольких этапов. Так, алгоритм «анализ полученной информации» состоит из четырех этапов:

- сбор статистики;
- непосредственно, сам анализ статистики;
- разработка плана действий, направленных на повышение качества обслуживания;
- реализация действий и ожидание результата.

Основным недостатком алгоритмов управления качеством с участием клиентов, операторов и другого персонала является человеческий фактор. С целью устранения указанных выше недостатков в данной диссертационной работе предложен алгоритм интеллектуального управления качеством работы операторов. Идея этого алгоритма заключается в том, чтобы снизить нагрузку на операторов, освобождая его от обращений клиентов, которые можно обслужить автоматически, используя функции IVR-системы. К основным достоинствам мониторинга можно отнести: возможность работы в реальном масштабе времени и исключение влияния человеческого фактора на его результаты. А также, происходит повышение количества автоматически (без участия оператора) обслуженных вызовов и появляется возможность освободить операторов информационно справочные службы от очевидных обращений.

Таким образом, необходимость усовершенствования алгоритмов мониторинга и управления качеством работы операторов действительно существует.

2 Исследования алгоритма интеллектуального управления входящими телефонными Вызовами

2.1 Основные положения алгоритма

Под «интеллектуальным» управлением будем понимать процесс определения и маршрутизации входящих вызовов для автоматического (без участия оператора) обслуживания IVR-системой.

Большинство информационно справочные службы стремятся к тому, чтобы повысить такой показатель KPI как уровень самообслуживания клиентов [50]. С целью повышения этого показателя, в данной работе предлагается алгоритм интеллектуального управления входящими вызовами. Суть алгоритма заключается в следующем: определить возможность автоматического обслуживания входящих вызовов и реализовать их обслуживание отдельно от стандартного сценария.

Работу данного алгоритма удобнее представлять в виде двух этапов: подготовительного этапа [приложение А] и этапа управления [приложение А].

На подготовительном этапе определяется возможность автоматического обслуживания вызовов поступающих в информационно справочные службы. Исходными данными для этого этапа является статистика записей разговоров абонентов с операторами, на основе которой выполняется разделение входящих вызовов по темам обращений клиентов. Затем выделяется несколько классов (Q) часто встречающихся тем.

Для каждого из Q выбранного класса проверяются возможности автоматического обслуживания и прогнозирования класса обращения клиента по телефонному номеру. В случае выполнения двух этих условий составляется список классов для применения алгоритма интеллектуального управления.

Для каждого класса создается база данных (БД), в которой будут храниться телефонные номера абонентов, относящиеся к определенной теме обращения. Последнее, что необходимо выполнить на подготовительном этапе - создать «особый» сценарий обслуживания вызовов IVR-системой для каждого класса из списка.

В зависимости от темы обращений составляются пункты IVR-меню для автоматического обслуживания. Особенности составления пунктов IVR-меню рассмотрены ранее в п. 1.1.1.

После подготовительного этапа, следует этап управления. Перед запуском алгоритма предполагается, что в информационно справочных службах отсутствуют вызовы.

Выполняется проверка поступления вызова и, в случае положительного исхода, запускается счетчик входящих вызовов M. После определения телефонного номера клиента, происходит обращение к БД, созданным на подготовительном этапе.

Если телефонный номер вызывающего абонента принадлежит к одной из БД, созданной на подготовительном этапе, то такой вызов обслуживается по «особому» сценарию, составленному под каждый класс обращений отдельно. Иначе, вызов обслуживается по стандартному сценарию. Счетчик М₁ подсчитывает число вызовов, обслуженных по «особому» сценарию, а М₂ - число вызовов, обслуженных по стандартному сценарию. В результате, когда все вызовы пройдут процедуру обслуживания, можно подсчитать процент автоматически обслуженных вызовов от общей поступающей нагрузки на информационно справочные службы, после применения алгоритма интеллектуального управления. Счетчик М учитывает все вызовы, поступающие в информационно справочные службы на обслуживание.

В связи с тем, что вызовы в информационно справочные службы поступают круглосуточно, вывод на экран показателей М, М₁ и М₂ необходимо выполнять с некоторой периодичностью (например, час, смена, день и т.п.).

Применение алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами дает возможность увеличить количество обслуженных вызов и улучшить показатели КРІ, при стабильной загрузке операторов. А также, иногда, освободить операторов от очевидных обращений клиентов.

2.2 Применение алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами в информационно справочных службах

Рассмотрим применение алгоритма интеллектуального управления на примере информационно справочные службы «Технической поддержки пользователей услугой Интернет». После анализа разговоров абонентов с операторами информационно справочные службы, были выделены следующие темы обращений:

- вопросы по начислениям и статистике;
- справочная информация (акции, тарифы, сервисы);
- новое подключение (выезд специалиста, настройка модема, настройка соединения, прием заявок на подключение, проверка технической возможности);
- проблемы с электронной почтой (очистка, настройка);
- не устраивает скорость соединения;
- инцидент (ошибки, не открываются страницы, потеря пакетов);
- жалоба (по начислению, на качество обслуживания);
- иное (вопросы по коммутируемому доступу, контент-сервисы, хостинг, ISDN и т.п.).

Для реализации алгоритма выбираются только те темы обращений, показатель которых в среднем за месяц, в процентном отношении от общей поступающей нагрузки на информационно справочные службы, выше 5%. В течение шести месяцев каждый день фиксировалось число вызовов по каждой

теме обращения клиента к оператору. В таблице. 2.1 представлены средние значения количества вызовов по[49] темам обращений, а также их процентные соотношения к общему числу поступивших в информационно справочные службы вызовов.

Т а б л и ц а 2.1 - Количество вызовов по темам

№	Наименование темы обращения	Среднее число вызовов за месяц	
		Вызовы	% от общей нагрузки
1	Вопросы по начислениям и статистике	204,89	12,02 %
2	Справочная информация	129,07	7,57 %
3	Новое подключение	241,25	14,16 %
4	Проблемы с электронной почтой	8,68	0,51 %
5	Не устраивает скорость соединения	113,82	6,68 %
6	Инцидент	989,18	58,05 %
7	Жалоба	3,18	0,19 %
8	Иное	14,07	0,83 %
	Итого	1704,14	100 %

Очевидно, что самыми популярными темами обращений являются темы № 1 - 3, 5 и 6. Согласно терминологии подготовительного этапа алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами, темы, выделенные из общего списка тем обращений клиентов в информационно справочные службы, принято называть классами. Т.е. в дальнейшей реализации алгоритма будут участвовать только Q=5 классов. В табл. 2.2 рассмотрены возможности автоматического обслуживания входящих вызовов и определения класса обращения по телефонному номеру.

По данным таблице. 2.2 видно, что интеллектуальное управление можно применить только к вызовам с классом обращений №1 и №3, название которых «вопросы по начислениям и статистике» и «новое подключение» соответственно.

Проведенный анализ [26, 51] показал, что после заключения договора на пользование услугой широкополосного доступа, абоненты звонят чаще всего по вопросам подключения и первичных настроек. Поэтому, такие звонки могут обслуживаться автоматически (IVR- системой) в течение 3-х дней, т.к. этого времени достаточно, для того чтобы пользователи самостоятельно произвели подключение.

Т а б л и ц а 2.2 - Проверка классов на возможность применения алгоритма

№ q	Название класса	Автоматическое обслуживание	Определение класса по телефонному номеру	Применение алгоритма
1	Вопросы по начислениям и статистике	Возможно	Возможно	Возможно
2	Справочная информация	Возможно	Не возможно	Не возможно
3	Новое подключение	Возможно	Возможно	Возможно
4	Не устраивает скорость соединения	Не возможно	Не возможно	Не возможно
5	Инцидент	Не возможно	Не возможно	Не возможно

Пункты IVR-меню должны содержать подробную информацию по настройке модема, о состоянии подключения услуги доступа к сети Интернет, по проблемам выхода в Интернет, а также информацию о тарифах, проводимых акциях и т.д. После окончания установленного срока абоненты могут, при необходимости, обслуживаться оператором.

Также, вызовы принудительно должны маршрутизироваться в IVR-меню, когда абоненты имеют задолженность по оплате услуги доступа к сети Интернет, превышающую максимальную сумму. В автоматическом режиме они получают информацию о сумме задолженности и необходимости пополнения счета для восстановления доступа к услуге.

В случае несогласия абонента с названной суммой долга существует возможность использовать голосовую почту. Абонентам, сообщившим номер договора, ФИО и данные платежного поручения, после обработки специальным оператором голосовых сообщений, может регистрироваться оплата. При дальнейшем обращении в службу «Технической поддержки пользователей услугой Интернет», в случае ликвидации задолженности, абоненты могут воспользоваться консультацией операторов.

В конечном итоге, после проведения подготовительного этапа вызовы от новых пользователей (новые клиенты) и пользователей, имеющих задолженность по оплате услуги доступа к сети Интернет (клиенты-должники), следует обслуживать обособленно от общего потока вызовов. Такие вызовы маршрутизируются принудительно в IVR-меню без права соединения с оператором. Это позволяет увеличить количество обслуженных вызов и улучшить показатели КРІ, при стабильной загруженности операторов. Управление вызовами осуществляется согласно алгоритму, представленному в Приложении С, с применением средств системы определения номера

вызывающего абонента (АОН). Абонентский номер является идентификатором пользователя, по которому ведется поиск в клиентской базе. АОН реализуется программным обеспечением речевого коммутатора. Базы данных по новым клиентам и клиентам-должникам составляются на основе статистики заключения договоров и долгов по оплате услуги. С учетом применения алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами в информационно справочные службы «Технической поддержки пользователей услугой Интернет» схема обслуживания телефонных вызовов будет иметь следующий вид (Приложении С).

В блоке УПАТС на Приложении С выделены лишь отдельные функциональные части, являющиеся основными при применении разработанного алгоритма, обозначенные блоками АОН и АРВ (автоматическое управление вызовами).

Основная задача АРВ - это распределение входящих вызовов на рабочие места операторов и на устройства автоматического обслуживания. Именно блок УПАТС совместно с созданными базами данных (БД) реализуют работу алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами.

В Приложении С приведена Схема обслуживания телефонных вызовов IVR-система, которая обозначена на рис. 2.3 штрих-пунктиром, содержит несколько сценариев обслуживания, в каждом из которых происходит обслуживание вызова по «особому» сценарию, составленному согласно классу обращения. В блоке «Автоматический информатор» заложено речевое меню, состоящее из вопросов к позвонившему клиенту и возможных вариантов ответов. Т.е., обслуживание по стандартному сценарию предполагает как обслуживание оператором, так и автоматическое обслуживание, реализуемое блоком «Автоматический информатор».

Цифрами от 1 до К обозначены автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов, число которых изменяется в зависимости от времени суток.

В Приложение Д представлен алгоритм обслуживания телефонных вызовов с учетом интеллектуального управления для двух классов обращений. При поступлении вызова в информационно справочные службы запускаются счетчики общего числа входящих вызовов М и времени пребывания в системе Приложение Д. Алгоритм обслуживания входящих вызовов с учетом интеллектуального управления для двух классов обращений [54] Далее, в блоке определения сценария обслуживания выполняется проверка принадлежности телефонного номера вызывающего абонента к одной из двух БД. Подробно структура этого блока представлена на рис. 2.1.

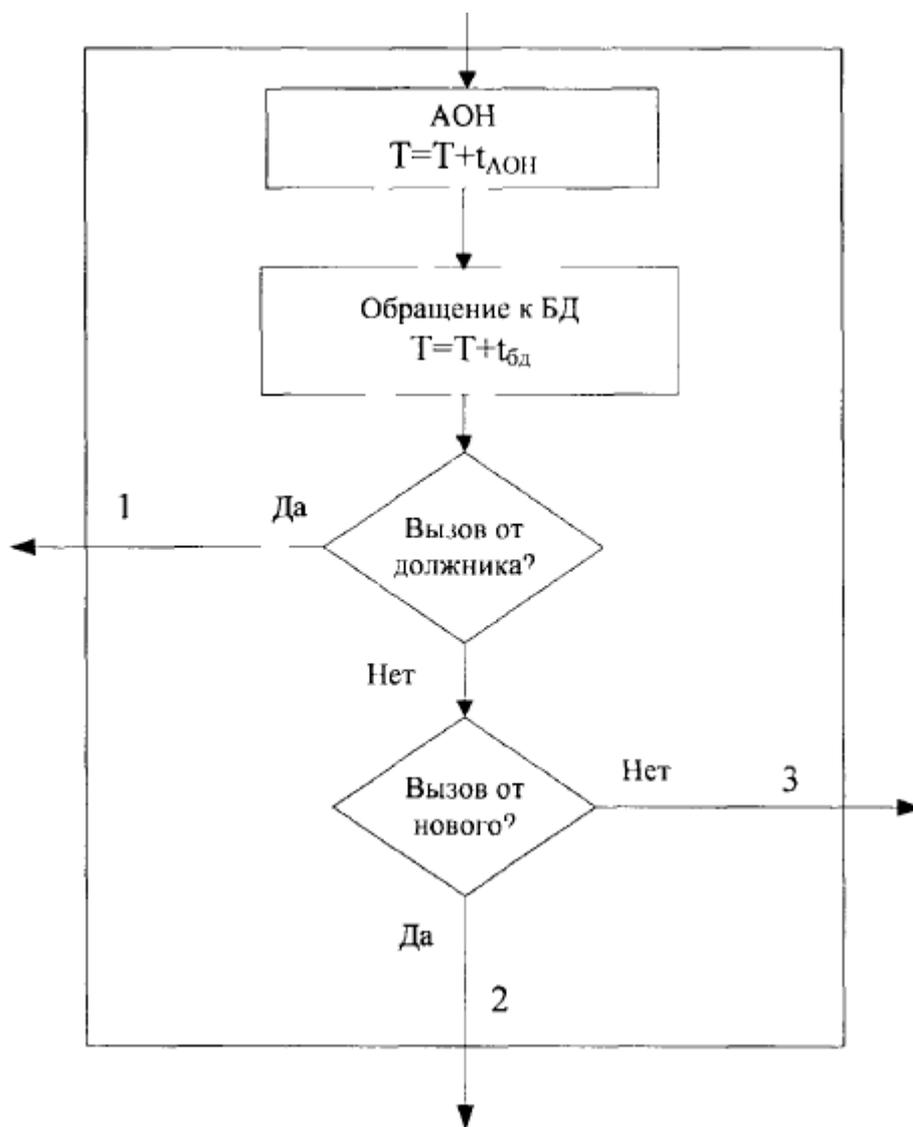


Рисунок .2.1 - Блок определения сценария обслуживания

После автоматического процесса определения номера (АОН - время, затраченное на этот процесс) и поочередного обращения к базам данных (t^{\wedge} - время обращения к БД), определяется сценарий обслуживания входящего вызова. На выход 1 поступают вызовы, которые должны обслуживаться по сценарию, составленному для клиентов, имеющих долг по оплате услуги, а на выход 2 - вызовы от новых клиентов, недавно подключивших услугу. Если телефонный номер вызывающего абонента не принадлежит ни к одной из 55 особых категорий обслуживания, то такой вызов будет обслуживаться по стандартному сценарию (выход 3).

Счетчики M1 и M2 учитывают вызовы от клиентов-должников и новых клиентов соответственно, а параметры γ , и γ , - времена обслуживания. Блок обслуживания по стандартному сценарию представлен на рисунке. 2.6.

Согласно стандартному сценарию абонент самостоятельно выбирает вид обслуживания при своем обращении. Пункты меню IVR - системы содержат информацию по часто задаваемым вопросам, т.е. клиент может получить

автоматическое обслуживание, или, в случае необходимости - консультацию оператора.

При высокой интенсивности поступления входящих вызовов образуется очередь к операторам на обслуживание. Структура блока формирования очереди с дисциплиной обслуживания FIFO (первым пришел – первым обслужился) представлена на рисунке. 2.7.

В случае постановки вызова в очередь на обслуживание к операторам, счетчик количества вызовов в очереди q увеличивается на 1 и поступившему вызову присваивается индекс (номер) в очереди, а также запускается счетчик времени пребывания в очереди tq .

Известно, что клиент готов ожидать на линии соединения с оператором некоторое время w , по истечении которого, не дождавсь обслуживания, он покидает информационно справочные службы. Время, которое клиент готов ждать обслуживания в очереди, в теории систем массового обслуживания называется временем терпеливости. Вызов считается не обслуженным, если его время пребывания в очереди tq превышает время терпеливости w . Учет нетерпеливых клиентов реализует счетчик L .

После проверки соотношения между tq и w выбирается один из двух выходов, если $tq < w$ — выход 1, иначе выход 2. 56

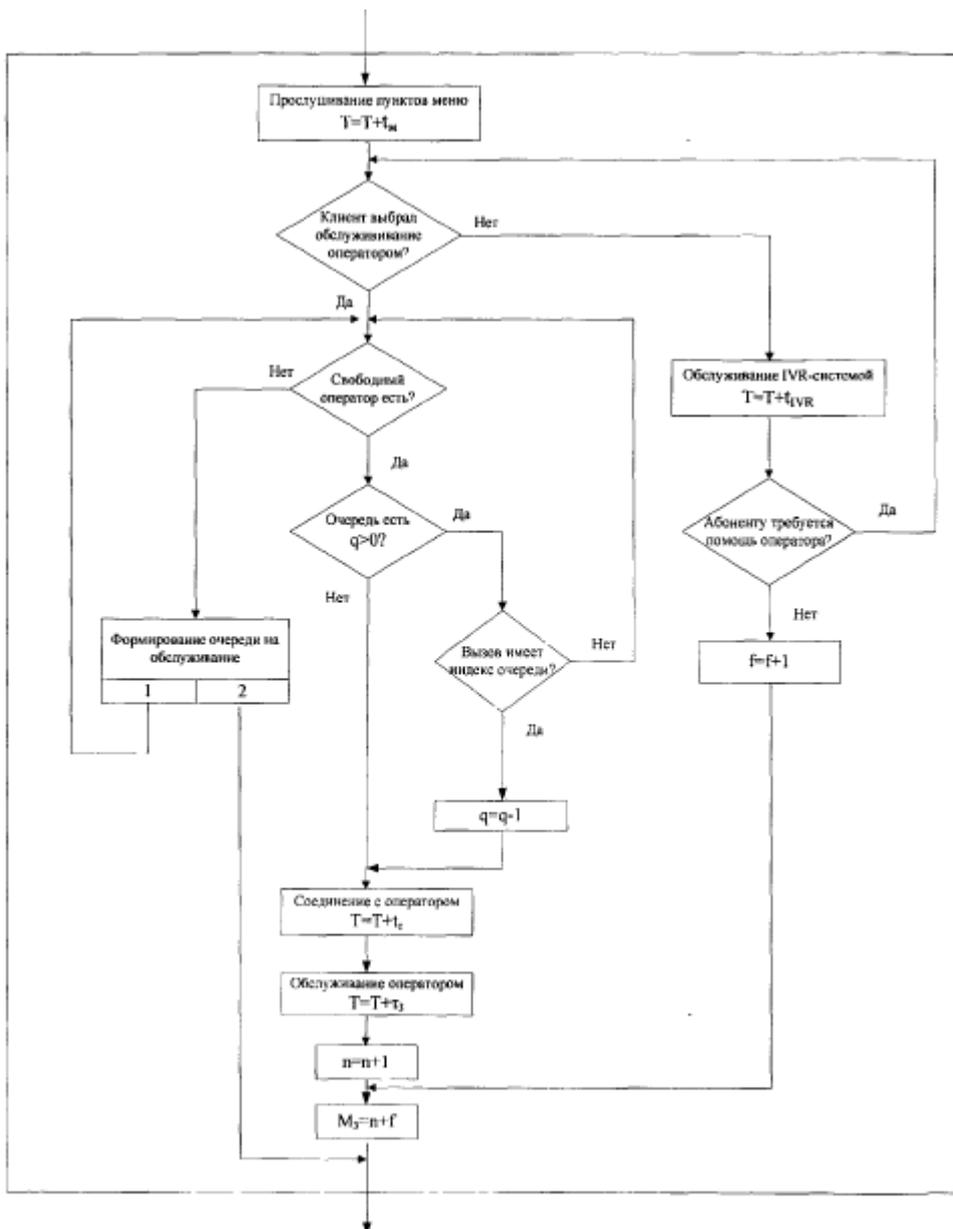


Рисунок. 2.6 - Блок обслуживания по стандартному сценарию

При наличии свободного оператора, происходит обращение системы к очереди. Если $q > 0$ и вызов уже имеет индекс очереди, то он поступает на обслуживание к свободному оператору, а из счетчика очереди q вычитается 1. В случае, когда $q > 0$, а вызов не имеет индекса очереди, т.е. его поступление совпало с моментом освобождения оператора, он направляется в блок формирования очереди с целью присвоения индекса очереди. И, наконец, когда $q = 0$, вызов сразу же поступает на обслуживание.

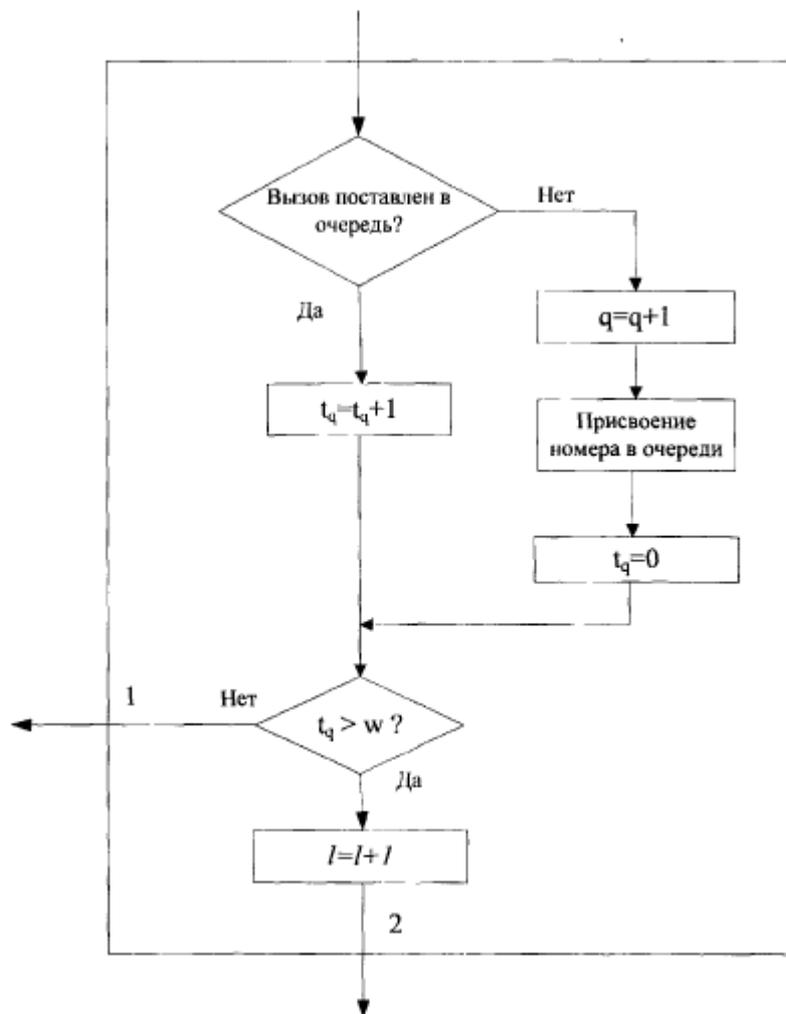


Рисунок. 2.7 - Блок формирования очереди на обслуживание

Время обслуживания оператором состоит из двух частей: времени соединения с оператором t_c и, непосредственно, самого времени обслуживания t_3 . Счетчик МЗ учитывает число вызовов обслуженных по стандартному 58 сценарию, при этом n - это число вызовов обслуженных операторами, а m - число вызовов обслуженных автоматическим информатором. В результате, после обслуживания всех поступивших вызовов выводится статистика по счетчикам М, М1 - М2,1, а также по временам обслуживания, пребывания в очереди и нахождения в системе.

Данный алгоритм обслуживания телефонных вызовов применен в информационно справочные службе в г. Алматы ГП ДИС АО "Казахтелеком". Для оценки характеристик функционирования информационно справочные службы, после применения разработанного алгоритма, необходимо рассмотреть некоторые аспекты из теории систем (СМО) и сетей массового обслуживания (сети МО).

2.3 Функционирование информационно справочные службы в виде сети массового обслуживания

Математические модели информационно справочных служб в литературе [53 - 58] представляются в виде СМО. В результате применения алгоритма интеллектуального управления, функционирование информационно справочные службы необходимо рассматривать как сложную систему, состоящую из нескольких подсистем, т.е. как, сеть МО, включающую несколько СМО.

Сеть МО представляет собой совокупность конечного числа обслуживающих узлов, в которой циркулируют заявки, переходящие в соответствии с маршрутной матрицей из одного узла в другой [59, 60]. Узел всегда является разомкнутой СМО. При этом отдельные СМО отображают функционально самостоятельные части информационно справочные службы, связи между СМО — его структуру, а вызовы, циркулирующие по сетям МО, - составляющие потоков. [59]

Для оценки основных характеристик сети МО необходимо определить ее вид. На рисунке. 2.8 представлена классификация сетей МО по нескольким признакам.

В зависимости от расположения источника или источников заявок различают разомкнутые, замкнутые и комбинированные сети МО.



Рисунок 2.8 - Классификация сетей МО

Разомкнутая (открытая) сеть - это такая сеть, в которую заявки поступают из внешней среды и уходят после обслуживания из сети во внешнюю среду. Другими словами, особенностью разомкнутой сети МО является наличие одного или нескольких независимых внешних источников, которые генерируют заявки, поступающие в сеть, независимо от того, сколько заявок уже находится в сети.

В замкнутой сети МО циркулирует фиксированное число заявок, а внешний независимый источник отсутствует.

Комбинированная сеть — это сеть, в которой постоянно циркулирует

определенное число заявок и есть заявки, поступающие от внешних независимых источников. 60

В зависимости от класса заявок различают сети МО: однородные и неоднородные.

В однородной сети циркулируют заявки одного класса. И, наоборот, в неоднородной (смешанной) сети могут присутствовать заявки нескольких классов. Заявки относятся к разным классам, если они различаются, хотя бы одним из следующих атрибутов:

- законом распределения длительности обслуживания в узлах;
- приоритетами;
- маршрутами (путями движения заявок в сети).

В зависимости от законов распределения времен обслуживания заявок во всех узлах сети МО могут быть марковскими и немарковскими.

В марковской сети длительности обслуживания во всех узлах распределены по экспоненциальному закону, и потоки, поступающие в разомкнутую сеть, простейшие (пуассоновские). Во всех остальных случаях сеть является немарковской.

Если хотя бы в одном узле осуществляется приоритетное обслуживание, то это - приоритетная сеть. Если обслуживание заявок в узлах осуществляется в порядке поступления, то такая сеть бес приоритетная.

Согласно классификации, представленной на рисунке. 2.8, рассмотренный ранее в п. 2.2 информационно справочные службы, является сетью разомкнутой, неоднородной и бес приоритетной. Разомкнутой, т.к. телефонная сеть общего пользования, откуда поступают вызовы в информационно справочные службы, является независимым внешним источником.

Неоднородной - потому что законы распределения длительности обслуживания в узлах различные. И наконец, беспriorитетной - обслуживание вызовов в узлах осуществляется в порядке поступления. Рассмотрим основные параметры сетей МО такого вида.[61]

2.4 Аналитические модели современных информационно справочные служб

Математические модели современных информационно справочные служб должны учитывать такие факторы, как наличие нескольких классов обращений, различные дисциплины обслуживания заявок, нетерпеливость пользователей и др., что существенно усложняет их анализ.

Сложность математических моделей напрямую зависит от логики обслуживания вызовов информационно справочных служб и поступающих на него потоков запросов. Важным фактором при анализе моделей информационно справочных служб является дисциплина очереди или принципы построения очереди, определяющие порядок, в соответствии с которым выбираются вызовы из очереди на обслуживание. В порядке

возрастания сложности аналитического описания выделим следующие варианты информационно справочных служб:

- обработка вызовов, поступающих от ТфОП;
- потоки голосовых вызовов, поступающих от ТфОП, сетей IP-телефонии и по электронной почте;
- использование набора приоритетов при обслуживании вызовов;
- обработка заявок разного типа.

На протяжении всего периода эволюции центры обслуживания вызовов (информационно справочные службы) усложнялись, а вместе с ними усложнялись и механизмы определения характеристик, однако основные исходные и искомые данные оставались неизменными. Это, соответственно, параметры потока заявок и процесса обслуживания, время ожидания начала обработки и вероятность отказа в обслуживании.

В основе математических моделей современных информационно справочных служб лежит теория Марковских СМО [63, 65 - 73]. Ниже представлены наиболее распространенные модели систем массового обслуживания, описывающие функционирование информационно справочные службы.

Самыми распространенными математическими моделями информационно справочные службы являются системы с ожиданием, с отказами, с ограниченной длиной очереди [70,72,73].

2.4.1 Система массового обслуживания с ожиданием

Пусть в систему массового обслуживания с ожиданием, в которой K одинаковых каналов, поступает простейший поток требований [65]. При наличии хотя бы одного свободного канала немедленно начинается обслуживание, а если все каналы заняты, требование становится в очередь. Время обслуживания и время ожидания подчинены экспоненциальным законам распределения.

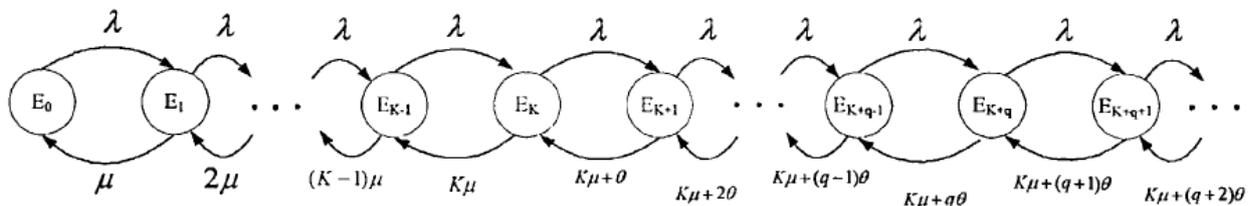


Рисунок 2.10. Размеченный граф системы массового обслуживания с ожиданием

Вероятности перехода P_{i+1} из состояния E_i в «старшее» состояние E_{i+1} зависят исключительно от потока требований (каждое новое требование либо поступает в канал обслуживания, либо становится в очередь). Так как вероятность того, что за время T поступит одно требование, определяется функцией $F(T) = 1 - e^{-\lambda T}$, то $P_{i+1}(\Delta t) = 1 - e^{-\lambda \Delta t} \approx 1 - (1 - \lambda \Delta t) = \lambda \Delta t$. Поэтому $\lambda_{i+1} = 1$, и всем

дугам графа, направленным от вершины E_i к вершине E_{i+1} , приписываются веса, равные интенсивности потока требований λ . Переход в «младшее» состояние обуславливается исключительно освобождением каналов обслуживания. Исходя из функции распределения времени обслуживания $G(T) = 1 - e^{-\mu T}$, аналогично находится, что при наличии только одного канала интенсивность перехода в младшее состояние равна интенсивности обслуживания μ . Если занято i каналов, то интенсивность обслуживания увеличивается в i раз и, следовательно, $P_{i+1}(\Delta t) = i\mu \Delta t$ причем $i < K$, где K - число каналов обслуживания. При возникновении очереди каждое состояние характеризуется занятостью всех каналов системы обслуживания ($i = K$), поэтому интенсивность освобождения каналов становится постоянной и равной $K\mu$.

Как только канал освобождается, его немедленно занимает требование из очереди, и система переходит в младшее состояние. В этих условиях такой переход может быть вызван также уходом из очереди одного требования, если время ожидания превышает допустимое. Распределение времени ожидания $H(t) = 1 - e^{-\theta t}$ определяется интенсивностью ухода из очереди при наличии в ней одного требования. Для очереди длины q интенсивность, с которой требования отказываются от обслуживания и уходят из очереди, равна $q\theta$.

Таким образом, плотность вероятности перехода из состояния E_{K+q} в E_{K+q-1} ($q > 1$) равна сумме интенсивностей освобождения каналов и отказа от обслуживания, т.е. $E_{K+q} = K\mu + q\theta$;

Уравнения Колмогорова [65 - 67, 69] для СМО с ожиданием записываются в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_0}{dt} = -\lambda p_0 + \mu \cdot p_1; \\ \frac{dp_i}{dt} = \lambda p_{i-1} - (\lambda + i\mu) p_i + (i+1)\mu p_{i+1}, \quad 1 \leq i \leq K-1; \\ \frac{dp_{K+q}}{dt} = \lambda p_{K+q-1} - (\lambda + K\mu + q\theta) p_{K+q} + (K\mu + (q+1)\theta) p_{K+q+1} = 0, \quad q \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.5)$$

Если система в начальный момент времени находилась в состоянии E_t , начальными условиями являются соотношения $p_i = 1; p_j = 0$ ($j = 1, 2, \dots, K + q, \dots; j \neq i$). Полученная система имеет неограниченное число уравнений. Она становится конечной, если накладываются ограничения на длину очереди, т.е. на величину q . Но даже без таких ограничений на практике используют, то обстоятельство, что с увеличением q вероятности p_{K+q} становятся пренебрежительно малыми. Поэтому последние уравнения, начиная с некоторого значения q , могут быть отброшены. Решение системы уравнений процесса массового обслуживания совместно с нормировочным условием дает

вероятности $p_1(t)$ состояний E_i , которые полностью определяют протекании этого процесса во времени.

В теории массового обслуживания чаще интересуются не столько тем, как протекает процесс во времени, сколько предельным стационарным режимом, который (если он существует) наступает при $t \rightarrow \infty$. Стационарный режим описывается системой алгебраических уравнений, которая получается из системы дифференциальных уравнений (2.5) путем приравнявая к нулю всех производных по времени, т.е.:

$$\begin{cases} -\lambda p_0 + \mu \cdot p_1 = 0, \\ \lambda p_{i-1} - (\lambda + i\mu)p_i + (i+1)\mu \cdot p_{i+1} = 0, \quad 1 \leq i \leq K-1; \\ \lambda p_{K-q-1} - (\lambda + K\mu + q\theta)p_{K+q} + (K\mu + (q+1) \cdot \theta)p_{K+q+1} = 0, \quad q \geq 0. \end{cases} \quad (2.6)$$

Хотя и в стационарном режиме система меняет свои состояния случайным образом, но вероятности их уже не зависят от времени. Каждая из них являясь постоянной величиной, характеризует относительное время пребывания системы в данном состоянии.

Присоединив к системе алгебраических уравнений нормировочное условие $\sum p_i = 1$, можно определить значения вероятностей в установившемся режиме и получить ряд общих характеристик процесса (без нормировочного уравнения можно было бы получить эти значения только с точностью до постоянного множителя) [65].

Определяя из каждого последующего уравнения новую неизвестную и подставляя значения неизвестных, выраженных из предыдущих уравнений, получаем:

$$\begin{cases} p_i = \frac{\beta^i}{i!} p_0, & 1 \leq i \leq K; \\ p_{K+q} = \frac{\beta^K}{K!} \cdot \frac{\beta^q}{\prod_{i=1}^q (K+i\nu)} \cdot p_0 = \frac{\beta^q}{\prod_{i=1}^q (K+i\nu)} \cdot p_K, \quad i > K, \quad q \geq 1, \end{cases} \quad (2.7)$$

где $\nu = \theta/\mu$ приведенная плотность потока уходов из очереди (без обслуживания). В соответствии с нормировочным условием имеем:

$$\sum_{i=0}^K \frac{\beta^i}{i!} \cdot p_0 + \frac{\beta^K}{K!} \sum_{q=1}^{\infty} \frac{\beta^q}{\prod_{i=1}^q (K+i\nu)} \cdot p_0 = 1,$$

откуда получаем

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^K \frac{\beta^i}{i!} + \frac{\beta^K}{K!} \sum_{q=1}^{\infty} \frac{\beta^q}{\prod_{i=1}^q (K + i\nu)}}. \quad (2.8)$$

Средняя длина очереди q определяется как математическое ожидание числа находящихся в очереди требований, т.е.:

$$\bar{q} = \sum_{q=1}^{\infty} q \cdot p_{K+q} = \frac{\beta^K}{K!} \sum_{q=1}^{\infty} \frac{q \cdot \beta^q}{\prod_{i=1}^q (K + i\nu)} \cdot p_0, \quad (q \geq 1).$$

Так как некоторые требования, не дождаввшись обслуживания, покидают очередь с интенсивностью θ , то всего будет уходить $\theta \cdot \bar{q}$ требований в единицу времени, и из λ поступивших за это же время требований будет обслужено $\lambda - \theta \cdot \bar{q}$. Отсюда выражаются важные характеристики системы - относительная пропускную способность A и среднее число занятых каналов

$$A = \frac{\lambda - \theta \cdot \bar{q}}{\lambda} = 1 - \frac{\theta \cdot \bar{q}}{\lambda}; \quad k_{\text{cp}} = \frac{\lambda - \theta \cdot \bar{q}}{\mu} = \beta - \nu \cdot \bar{q}.$$

Величина A характеризуется вероятностью того, что поступившее в систему требование будет обслужено (при отсутствии очереди $q = 0$ и $A = 1$, т.е. все заявки обслуживаются). Величину k можно также определить как математическое ожидание числа занятых каналов, т.е.

$$k_{\text{cp}} = \sum_{i=0}^{K-1} i p_i + \sum_{q=0}^{\infty} K \cdot p_{K+q} = \sum_{i=0}^{K-1} i p_i + K(1 - \sum_{i=0}^{K-1} p_i),$$

где использовано нормировочное условие и то обстоятельство, что в состояниях E_{K+q} все K каналов заняты. Это выражение более удобно, т.к. не требуется суммировать бесконечный ряд (при определении q). Поэтому им можно воспользоваться для вычисления q и A :

$$\bar{q} = \frac{\beta - k_{\text{cp}}}{\nu} = \frac{\lambda - \mu \cdot k_{\text{cp}}}{\theta}; \quad A = 1 - \frac{\theta(\beta - k_{\text{cp}})}{\lambda \nu} = \frac{k_{\text{cp}}}{\beta} = \frac{\mu}{\lambda} k_{\text{cp}}.$$

Отсюда, в частности, следует, что относительную пропускную способность системы можно рассматривать как отношение среднего числа занятых каналов к приведенной плотности потока требований.

Рассмотренную модель информационно справочные службы с ожиданием в литературе [1, 15,74-77] часто называют системами массового обслуживания с нетерпеливостью клиентов.[73]

2.4.2 Система массового обслуживания с неограниченным временем Ожидания

Чистая система с ожиданием, в которой требования не покидают очереди, получается при $\rho \rightarrow 0$, что соответствует неограниченному времени ожидания [65]. При этом

$$p_i = \frac{\beta^i}{i!} \cdot p_0 \quad (1 \leq i \leq K); \quad p_{K+q} = \frac{\beta^{K+q}}{K^q \cdot K!} \cdot p_0 = \left(\frac{\beta}{K}\right)^q \cdot p_K \quad (q \geq 1);$$

Выражение для p_0 справедливо при $\rho < K$, так как только при этом условии бесконечная сумма в его знаменателе (геометрическая прогрессия) P сходится к своему значению $K - \rho$. Если же $\rho > K$, т.е. среднее число требований, приходящееся на время обслуживания одной заявки, превышает количество каналов (пунктов) системы, то знаменатель будет неограниченно возрастать и $p_0 = 0$, а значит, и вероятность любого состояния со временем становится равной нулю. Иначе говоря, такой подход имеет тенденцию к неограниченному переходу в «старшие» состояния, что соответствует неограниченному состоянию очереди и отсутствию стационарного режима. При $\rho < K$ среднее число заявок, находящихся в очереди, конечно и выражается формулой

$$\bar{q} = \frac{\beta^K}{K!} \sum_{q=1}^{\infty} q \cdot \left(\frac{\beta}{K}\right)^q \cdot p_0 = \frac{\beta^K}{K!} \cdot \frac{\beta}{K \cdot \left(1 - \frac{\beta}{K}\right)^2} \cdot p_0 = \frac{\beta^{K+1} \cdot p_0}{(K-1)! \cdot (K-\beta)^2}. \quad (2.9)$$

2.4.3 Система массового обслуживания с отказами

Система с отказами принимает требования на обслуживание только при наличии свободных каналов. Требование, поступившее в момент времени, когда все K каналы заняты, немедленно получает отказ, покидает систему и в дальнейшем процессе обслуживания не участвует. Это значит, что очередь отсутствует ($q = 0$), и система характеризуется конечным числом уравнений,

соответствующих состояниям E_0, E_1, \dots, E_K . Очевидно, соотношения для системы с отказами получаются из формул (2.7) и (2.8), если устремить к нулю

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^K \frac{\beta^i}{i!}}; \quad p_i = \frac{\beta^i}{i!} \cdot p_0, \quad (1 \leq i \leq K).$$

среднее время ожидания, т.е. положить $\nu \rightarrow \infty$ ($\mu \rightarrow \infty$):

$$p_i = \frac{\frac{\beta^i}{i!}}{\sum_{k=0}^K \frac{\beta^k}{k!}} = \frac{\frac{\beta^i}{i!} \cdot e^{-\beta}}{\sum_{k=0}^K \frac{\beta^k}{k!} \cdot e^{-\beta}} = \frac{P(i, \beta)}{R(K, \beta)} = \frac{R(i, \beta) - R(i-1, \beta)}{R(K, \beta)}.$$

Эти выражения можно преобразовать к виду, удобному для вычислений при больших β , если использовать приближенную формулу, приведенную в [64]:

$$p_{\text{отк}} = p_K = \frac{\beta^K}{K!} p_0 = \frac{\beta^K}{K!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^K \frac{\beta^k}{k!}} = 1 - \frac{R(K-1, \beta)}{R(K, \beta)}.$$

Эти выражения называют формулами Эрланга, который впервые исследовал систему с отказами применительно к телефонной связи. Полагая $\nu = K$ (все каналы заняты), получаем вероятность отказа

$$A = 1 - p_K = \beta \frac{R(K-1, \beta)}{R(K, \beta)}.$$

Так как все требования, не получившие отказа, обслуживаются, то вероятность того, что попавшее в систему требование будет обслужено, т.е. относительная пропускная способность, будет иметь вид: $A = \frac{R(K, \beta)}{R(K, \beta)}$.

Среднее число занятых каналов \bar{k} можно вычислить по формуле $\bar{k} = 0 \cdot p_0 + 1 \cdot p_1 + \dots + K \cdot p_K$. Однако проще вычислить эту величину как отношение абсолютной производительности системы (среднего числа требований, обслуживаемых системой в единицу времени) к интенсивности обслуживания μ (среднего числа требований, обслуживаемых одним каналом в единицу времени), т.е.

$$A = 1 - p_K = \beta \frac{R(K-1, \beta)}{R(K, \beta)}.$$

2.4.4 Система массового обслуживания с ограниченной длиной Очереди

Система с ограниченной длиной очереди характеризуется тем, что поступившее требование становится в очередь только, если число требований в ней (длина очереди) не превышает заданного значения $q = q_{\max}$. При этом недопустимая длина очереди является единственной причиной, которая заставляет требование ее покинуть, а время ожидания не принимается во внимание, т.е. может считаться сколь угодно большим ($\theta \rightarrow 0$). Очевидно, в этом случае система уравнений будет конечной, так как уравнения для $q > q_{\max}$ теряют смысл. Соотношения для данной системы получаются из [64, 65], ограничивая суммирование по q верхним пределом q_{\max} и положив $\theta \rightarrow 0$ ($\nu \rightarrow 0$), имеем:

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^K \frac{\beta^i}{i!} + \frac{\beta^K}{K!} \sum_{q=1}^{q_{\max}} \left(\frac{\beta}{K}\right)^q}; \quad p_i = \frac{\beta^i}{i!} \cdot p_0, \quad (1 \leq i \leq K);$$

$$p_{K+q} = \frac{\beta^K}{K!} \cdot \left(\frac{\beta}{K}\right)^q \cdot p_0, \quad (1 \leq q \leq q_{\max}). \quad (2.10)$$

Вероятность того, что требование покинет систему не обслуженным, равна вероятности p_K , характеризующей наличие в очереди q_{\max} заявок, а относительная пропускная способность системы выражается как $A \cdot p_K$. Средняя длина очереди для СМО подобного вида будет иметь вид:

$$\bar{q} = \sum_{q=1}^{q_{\max}} q \cdot p_{K+q}. \quad (2.11)$$

Но при $p = K$ формула (2.12) приобретает следующий вид:

$$\bar{q} = \frac{K^K}{K!} \cdot \frac{q_{\max} \cdot (q_{\max} + 1)}{2} \cdot \left(1 + \frac{K}{1!} + \frac{K^2}{2!} + \dots + \frac{K^K}{K!} + \frac{K^K}{K!} \cdot q_{\max}\right)^{-1}. \quad (2.12)$$

На практике, для определения характеристик качества обслуживания клиентов и работы операторов необходимо подобрать аналитическую модель СМО, адекватно описываемую процессы в информационно справочные службы. Но найти контакт-центр, функционирование которого точно подчинялось бы известным моделям СМО практически невозможно.

Поэтому, идея создания метода определения основных параметров качества обслуживания, не зависящих от аналитических моделей, актуальна. С помощью компьютерного моделирования, возможно имитировать деятельность операторов по обслуживанию вызовов и, задавая идеальные параметры, наблюдать за изменениями параметров качества обслуживания [81].

В данной работе, с целью контроля качества работы операторов, предлагается оценивать среднюю длину очереди и число нетерпеливых клиентов по рекуррентным соотношениям, постоянно сравнивая полученные значения с нормативными. Нормативные значения этих величин получаются в результате работы компьютерной модели информационно справочные службы. Основные принципы и достоинства применения алгоритма контроля работы операторов, на основе имитации их деятельности представлены в 2.5.

2.5 Алгоритм оценки качества работы операторов

Алгоритм оценки качества работы операторов на основе имитации их деятельности предназначен для любых законов поступления и обслуживания вызовов в СМО. Отметим, что при не Пуассоновском входном потоке формулы (2.9), (2.11) и (2.12) неточно характеризуют рассчитываемые параметры. В главе 1 в п. 1.4 кратко была рассмотрена идея данного алгоритма, теперь остановимся подробно на основных принципах его реализации.

2.5.1 Измерение очереди при не Пуассоновском входящем потоке

Текущая очередь и ее изменения во времени могут быть измерены. Рассмотрим систему типа G/G/1 с дисциплиной обслуживания FIFO. Выбираем на оси времени произвольный момент, обозначаемый t_0 . Поскольку поток стационарный, выбор начального момента времени не имеет значения. Рассмотрим интервал времени T (начиная с момента $t_0 = 0$), на котором сохраняется стационарность потока и происходит достаточно большое число событий M . Интервал времени T состоит из периодов занятости и простоя. Каждый период занятости состоит из нескольких интервалов обслуживания вызовов произвольной длины. Пусть случайная величина $S_1 = \{t_1, t_2, \dots, t_p, \dots, t_i\}$ - время обслуживания одного вызова.

Обозначим число вызовов, поступивших в g , - й интервал обслуживания i -ого вызова через n_i , а длину очереди, образующуюся на этом интервале обслуживания, через q_i . Очевидно, что длина очереди на интервале обслуживания, предшествующем первому $q_0 = 0$ и расположенном в периоде простоя, равна нулю.

Длина очереди для СМО с одним обслуживающим прибором рассчитывается по следующему рекуррентному соотношению:

$$q_i = q_{i-1} + m_i - \delta_i, \quad (2.13)$$

Где

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & q_{i-1} > 0 \text{ или } m_i > 0; \\ 0, & q_{i-1} = 0 \text{ и } m_i = 0. \end{cases}$$

Подробный вывод (2.13) описан Л. Клейнроком в [63]. Сбор и анализ статистики значений длины очереди и использование алгоритма «leaky bucket», больше известного как алгоритм «дырявого ведра», позволяют оценить эффективность работы операторов за выбранный промежуток времени [80].

2.5.2 Определение длины очереди и количества нетерпеливых клиентов при идеальной работе операторов

Учитывая, что рассматриваемая модель соответствует системе с ожиданием, описанной в 2.4.1 и характеризуется четырьмя параметрами $(\lambda, \mu, K, \theta)$. Зная интенсивность поступления вызовов λ и среднее время терпеливости клиентов w , по формуле Литтла [63] можно найти предельное значение длины очереди q_{\max} , при котором пользователи откажутся вставить в очередь и, следовательно, вызов будет потерян:

$$q_{\max} = \lambda \cdot w . \quad (2.14)$$

Следует рассмотреть, какова будет длина очереди при данном потоке с интенсивностью λ и нормативной интенсивности обслуживания μ . Нормативная интенсивность обслуживания или обратная ей величина время обслуживания t_n устанавливается руководством, с целью соблюдения качества обслуживания клиентов.

Разделим весь рассматриваемый интервал времени на равные промежутки λt , так что $t_i = t - t_x + \lambda t$, общее число которых $h = y$. . Обозначим через q_{n_i} - длину очереди в момент времени t_n через I_{n_i} —число клиентов, ушедших из очереди, на промежутке времени между $t-1$ и t , а через m_i – число m_i вызовов, поступивших на промежутке времени между t и $t + \lambda t$. Допустим также, что обслуживание каждого вызова на любом промежутке Δt происходит с постоянной интенсивностью, равной нормативной μ . Тогда длина очереди без учета нетерпеливых клиентов, с учетом начального условия $q_{n_0} = 0$ и формулы (2.13), будет иметь следующий вид:

$$a_i = q_{n(i-1)} + m_i - K, \quad (2.15)$$

где K —число операторов, работающих на линии.

Длина очереди с учетом ушедших клиентов будет рассчитываться следующим образом:

$$q_{ni} = \max[a_i - l_{ni}, 0], \quad (2.16)$$

где, количество ушедших клиентов при нормативном обслуживании на интервале времени λt :

$$l_{ni} = \max[a_i - q_{\max}, 0] \quad (2.17)$$

После получения значений величин по формулам (2.15-2.17), выполняется осреднение значения qm на интервале T для получения среднего нормативного значения длины очереди $\sim qt_i$ и определяется количество нетерпеливых клиентов l_n на том же интервале T при нормативном обслуживании заявок:

$$l_n = \sum_{i=1}^h l_{ni}. \quad (2.18)$$

2.5.3 Применение алгоритма оценки качества работы операторов информационно справочные службы

Рассмотрим теперь, какова будет длина очереди при этом же потоке и реальной интенсивности обслуживания со средним значением λ . В этом случае, начальное условие $q_0 = 0$ останется прежним, значения нормативные заменяются реальными и выражение (2.13) примет вид:

$$q_i = q_{i-1} + m_i - k_i - l_i, \quad (2.19)$$

где kt - количество вызовов, ушедших на обслуживание за i -тый интервал времени; i - количество клиентов, ушедших из очереди на i -том интервале времени.

Производя осреднение значений qt на интервале времени T , получим среднее текущее значение длины очереди q , а i - число нетерпеливых клиентов на интервале времени T будет равно:

$$l = \sum_{i=1}^h l_i. \quad (2.20)$$

В те часы суток, когда операторы имеют невысокий коэффициент загрузки ($\beta/k = [0,5; 0,7]$), достаточно сравнить нормативное среднее значение длины очереди q_n с текущим средним значением длины очереди q . Анализ их совпадения или отличия дает представление о качестве работы группы операторов.

Действительно, при условии отсутствия перегрузки операторов и их работе согласно норме, должно выполняться соотношение:

$$\bar{q} \approx \bar{q}_n. \quad (2.21)$$

Если (2.23) не выполняется и $q > q_c$, то делается вывод, что показатели работы группы операторов по длительности обслуживания вызова не соответствуют норме, установленной руководством информационно справочные службы. И, что также важно, определяется величина несоответствия норме. В часы наибольшей нагрузки, когда $(\beta/K \rightarrow 1)$, а текущие значения длины очереди q_t постоянно превышают значение q_{max} , для оценки качества работы группы операторов сравнивают значения нормативного 1_n и полученное в реальных условиях количества нетерпеливых клиентов.

Число нетерпеливых клиентов, при постоянных параметрах λ и μ , можно снизить за счет увеличения числа операторов K . [81]

Чтобы повысить показатели качества обслуживания вызовов, необходимо информацию об отклонении от нормативных значений длины очереди выводить на экран операторам. Наблюдая за своими показателями работы в реальном режиме времени, операторы могут увеличивать интенсивность обслуживания [79-81].

3. Компьютерное моделирование Обслуживания телефонных вызовов в информационно справочных службах

Для подтверждения эффективности применения разработанного алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами и реализации алгоритма оценки качества работы операторов, применены методы компьютерного моделирования. При этом используется принцип параллельной работы объектов (объектный принцип моделирования) [82 - 84]. Такое моделирование обеспечивает независимость составления моделей элементов сложной системы от изменения задачи или структуры информационно справочные службы.

При компьютерном моделировании сложных систем математическая модель информационно справочные службы заменяется моделирующим алгоритмом, с помощью которого имитируются элементарные явления, составляющие исследуемый процесс. В алгоритме сохраняются логическая структура, последовательность протекания во времени, характер и состав информации о состояниях процесса [84 - 86].

Для реализации поставленной задачи использован инструмент визуального программирования Simulink (пакет для разработки систем массового обслуживания SimEvents), входящий в состав математического пакета MATLAB [87 - 99]. Данный язык программирования имеет два важных преимущества: экономия времени программирования и наличие методов обнаружения ошибок, значительно превосходящих соответствующие возможности универсальных языков. Он также предоставляет исследователю [90-92]:

– удобные способы организации данных, обеспечивающие простое и эффективное моделирование;

- удобные средства формализации и воспроизведения динамических свойств моделируемой системы; [83]
- возможность имитации стохастических систем, т.е. процедур генерации псевдослучайных чисел и вероятностного (статистического) анализа результатов моделирования;
- простые и удобные процедуры отладки и контроля программы;
- доступные процедуры восприятия и использования языка.

При моделировании с использованием Simulink реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым, пользователь на экране из библиотеки стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты [96 - 98]. При этом, в отличие от классических способов моделирования, пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний требующихся при работе на компьютере и, естественно, знаний той предметной области, в которой он работает.

Simulink является достаточно самостоятельным инструментом MATLAB и при работе с ним совсем не требуется знать сам MATLAB и остальные его приложения. С другой стороны доступ к функциям MATLAB и другим его инструментам остается открытым и их можно использовать в Simulink. Часть входящих в состав пакетов имеет инструменты, встраиваемые в Simulink (например, LTI-Viewer приложения Control System Toolbox - пакета для разработки систем управления) [97, 98]. Имеются также дополнительные библиотеки блоков для разных областей применения (например, Power System Blockset - моделирование электротехнических устройств, Digital Signal Processing Blockset - набор блоков для разработки цифровых устройств и т.д). При работе с Simulink есть возможность модернизировать библиотечные блоки, создавать свои собственные, а также составлять новые библиотеки блоков.

При моделировании можно выбрать метод решения дифференциальных уравнений, а также способ изменения модельного времени (с фиксированным или переменным шагом). В ходе моделирования имеется возможность следить за процессами, происходящими в системе. Для этого используются 84 специальные устройства наблюдения, входящие в состав библиотеки Simulink.

Результаты моделирования могут быть представлены- в виде графиков или таблиц.

Преимущество Simulink заключается также в том, что он позволяет пополнять библиотеки блоков с помощью подпрограмм написанных как на языке MATLAB, так и на языках C ++, Fortran и Ada [93].

3.1 Описание компьютерной модели

Процесс моделирования запускается в момент времени, когда в системе нет вызовов, все операторы свободны. Основными входными параметрами

модели являются интенсивности поступления A , и обслуживания λ для каждого класса обращений ($i = 1,2,3$), среднее время терпеливости клиентов w , вероятности поступления вызовов от клиентов-должников p_1 и от новых клиентов p_2 , количество операторов K , время остановки моделирования T . Случайные события в информационно справочные службы моделируются с помощью генератора случайных чисел, который является важной составляющей компьютерного моделирования. При этом в информационно справочные службы может произойти четыре различных случайных событий: поступление вызовов в информационно справочные службы, обслуживание вызовов от клиентов-должников, новых клиентов и обслуживание операторами.

Математические ожидания времен между поступлениями и обслуживания вызовов равны величинам, обратным их интенсивностям:

λ —интенсивность поступления вызовов в информационно справочные службы,

μ_1 —интенсивность обслуживания вызовов от клиентов-должников,

μ_2 —интенсивность обслуживания вызовов от новых клиентов,

μ_3 — интенсивность обслуживания вызовов операторами.

Будем считать, что количество обслуживающих линий подсистемы интерактивного голосового обслуживания достаточно, и постановка вызовов в очередь не требуется. При обслуживании вызовов операторами, когда они все заняты, происходит постановка вызова в очередь. Число мест в очереди неограниченно. Дисциплина обслуживания очереди - FIFO (First In - First Out - первым пришел - первым обслужился). Предположим, что распределение вызовов по операторам выполняется методом UCD (Uniform Call Distribution - метод равномерного распределения вызовов). После окончания любого вида обслуживания вызовы покидают информационно справочные службы. Библиотека блоков SimEvents позволяет формировать вызовы с заданными пользователем параметрами и затем соединять блоки между собой таким образом, чтобы перемещение и обработка вызовов соответствовала реальным условиям.

Перед началом моделирования составим блок-схему обслуживания телефонных вызовов в информационно справочных службах (рисунок. 3.1).

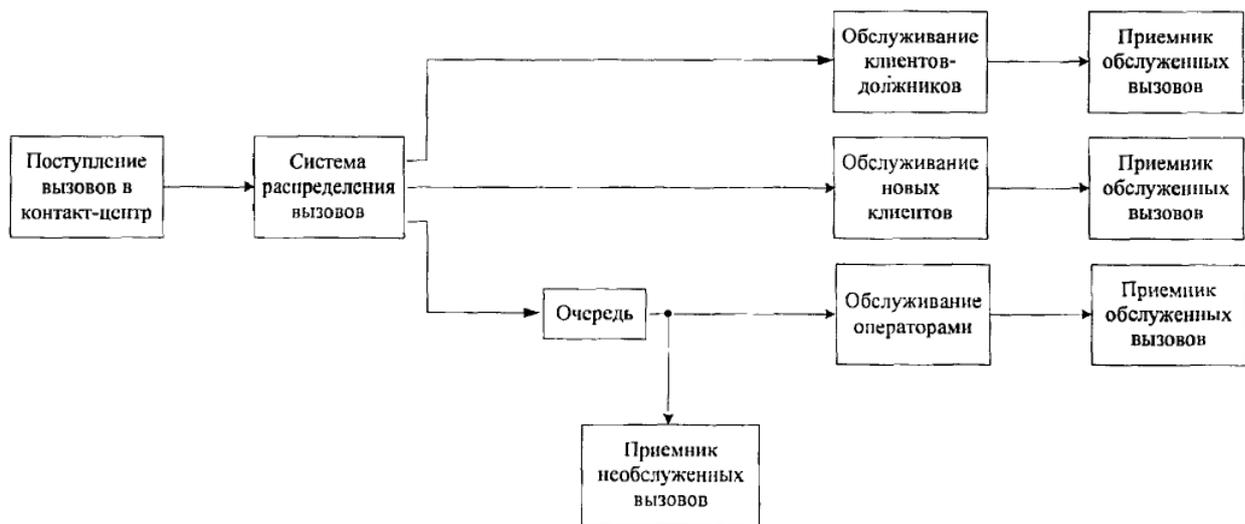


Рисунок. 3.1 - Блок-схема моделирования обслуживания телефонных вызовов в информационно справочные службы

Этап создания компьютерной модели обслуживания телефонных вызовов в информационно справочные службы условно разделен на 5 частей [89, 95]:

- поступление вызовов в информационно справочные службы;
- разделение входного потока по типу обслуживания – выбор стандартного или «особого» сценария обслуживания для каждого вызова (применение алгоритма интеллектуального управления); [86]
- обслуживание вызовов по «особому» сценарию для клиентов-должников;
- обслуживание вызовов по «особому» сценарию для новых клиентов;
- обслуживание вызовов по стандартному сценарию.

Рассмотрим моделирование каждого блока, представленного на рисунке.3.1, отдельно [56-57]-.

3.1.1 Процесс поступления вызовов в информационно справочные службы

Для формирования распределенных во времени сигналов, имитирующих последовательность поступающих на вход информационно справочные службы вызовов на обслуживание, был выбран блок Time-Based Entity Generator (генератор распределенных во времени вызовов). Известно, что процесс поступления вызовов в информационно справочные службы является стохастическим, поэтому при моделировании этого процесса будем использовать стандартный блок Event-Based Random Number (генератор случайных чисел).

В программе для генератора случайных чисел возможен выбор одного из следующих законов распределения случайной величины:

- экспоненциальный (exponential);

- Бернулли (Bernoulli);
- биномиальный (binomial);
- гамма (gamma);
- Гаусса (нормальный) (Gaussian (normal));
- Пуассона (Poisson);
- логнормальное (lognormal);
- бета (beta);
- Вейбулла (Weibull) и др.

Известно, что для времен между поступлениями телефонных вызовов характерен экспоненциальный закон распределения [1, 6, 11]. Проверим справедливость этого утверждения для трафика реального информационно справочные службы, описанного в п. 2.2, используя метод оценки средней доли не дообслуживания.

Суть данного метода состоит в том, что каждому закону распределения случайной величины сопоставляются значения средней доли не дообслуживания. Сравнивая значения средней доли не дообслуживания реального потока вызовов с теоретическими, возможно сделать предположение о законе распределения случайной величины.

В работах [43- 50] под средней долей недообслуживания вызовов ($A_t(t)$) понимается среднее число вызовов, которые поступают во время обслуживания одного вызова. В [36] приводится вывод количественной оценки $A_t(t)$ для одноприборной СМО с ожиданием, где показано, что средняя доля недообслуживания вызовов равна половине разности значений второго и первого моментов случайной величины t . Под случайной величиной t понимается число вызовов, поступивших за время обслуживания одного вызова t .

Рассмотрим основные принципы применения метода оценки средней доли недообслуживания вызовов [23,26].

1. Возьмем интервал времени T , в течении которого произошло M событий. На рисунке. 3.2 представлен поток событий, где t_1, t_2, \dots, t_M - это моменты наступления событий, а X_1, X_2, \dots, X_M - случайные независимые интервалы времени между наступлениями событий. Пусть время обслуживания t для каждого события одинаково.

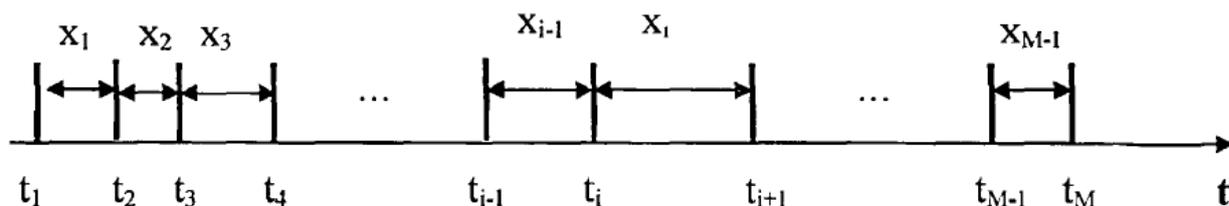


Рисунок. 3.2 - Поток событий

2. С момента начала первого отсчета откладывается интервал времени обслуживания τ . Это равносильно тому, что в случае свободного 88 обслуживающего прибора событие сразу начинает обслуживаться. В этом случае возможны два варианта.

Первый, это когда $X_i \leq \tau$, что говорит о поступлении следующего вызова во время обслуживания текущего. И, очевидно,, что одновременное обслуживание двух вызовов невозможно, поэтому по окончании интервала τ , откладывается еще один интервал обслуживания, т.е. начинает обслуживаться $i+1$ -ый вызов. Если за время обслуживания вызова τ поступило больше одного вызова ($m_i > 1$), то интервал τ откладывается ровно τ_{ij} раз, при этом на каждом интервале считается τ_{ij} . Указанные действия продолжаются до тех пор, пока не обслужатся все вызовы, зафиксированные за времена обработки предыдущих вызовов.

Второй возможный вариант - это когда $X_j > \tau$, следовательно, за время обслуживания не поступило ни одного вызова. В этом случае просто фиксируется значение $\tau_{ij}=0$ и осуществляется переход к следующему вызову. Расчет τ_{ij} продолжается до тех пор, пока все вызовы за выбранный период не станут обслуженными. Пояснения по нахождению τ_{ij} ; отражены на рис. 3.3.

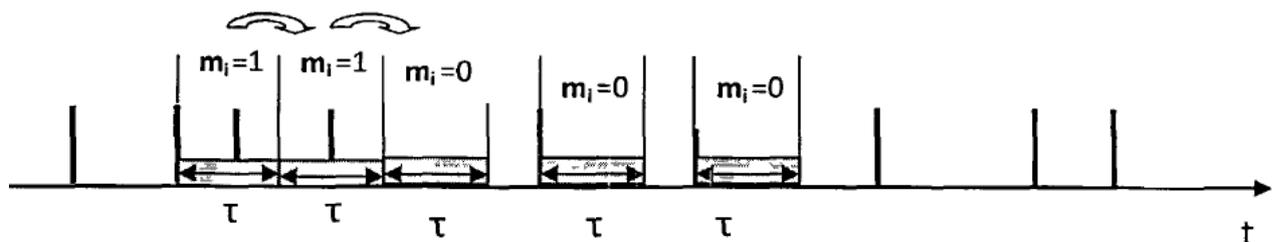


Рисунок. 3.3 - . Пример расчета m_i ;

Далее, определяется первый и второй моменты случайной величины τ_{ij} :

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^M m_i}{M}; \quad \overline{m^2} = \frac{\sum_{i=1}^M m_i^2}{M}, \quad (3.1)$$

где M - число вызовов за рассматриваемый промежуток времени.

3. Увеличивая значение интервала обслуживания с τ до $10 \cdot \tau$ с шагом τ (шаг изменения можно выбирать разным), пункты 1 и 2 повторяются для 89 каждого значения τ . Предельным для рассмотрения является такое значение τ , при котором коэффициент использования системы β равен 1, т.е. $\tau_{так} = 1/\lambda$, где λ , - интенсивность поступления вызовов за выбранный период времени.

4. Пользуясь выводами, представленными в [107], определяем среднюю долю не дообслуживания вызовов для каждого τ , допуская, что время обслуживания для всех вызовов одинаково, получаем:

$$\overline{\Delta m_i} = \frac{(\overline{m_i^2} - \overline{m_i}^2)}{2}, \quad i = \tau, 10 \cdot \tau. \quad (3.2)$$

В [53] доказано, что средняя доля не дообслуживания прямо пропорциональна средней длине очереди в системах массового обслуживания. Для определения закона распределения времен между поступлениями вызовов в информационно справочные службы с помощью A_m необходимо построить зависимость ее от коэффициента использования [42].

5. Построим зависимость $A_m\{f_i\}$, учитывая, что $\rho = X_T$. По формулам (3.1 - 3.2) рассчитаны значения средней доли не дообслуживания для вызовов, поступавших на обслуживание в реальный информационно справочные службы в течение суток. По результатам расчетов построена зависимость средней доли недообслуживания вызовов от загрузки системы $A_m(j_3) \rho$.

Сплошная линия на рис. 3.4 соответствует средней доле не дообслуживания вызовов аналитического входного потока вызовов, т.е. в случае, когда величина X_j имеет экспоненциальное распределение. Пунктирная линия соответствует средней доле недообслуживания вызовов при реальном потоке вызовов, поступающем в информационно справочные службы. В [43] доказано, что для входного экспоненциального потока вызовов $A_T(1) = 0,5$. На рис. 3.4, как раз, заметно, что при экспоненциальном распределении данное условие выполняется, а зависимость $A_T\{j_3\}$, построенная по реальным данным, практически совпадает с аналитической. Поэтому, закон распределения времен между поступлениями вызовов в информационно справочные службы, действительно, можно принять за экспоненциальный со средним значением λ / x .

Подводя итог, отметим, что интервал времени, на котором будет проводиться моделирование изменяется от 0 до Γ и за это время сгенерируется M вызовов. Время поступления вызова t_m ($m = 1, 2, \dots, M$) рассчитывается путем генерации случайного значения времени между поступлениями вызовов x_t ($t = 1, 2, \dots, M-1$), т.е.

$$t_m = \begin{cases} 0, & \text{для } m = 1; \\ t_{m-1} + x_{m-1}, & \text{для } 1 < m \leq M. \end{cases}$$

Реализация процесса поступления вызовов в программной среде Simulink представлена на рис. 3.5.

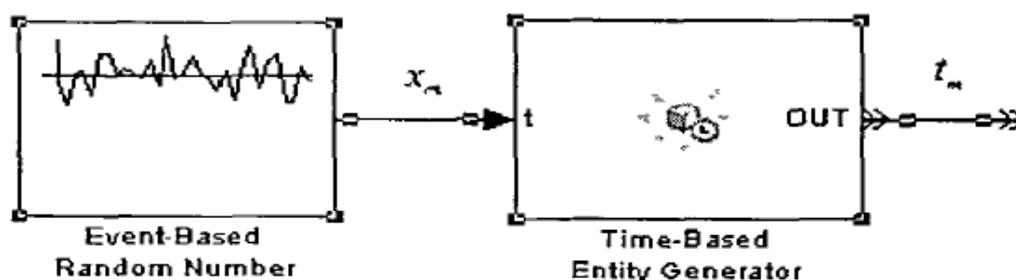


Рисунок.3.5 - Реализация поступления вызовов в информационно справочные службы в среде Simulink 91

На выходе блока Time-Based Entity Generator можно посмотреть статистику числа сгенерированных вызовов и среднего времени между поступлениями вызовов.

3.1.2 Процесс распределения вызовов по классам обращений

Процесс распределения вызовов по классам обращений заключается в выборе сценария обслуживания для каждого поступающего в информационно справочные службы вызова. Согласно обозначениям, введенным в главе 2, с вероятностью p_1 поступающие вызовы обслуживаются по «особому» сценарию для клиентов - должников, с вероятностью p_2 - по «особому» сценарию для новых клиентов, а с вероятностью $p_3 = 1 - (p_1 + p_2)$ — операторами информационно справочные службы. Реализация данного процесса в среде Simulink представлена на рис. 3.6.

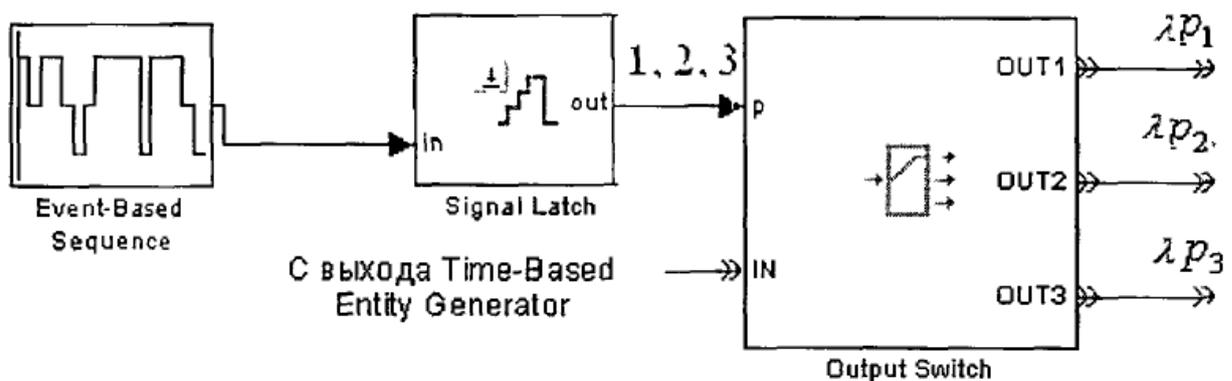


Рис.3.6. Блок-схема процесса определения класса обращения в среде Simulink

Основным блоком при разделении вызовов по типу обслуживания является Output Switch (коммутатор выхода) (см. рис. 3.6). Этот блок маршрутизирует вызовы с входного порта «IN», поступающие с выхода блока Time-Based Entity Generator, на один из трех выходных портов, подобно логике алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами, и определяет сценарий обслуживания. На выход 1 (OUT 1) поступают вызовы от клиентов-должников, на выход 2 (OUT 2) - от новых клиентов, а вызовы, которые должны обслуживаться операторами, поступают на выход 3 (OUT 3).

Управление выходными портами OUT 1 - OUT 3 осуществляется через дополнительный сигнальный входной порт «p» (см. рис. 3.6), на который подаются сигналы в виде целочисленных значений от 1 до 3. Управляющий сигнал, поступающий на порт «p», формируется двумя блоками: Event-Based Sequence (последовательность, основанная на событии) и Signal Latch (фиксатор сигнала). С помощью блока Event-Based Sequence последовательность, предназначенная для управления номерами выходов, считывается из файла, в котором в случайном порядке с вероятностью $p\{$

записано число 1, с вероятностью p_2 - число 2 и, наконец, с вероятностью p_3 — число 3. Фиксатор сигнала предназначен для синхронизации процедуры определения маршрута с моментом поступления вызова на вход переключателя (Output Switch). Т.е., Signal Latch выдает адрес выходного порта Output Switch только тогда, когда сгенерированный вызов покинет блок Time-Based Entity Generator.

3.1.3 Процесс обслуживания вызовов по «особому» сценарию

Как было отмечено во второй главе, под «особым» сценарием, понимается сценарий обслуживания клиентов-должников и новых клиентов информационно справочные службы.

Пусть число каналов IVR-системы такое, что все поступающие вызовы успевают обслуживаться без постановки в очередь.

Отметим, что вид закона распределения времен обслуживания вызовов по «особому» сценарию, при применении алгоритма интеллектуального управления, не влияет на количество поступающих обращений от клиентов должников и новых клиентов. Поэтому, законы распределения времен обслуживания таких обращений выберем экспоненциальные со средними значениями $1/\mu_1$, и $1/\mu_2$, для клиентов-должников и новых клиентов соответственно.⁹³

Для моделирования процесса обслуживания вызовов от клиентов-должников и новых клиентов в среде Simulink были выбраны блоки:

- N-Server - блок обработки вызовов, с возможностью обслуживания одновременно до N событий;
- Event-Based Random Number1 - блок формирования временных интервалов, используемых в качестве времен обслуживания вызовов операторами информационно справочные службы. Число обслуживающих линий в блоке N-Server рассчитывается по формуле (2.10), которая определяет для заданных интенсивностей поступления и обслуживания вызовов достаточное число обслуживающих каналов.

К выходу «#d» обслуживающего устройства подключен блок визуализации Display - блок отображения итогового результата на экран. По окончании моделирования, возможно, получить следующую статистику:

- число обслуженных вызовов;
- число вызовов, находящихся в данный момент на обслуживании;
- среднее время обслуживания;
- коэффициент загрузки каждой обслуживающей линии.

Блок-схема реализации процесса обслуживания по «особому» сценарию в среде Simulink представлена на рис. 3.7.

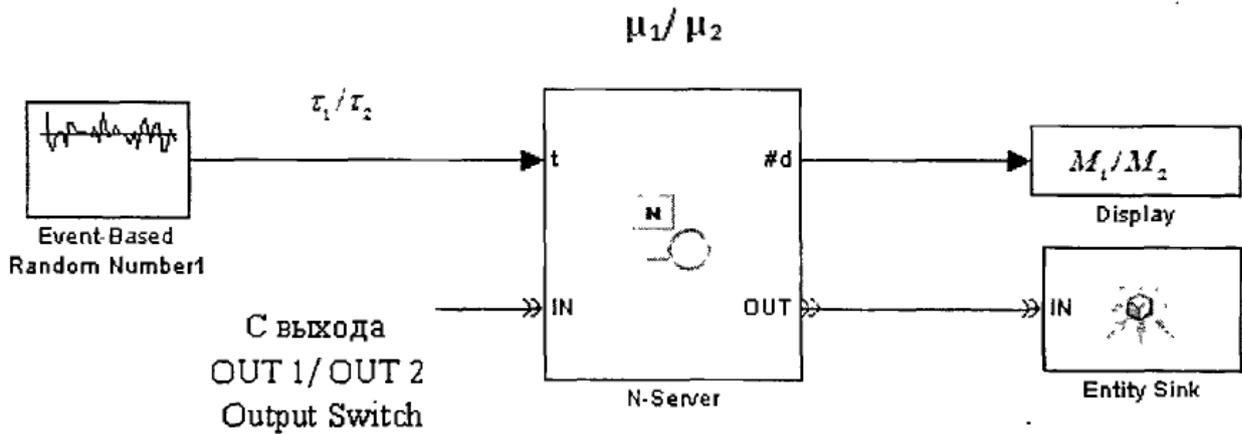


Рисунок. 3.7. Блок-схема процесса обслуживания по «особому» сценарию для клиентов должников/новых 94

Назначение блока Entity Sink рассмотрено в 3.1.7.

3.1.4 Процесс ожидания вызовов в очереди

Для вызовов, которые поступают на обслуживание к операторам (обслуживание по стандартному сценарию), возможна ситуация, при которой все K операторов заняты и тогда вызов становится в очередь на ожидание обслуживания. При моделировании процесса ожидания вызова в очереди необходимо учесть возможность появления нетерпеливых клиентов (рис.3.8). Дисциплина обслуживания очереди FIFO (first in - first out - «первый пришел - первый обслужился») реализуется в Simulink блоком FIFO Queue. В очереди ожидать обслуживания может бесконечное число вызовов.

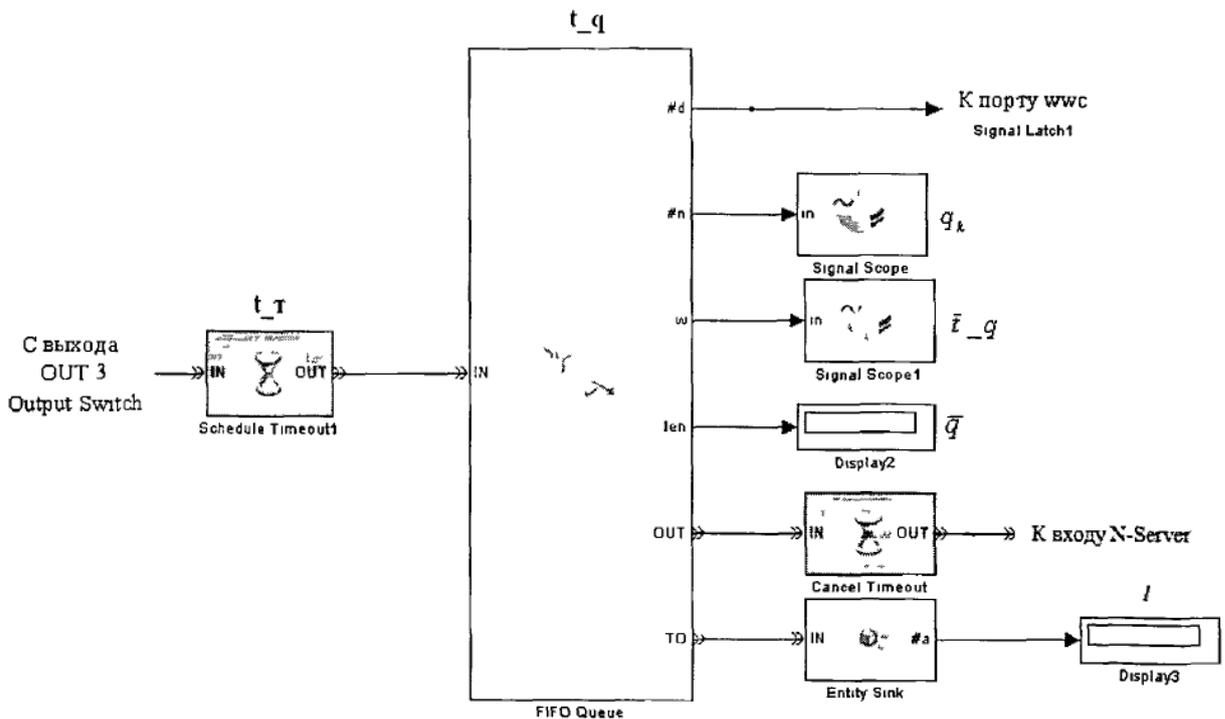


Рисунок. 3.8. Блок-схема процесса ожидания вызовов в очереди в среде Simulink

Для визуализации статистики состояния очереди к выходным портам блока подсоединяются блоки Signal Scope или Display (рис.3.8).⁹⁵

Характеристики, которые можно получить в результате моделирования на выходе блока FIFO Queue следующие:

- q_k - число вызовов в очереди на момент поступления нового вызова в блок;
- t - среднее время пребывания вызова в очереди;
- q —средняя длина очереди;
- L - число вызовов, время пребывания в очереди которых, больше заданного времени терпеливости.

Для учета числа нетерпеливых клиентов используются блоки Schedule Timeout (начало отсчета временного интервала) и Cancel Timeout (конец заданного временного интервала). Они отслеживают время пребывания вызова в блоке очереди и, в случае превышения заданного времени (времени терпеливости), покидают блок очереди через порт «TO». Процесс ухода вызовов из системы (информационно справочные службы) описан в п. 3.1.7.

3.1.5 Процесс обслуживания вызовов операторами

После того как появляется свободный оператор при наличии очереди из нее выбирается вызов, который ждал дольше всех. Для моделирования процесса обслуживания вызовов операторами необходимо знать закон распределения времен обработки вызовов.

Используя статистику реального информационно справочные службы по обслуживанию вызовов операторами, определим закон распределения случайной величины, применяя критерий χ^2 [82,84].

Пусть дана выборка $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, где x_j - j -тый элемент выборки (время обслуживания вызова), N - размер выборочной совокупности (число вызовов, обслуженных за рассматриваемый период времени).

Методика применения критерия χ^2 для оценки расхождения теоретического и эмпирического распределений сводится к следующему. 96
1. На основании выборочных данных x_1, x_2, \dots, x_N находятся оценки параметров теоретического распределения. Строится статистический ряд вида $(i, N_i), i=1, \dots, p$, где i - i -тый интервал статистического ряда, N_i - количество попаданий случайной величины X в i -тый интервал (эмпирическая частота), p - количество интервалов.

Рассчитывается длина интервала, для ее определения рекомендуется использовать формулу Стерджеса:

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3.32 \lg N}, \quad (3.3)$$

где Δx - длина интервала; x_{\max} и x_{\min} - максимальное и минимальное значения элемента выборки.

Количество интервалов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\Delta x}. \quad (3.4)$$

Определяются числовые характеристики выборки, например, математическое ожидание:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n c_i * N_i, \quad (3.5)$$

где c_i - середина i -ого интервала.

Полученное значение по (3.5) является оценкой математического ожидания для теоретического закона экспоненциального распределения. Параметры теоретического экспоненциального распределения: $\lambda = \Delta^{-1}$. Вычисляются, исходя из теоретического распределения, вероятности p_k попадания значений случайной величины в интервалы Δx ($i = 1, \dots, n$).

По результатам расчетов по (3.3 - 3.5) получаем гистограммы эмпирических (рассчитанных по реальным данным) и теоретических частот (рис. 3.9).

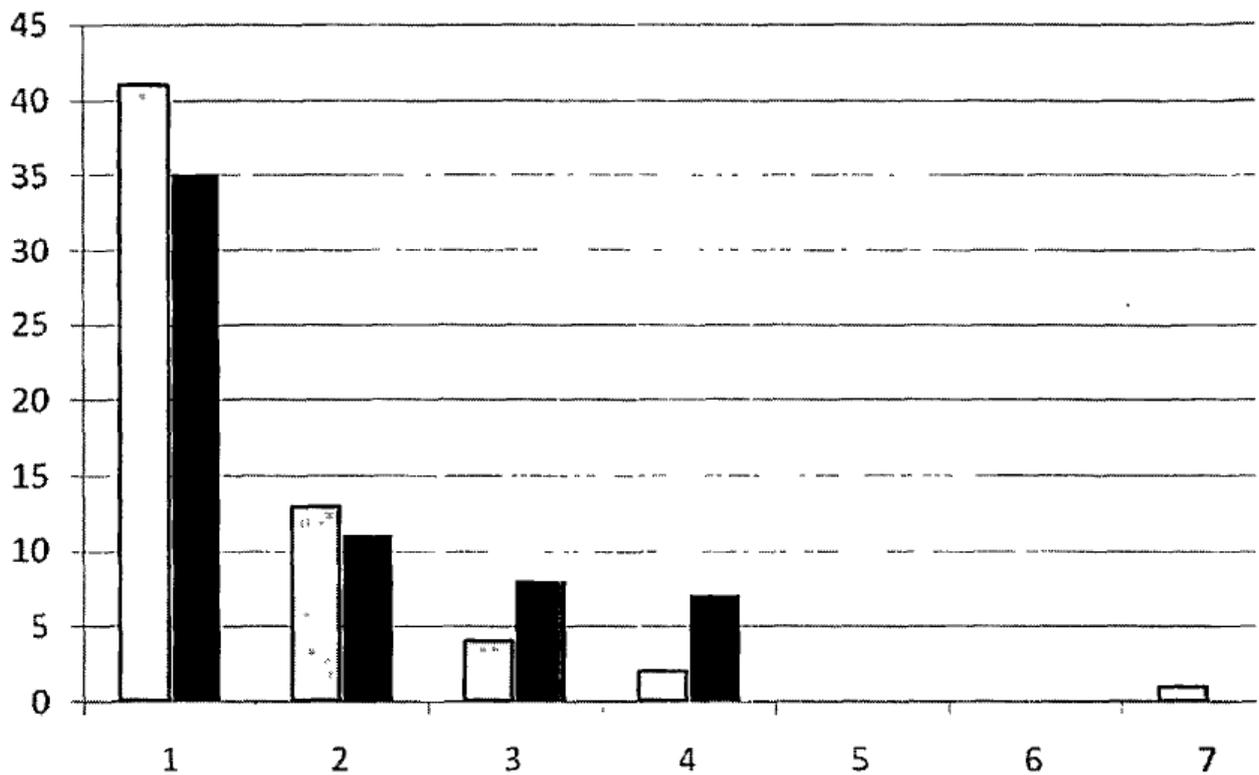


Рисунок. 3.9. Гистограмма эмпирических и теоретических частот
3. Рассчитывается значение χ^2 .

$$\chi^2 = N \cdot \sum_{k=1}^n \frac{(v_k^* - p_k)^2}{p_k},$$

где v_k - теоретическая вероятность попадания значений случайной величины в интервалы A_{k1} . Для исследуемого информационно справочные службы $\chi^2 = 6,96$.

4. Затем, определяется число степеней свободы $e = n - s - 1$, где s — число параметров, характеризующих предполагаемое распределение, т.е. $e = 7 - 1 - 1 = 5$.

5. В зависимости от характера задачи называется достаточно малая вероятность α , называемая уровнем значимости. Считается, что событие с такой вероятностью является практически невозможным. Выберем $\alpha = 0.05$.

6. По таблицам процентных точек распределения χ^2 находят значения процентной точки $\chi^2_{e,\alpha}$, для нашего случая $\chi^2_{5,0.05} = 11,07$.

7. Если вычисленное значение χ^2 больше $\chi^2_{e,\alpha}$, то теоретическое распределение считается плохо согласующимся с результатами наблюдений при уровне значимости α . Если же вычисленное значение χ^2 оказывается меньше $\chi^2_{e,\alpha}$, то принимается, что выбранное теоретическое распределение согласуется с результатами наблюдений.

Таким образом, получаем, что $\chi^2_{5,0.05} > \chi^2$, следовательно, распределение случайных чисел можно принять за экспоненциальный закон с уровнем значимости 5%.

Теоретические значения частот были получены с помощью программного обеспечения MatLab.

Блок-схема реализация процесса обслуживания вызовов операторами представлена на рис. 3.10.

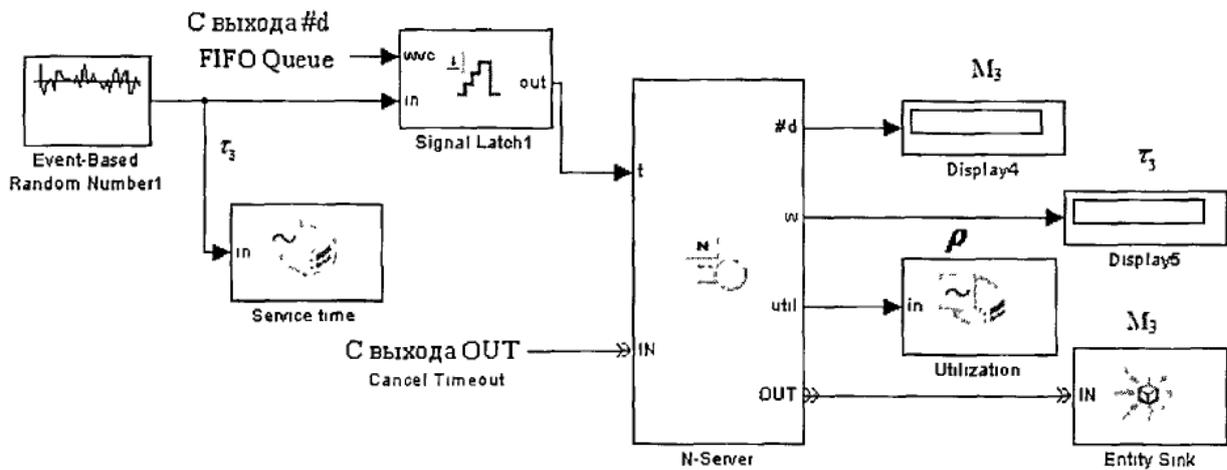


Рисунок. 3.10. Блок-схема процесса обслуживания вызовов операторами в среде Simulink

Обработка вызовов, дождавшихся обслуживания осуществляется блоком N-Server, в котором задается число операторов (см. рис. 3.10). Блок Event-Based Random Number1 генерирует времена обслуживания для каждого вызова, закон распределения которых экспоненциальный, со средним значением $1/\mu_3$. Блок Signal Latch 1 предназначен для того, чтобы каждый поступающий вызов на блок N-Server имел собственное время обслуживания. То есть, Signal Latch 1 записывает значения с входного порта «in» в буфер и выводит их на порт «out» после того, как вызов покинет блок очереди. 99

3.1.6 Процесс ухода вызовов из контакт-центра

Уход вызовов из информационно справочные службы осуществляется после их обслуживания по «особому» или стандартному сценариям, а также, в случае, если время пребывания в очереди превышает время терпеливости. В среде Simulink для удаления вызовов из системы используется блок Entity Sink (блок приема вызовов). Если подключить к нему Display, то по окончании моделирования можно увидеть число обслуженных вызовов по каждому классу или в случае ухода вызова из очереди - число нетерпеливых вызовов (см. рис. 3.7-3.10).

3.1.7 Входные и выходные параметры компьютерной модели

В результате моделирования рассчитываются характеристики качества функционирования информационно справочные службы, такие как средняя длина очереди и число нетерпеливых вызовов. Входными параметрами в компьютерной модели являются:

- интервал моделирования $[0, T]$;
- интенсивность поступления вызовов X ;
- интенсивности обслуживания обращений трех классов $\mu_1/\mu_2/\mu_3$
- количество операторов K ;
- интенсивность отказов от обслуживания из-за нетерпеливости v ;
- вероятности поступления вызовов от клиентов-должников p и от новых клиентов p_2 .

В результате моделирования накапливаются следующие статистические данные, которые используются для расчета характеристик качества работы информационно справочные службы:

- время поступления вызова в систему;
- время окончания обслуживания;
- время ухода из-за нетерпеливости;
- время поступления вызова в очередь;
- время ухода из очереди;
- время ухода из информационно справочные службы;
- количество обслуженных вызовов в целом и по каждому классу обращений;
- количество нетерпеливых клиентов;
- коэффициенты загрузки линий IVR-системы и операторов.

3.2 Доказательство адекватности составленной модели

С целью доказательства адекватности составленной модели, в данном подразделе, сравниваются результаты компьютерного моделирования и расчетов по аналитическим выражениям следующих характеристик:

- средней длины очереди;
- вероятности отказа в обслуживании.

В сложных системах, к которым относятся объекты компьютерного моделирования, любая модель лишь частично отражает реальный процесс.

Модель считается хорошей, если, несмотря на свою неполноту, может точно предсказать влияние изменений в системе на общую эффективность системы.

Поэтому необходима проверка степени соответствия (адекватности) модели и реального процесса. Существуют три подхода к проверке на адекватность [82,89]. Применяя первый из них, мы должны убедиться, что модель верна в первом приближении. Например, следует поставить вопрос: не

будет ли модель давать абсурдные ответы, если ее параметры будут принимать предельные значения.

Второй подход к оценке адекватности модели состоит в проверке исходных предположений. Например, какие параметры и переменные модели можно считать существенными, и охвачены ли моделью все существенные параметры объекта. Характер переменной, т.е. является ли она существенной или нет, обычно определяется влиянием этой переменной на критерий эффективности системы. Для выяснения степени охвата в модели всех существенных параметров объекта используются современные методы статистического анализа, такие как анализ дисперсии критериев эффективности.

Третий подход к оценке адекватности модели состоит в проверке преобразований информации от входа к выходу. Этот подход основан на использовании статистических выборок для оценки средних значений и дисперсии, дисперсионного анализа, регрессионного анализа, факторного анализа, спектрального анализа, автокорреляции, проверок с помощью критериев согласия и др.

Следует помнить, что нельзя оправдать разработку компьютерной модели, если она не приносит пользу потребителю. Приняв во внимание все это, формулируются конкретные критерии, которым должна удовлетворять хорошая модель [89]. Такая модель должна быть:

- простой и понятной пользователю;
- удобной в управлении;
- надежной в смысле гарантии от абсурдных решений;
- полной с точки зрения возможностей решения главных задач;
- адаптивной, позволяющей легко переходить к другим модификациям или обновлять данные.

3.2.1 Доказательство адекватности и необходимости применения компьютерной модели на практике

Предположим, что в информационно справочные службы на обслуживание операторам поступает пуассоновский поток вызовов ($\lambda = 0,0185$ выз/с), а величины времен обслуживания вызовов подчиняются экспоненциальному закону распределения со средним значением τ и работают $K = 10$ операторов.

Сначала, рассмотрим случай, когда длина очереди неограниченна. Необходимо сравнить среднюю длину очереди, рассчитанную по аналитическому выражению, приведенному в главе 2 (2.9), с подобной характеристикой, полученной при компьютерном моделировании. Программно в среде MATLAB задается два генератора случайных чисел, распределения которых подчинены экспоненциальному закону, один для формирования времен между поступлением вызовов, а второй - для времен обслуживания. Каждый генератор создает по 100000 чисел. Изменяя τ ,

оставляя при этом A , и K постоянными, возможно определить величину средней длины очереди при различных коэффициентах загрузки операторов ρ .

Результаты аналитических расчетов q_a и компьютерного моделирования q_M при данных предположениях представлены в таблице. 3.1.

$q_{\text{реал}}$ - это значение средней длины очереди, полученное при компьютерном моделировании, в котором промежутки между поступлениями вызовов - статистика поступления вызовов в реальный информационно справочные службы.

Т а б л и ц а - 3.1. Результаты аналитических расчетов и компьютерного моделирования средней длины очереди

\bar{r}, c	216	270	324	378	405	432	486
ρ	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,9
$\bar{q}_a, \text{выз.}$	0,0060	0,0386	0,1427	0,5558	0,8881	1,6542	5,6069
$\bar{q}_M, \text{выз.}$	0,0058	0,0386	0,1545	0,5445	0,9250	1,5837	5,4666
$\bar{q}_{\text{реал}}, \text{выз.}$	0,0439	0,1656	0,4653	0,9733	1,3975	1,9742	4,580

Рисунок. 3.11 графическое представление результатов аналитических расчетов и компьютерного моделирования средней длины очереди. 103

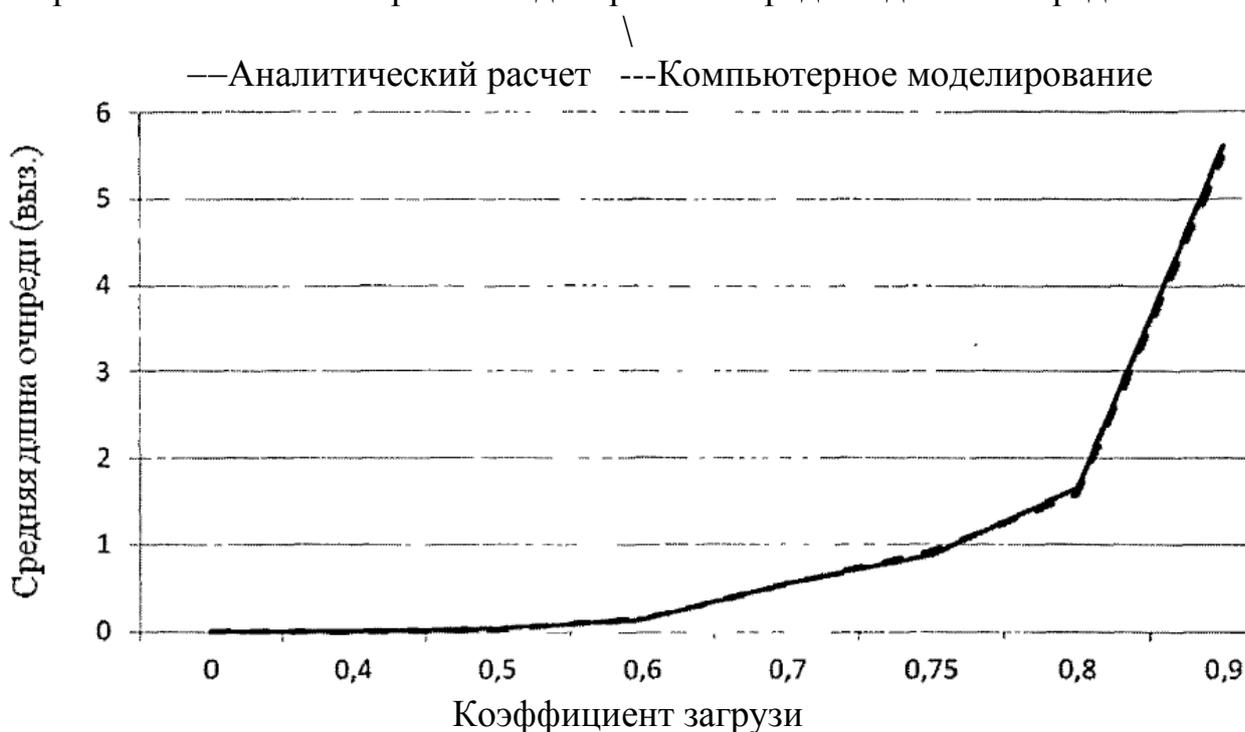


Рисунок 3.11. Результаты аналитических расчетов и компьютерного моделирования средней длины очереди

Совпадение графиков, дает возможность, сделать вывод о том, что компьютерная модель работы операторов информационно справочные службы адекватна аналитическим расчетам для случая неограниченной очереди и дальнейшее ее применение для исследования возможно.

На рисунок. 3.12 представлены значения средней длины очереди, полученные при аналитических расчетах и при компьютерном моделировании, в котором промежутки между поступлениями вызовов - статистика поступления вызовов в реальный информационно справочные службы.

Анализ расхождения аналитического расчета и реальных данных значений средней длины очереди позволяет сделать вывод, что применение компьютерного моделирования необходимо, т.к. аналитический расчет дает лишь приближенные данные о реальной работе информационно справочных служб. 104

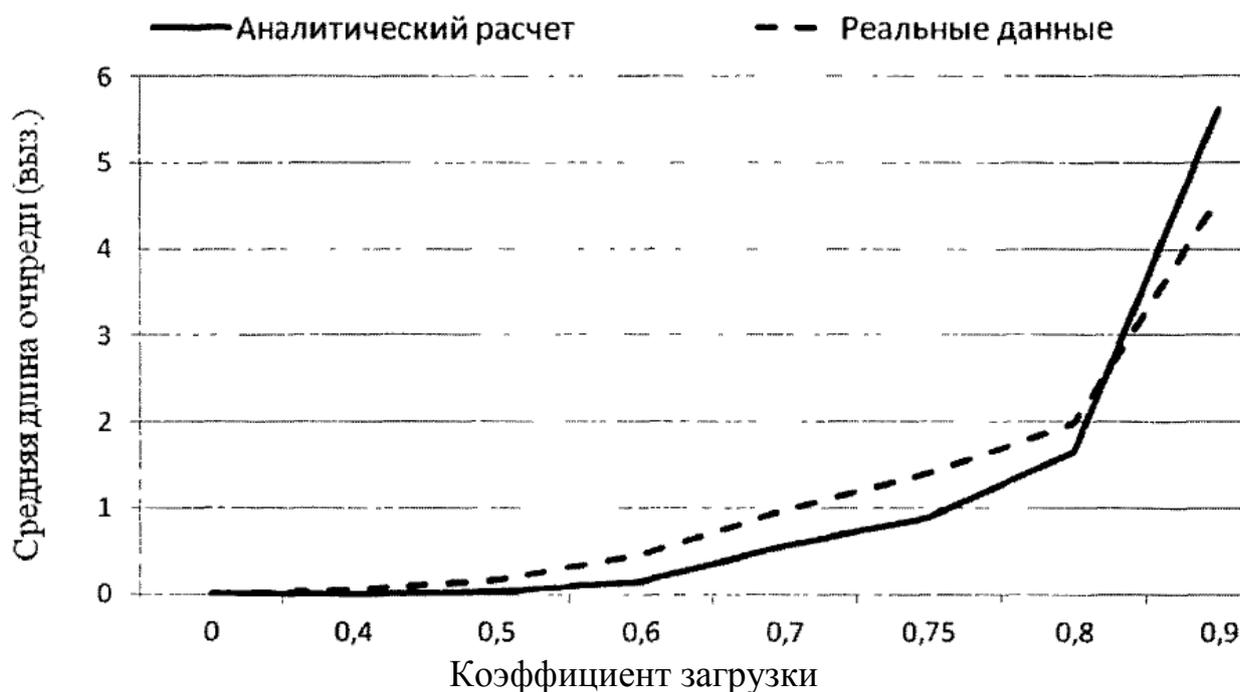


Рисунок. 3.12. Результаты сравнения значений средней длины очереди при различных методах расчета

Выполним аналогичную проверку для случая ограниченной очереди, значения γ оставляем прежними. В компьютерной модели установим ограничение очереди $qm_{\text{№}} = 5$, а аналитические формулы будем использовать (2.10-2.12).

В таблице. 3.2 приведены результаты вероятности отказа обслуживания вызовов, полученные при аналитических вычислениях и путем компьютерного моделирования соответственно $p_a^{\text{отк}}$ и $p_m^{\text{отк}}$ а также $p_{\text{реал}}^{\text{отк}}$ - вероятность отказа, где исходными данными для входного потока являются реальные данные информационно справочных служб.

Т а б л и ц а 3.2. Результаты аналитических расчетов и компьютерного моделирования средней длины очереди и вероятности отказа в обслуживании

\bar{r}, c	216	270	324	378	405	432	486
ρ	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,9
$\bar{q}_a, \text{ВЫЗ.}$	0,0055	0,0322	0,1192	0,3103	0,4404	0,6365	1,0629
$\bar{q}_m, \text{ВЫЗ.}$	0,0047	0,0323	0,1134	0,3057	0,4311	0,6361	1,0787
$\bar{q}_{\text{реал}}, \text{ВЫЗ}$	0,0407	0,1405	0,3108	0,5208	0,6275	0,7704	1,0169
$p_a^{\text{отк}}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	0,0032	0,0116	0,0185	0,0303	0,0609
$p_m^{\text{отк}}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	0,00318	0,0111	0,0181	0,0311	0,0596
$p_{\text{реал}}^{\text{отк}}$	0,0008	0,0059	0,022	0,048	0,066	0,087	0,123

На основе таблице . 3.2 построены графики средней длины очереди (см. рис. 3.13 - 3.14) и вероятности отказов (см. рис. 3.15 - 3.16) для случая ограниченной очереди.

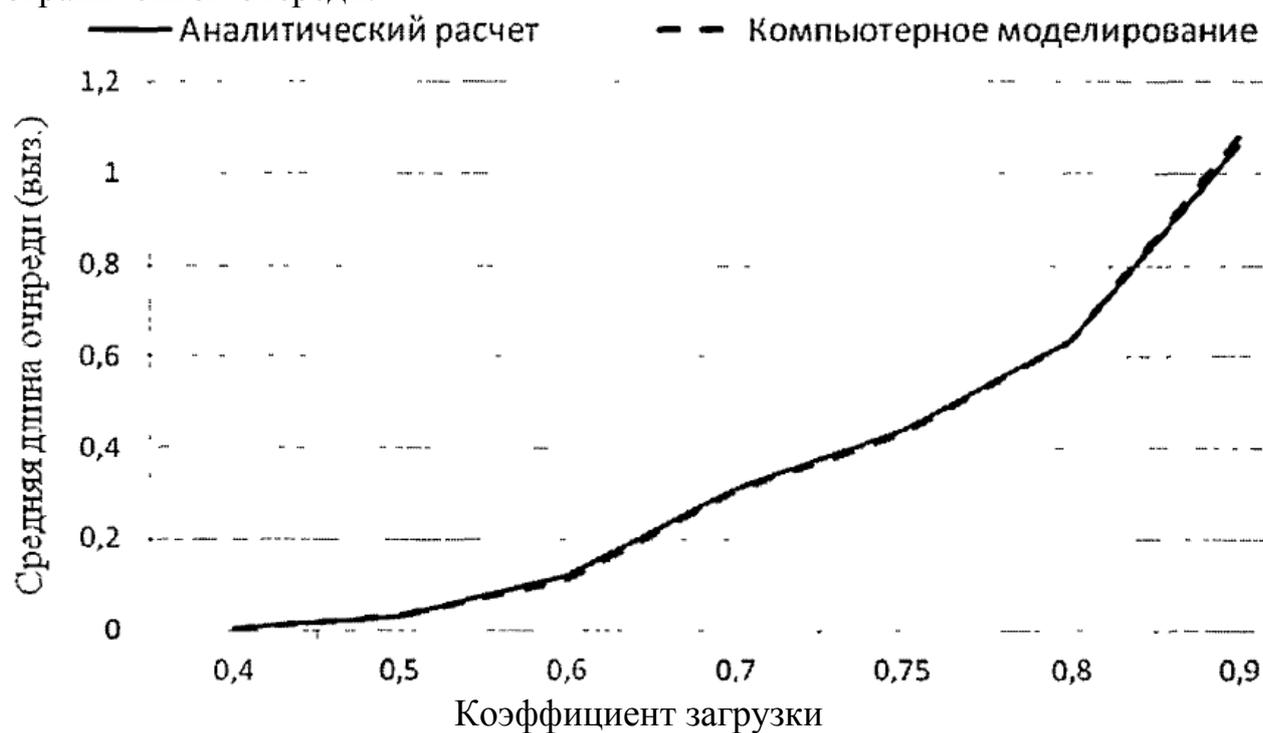


Рисунок. 3.13 .- Результаты аналитических расчетов и компьютерного моделирования средней длины очереди для системы с ограниченной очередью

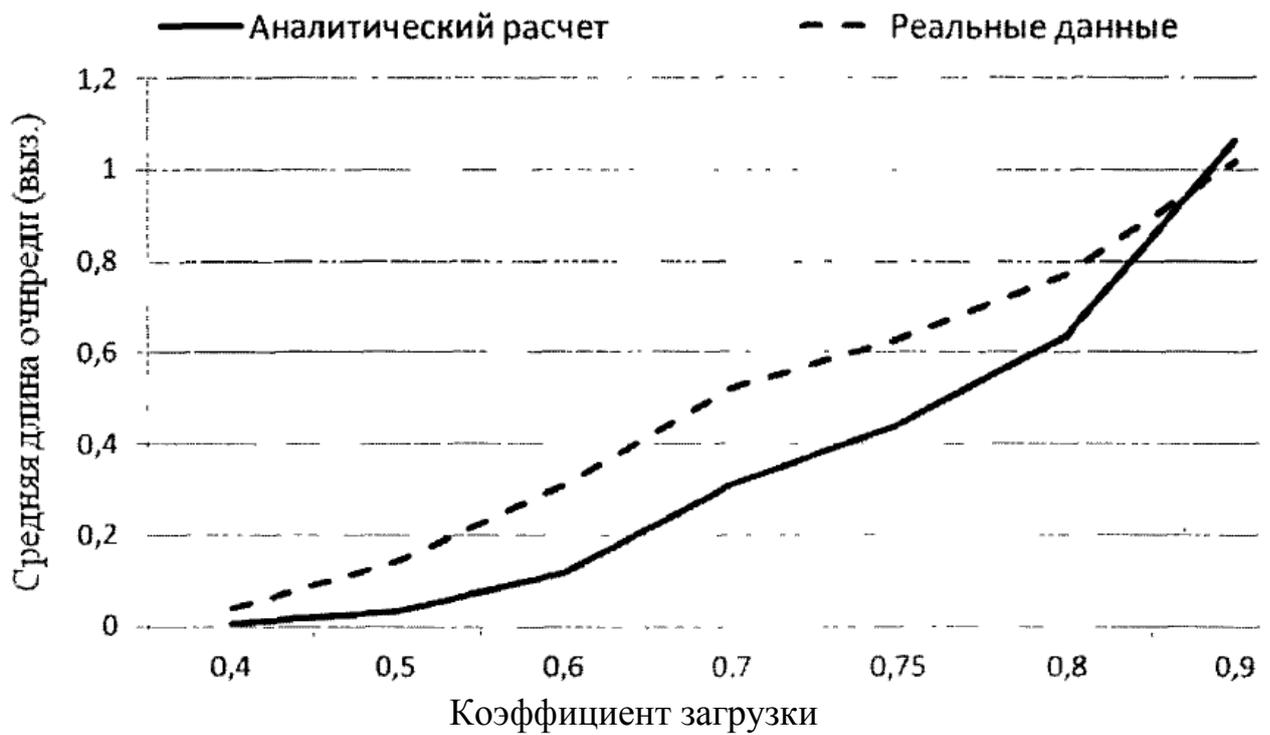


Рисунок. 3.14 - Результаты аналитических расчетов и реальных данных средней длины очереди для системы с ограниченной очередью

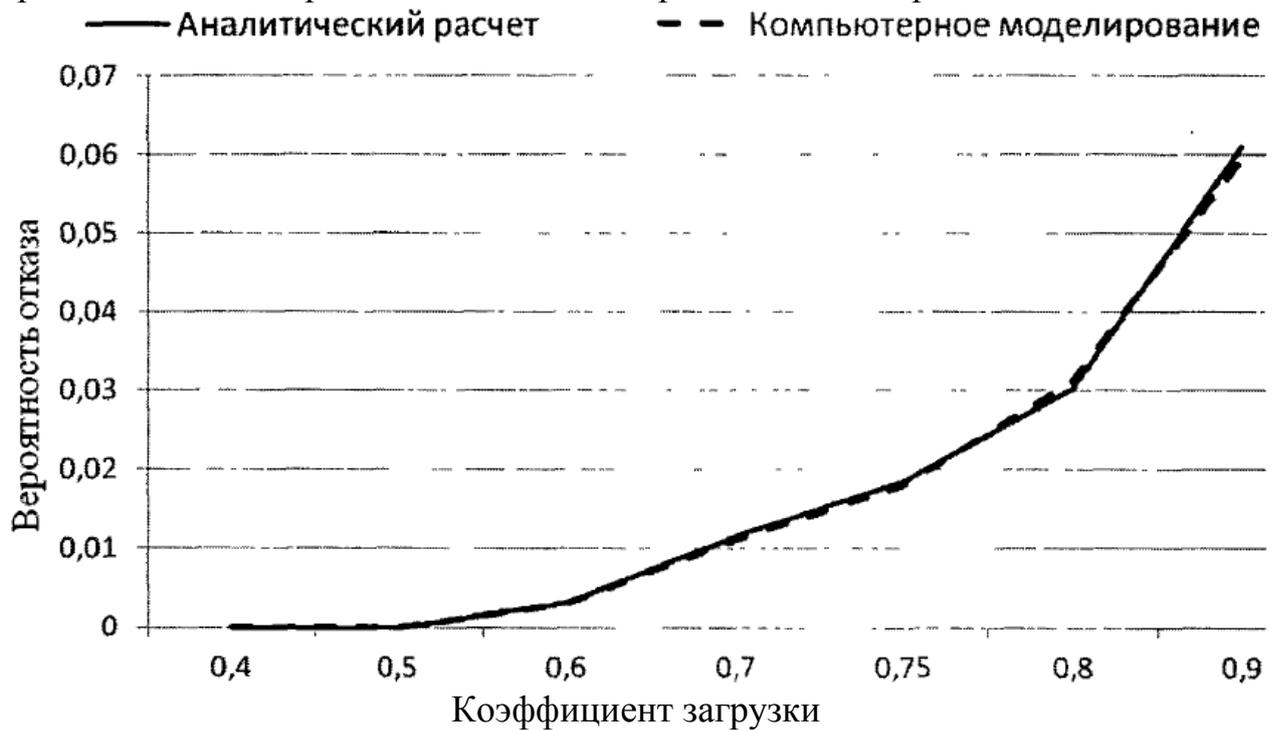


Рисунок 3.15 - Результаты аналитических расчетов и компьютерного моделирования вероятности отказа для системы с ограниченной очередью

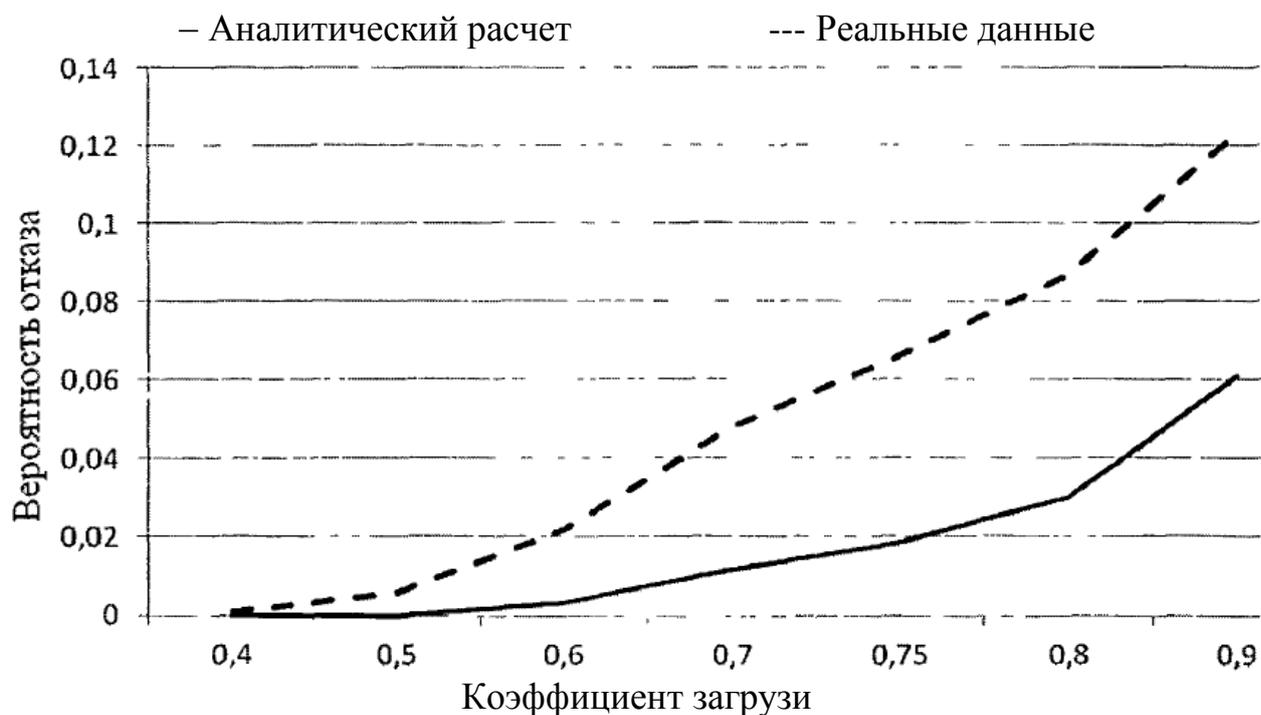


Рисунок. 3.16 - Результаты аналитических расчетов и реальных данных вероятности отказа для системы с ограниченной очередью

Рисунок. 3.13 и 3.15 также подтверждают адекватность составленной компьютерной модели, а рис. 3.14 и 3.16 - необходимость использования ее для исследования характеристик работы оператора.

3.2.2 Планирование эксперимента

Основная задача планирования эксперимента заключается в контроле достоверности (точности) результатов моделирования.

В практике компьютерного моделирования систем сложились два основных способа осуществления эксперимента, называемые соответственно параллельным экспериментом и последовательным экспериментом [27, 29]. Параллельный эксперимент - это «классический» эксперимент, в котором процесс воспроизводится многократно, и каждая реализация процесса (реплика) является статистически независимой от других реплик. Параллельный эксперимент осуществляется путем многократного прогона имитационной модели при одних и тех же начальных условиях.

Наблюдаемая случайная величина в силу действия случайных факторов в каждом прогоне изменяется по-разному. Ее зависимость от времени на протяжении одного прогона и представляет собой одну реплику.

Последовательный эксперимент применяется в случае моделирования эргодических процессов и основан на том, что среднее значение эргодического процесса, найденное «по времени», равно среднему, найденному «по множеству». То есть, если количество реализаций

достаточно велико, то, в силу закона больших чисел, получаемые оценки становятся устойчивыми и могут служить приближенными значениями искомых случайных величин. В данной работе контроль точности результатов моделирования осуществляется за счет применения последовательного эксперимента.

Таким образом, можно сделать вывод, что составленная компьютерная модель функционирования информационно справочные службы полностью подходит для оценки качества работы операторов, прогнозирования показателей качества контакт-центра на долгосрочную перспективу и исследований подобного рода.

4 Оценка эффективности применения предложенного алгоритма

В данной главе представлены результаты экспериментов с алгоритмами интеллектуального управления и оценки качества работы операторов, подтверждающие целесообразность и эффективность применения предложенных алгоритмов на практике.

Блок-схема для проведения экспериментов с алгоритмами интеллектуального управления входящими вызовами и оценки качества работы операторов представлена на рис. 4.1. Данная схема соответствует компьютерной модели, рассмотренной в 3-ей главе, и предусматривает обслуживание по «особому» сценарию двух классов обращений от клиентов.

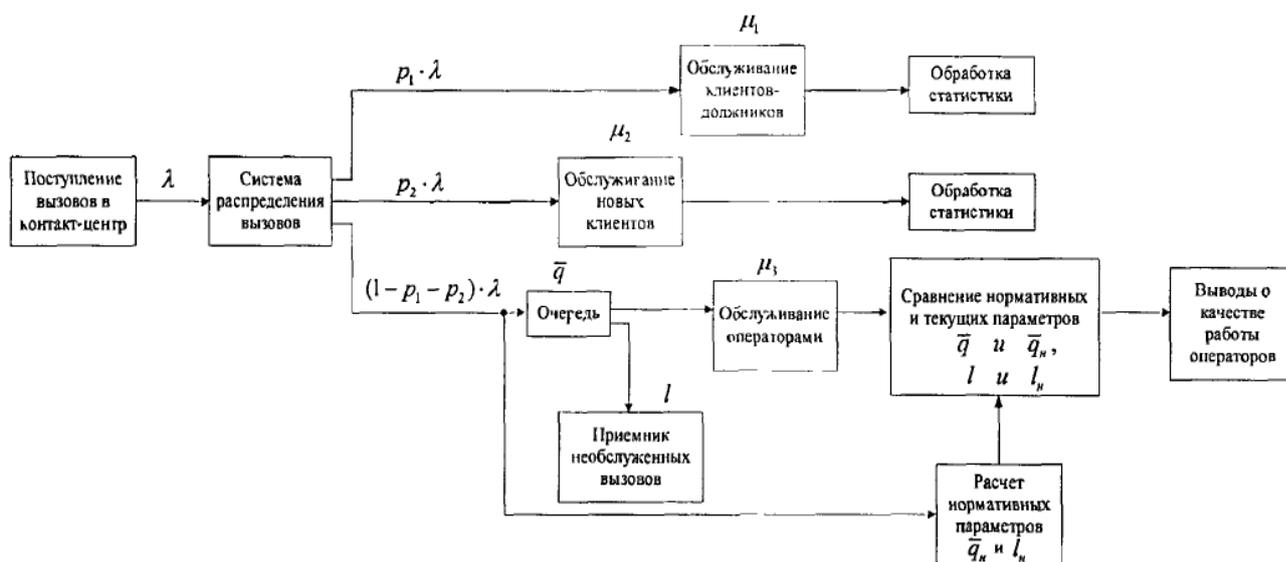


Рисунок. 4. 1 - Блок - схема экспериментов с предложенными алгоритмами

На рисунке. 4.1 обозначены интенсивность поступления телефонных вызовов в информационно справочные службы λ , вероятности распределения

вызовов по виду обслуживания p_1 , p_2 и интенсивности обслуживания для каждого класса обращений $\mu_1/\mu_2/\mu_3$,

Параметрами p_1 и p_2 (, как было отмечено ранее в п. 2.5, обозначаются текущие/нормативные значения средней длины очереди и количество не дождавшихся обслуживания клиентов, соответственно. Под нормативными значениями подразумеваются такие значения параметров q и l , которые рассчитываются при реальной поступающей нагрузке с учетом того, что время обслуживания каждого вызова оператором не превышает значения, установленного руководством.

При проведении первого эксперимента с алгоритмом интеллектуального управления входящими вызовами проводилась оценка влияния изменения параметров p_1 и p_2 —вероятностей поступления вызовов от клиентов-должников и новых клиентов, на количество обслуженных вызовов, коэффициент загрузки операторов и т.п.

В рамках второго эксперимента сравнивались основные характеристики функционирования информационно справочные службы в условиях наличия и отсутствия алгоритма интеллектуального управления.

Эксперимент с алгоритмом оценки качества работы операторов проводился с целью подтверждения возможности реализации и эффективности применения его при мониторинге качества обслуживания. Исследования проводились для двух режимов загрузки операторов, когда $\beta/K < 0,7$ и $\beta/K > 0,7$.

Рассмотрим подробнее указанные эксперименты и полученные результаты.

4.1 Алгоритм интеллектуального управления входящими вызовами

В данном разделе, представлено исследование влияния вероятностей поступления обращений от клиентов-должников p_1 и новых клиентов p_2 на такие показатели функционирования информационно справочные службы как общее количество обслуженных вызовов, количество вызовов обслуженных автоматически, коэффициент загрузки операторов, а также число не дождавшихся обслуживания клиентов. [18.21]

Эксперимент ставился при следующих условиях: в информационно справочные службы поступал пуассоновский поток вызовов с интенсивностью $\lambda=0,081$ выз./с, что соответствует среднему за сутки значению интенсивности поступления вызовов в реальный информационно справочные службы. Время моделирования устанавливалось $T = 86400$ с, число операторов $K = 18$.

Значения времен терпеливости, обслуживания вызовов по каждому классу обращений выбирались постоянными и равными средним значениям, полученным в результате анализа работы реального информационно справочные службы с двумя классами обращений. Таким образом, время, которое клиент готов ожидать обслуживания в очереди - $w = 240$ с, времена

обслуживания обращений от клиентов-должников - $\tau_1 = \tau_2 = 40$ с, от новых клиентов - $\tau_2 = \tau_2 = 200$ с, по «стандартному» сценарию – $\tau_3 = \tau_3 = 240$ с.

При проведении эксперимента изменялся параметр $p = p_1 + p_2$ - вероятность поступления вызовов на обслуживание по «особому» сценарию, в пределах от 0 до 0,3 с шагом 0,05. Результаты эксперимента представлены в таблица. 4.1 и на рисунок. 4.3 - 4.5.

Т а б л и ц а 4.1. Результаты эксперимента

p	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Количество поступивших вызовов, выз.	7006	7006	7006	7006	7006	7006	7006
Общее количество обслуженных вызовов, выз.	6492	6430	6258	5938	5607	5250	4970
Количество обслуженных по «особому сценарию», выз.	0	356	667	1047	1392	1756	2036
Количество ушедших клиентов, выз.	514	220	81	21	7	0	0
Коэффициент загрузки одного оператора	0,9981	0,9892	0,9589	0,9143	0,8657	0,8132	0,7567

Рисунок. 4.3 представлена зависимость количества обслуженных вызовов от вероятности p .

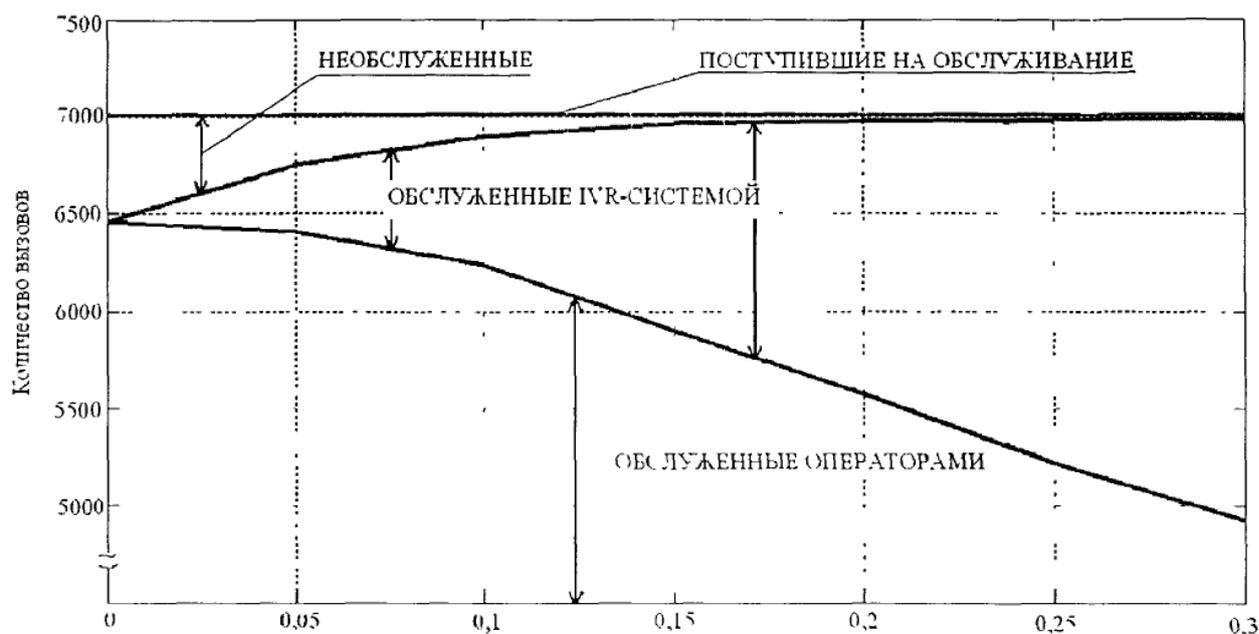


Рисунок. 4.3. Влияние вероятности p на количество обслуженных вызовов

Интервалу $p = [0;0,25)$ характерно присутствие не обслуженных вызовов.

В условиях данного эксперимента, не обслуженными вызовами считались только те вызовы, которые находились в очереди больше заданного времени $w = 240$ с. С увеличением вероятности поступления вызовов от клиентов- должников и новых клиентов разница между количеством поступивших и общим числом обслуженных вызовов, т.е. число не обслуженных вызовов, уменьшается. И при значении $p = 0,25$ количество поступивших вызовов будет равняться числу обслуженных вызовов.

В случае, когда $p = 1$, количество вызовов обслуженных операторами будет равно 0, а все вызовы обслужились автоматически IVR-системой. 114

На рисунке. 4.4 представлена зависимость коэффициента загрузки каждого оператора $\rho = y$, от вероятности p , при применении алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами.

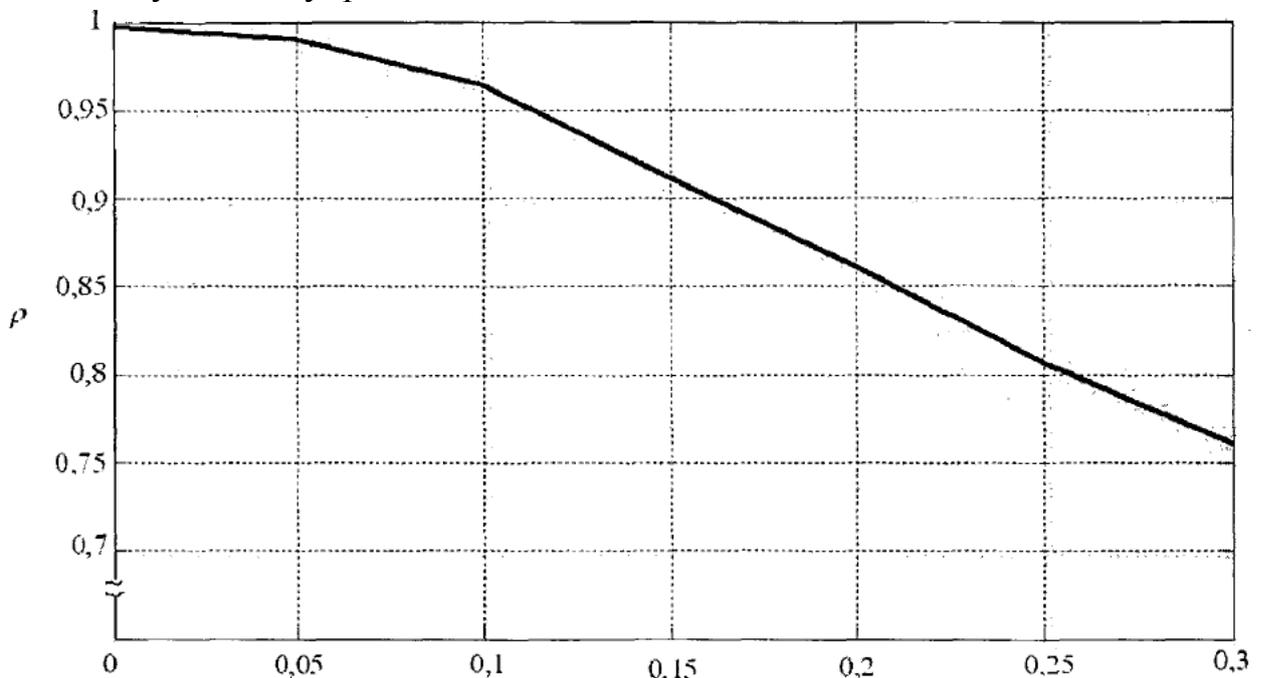
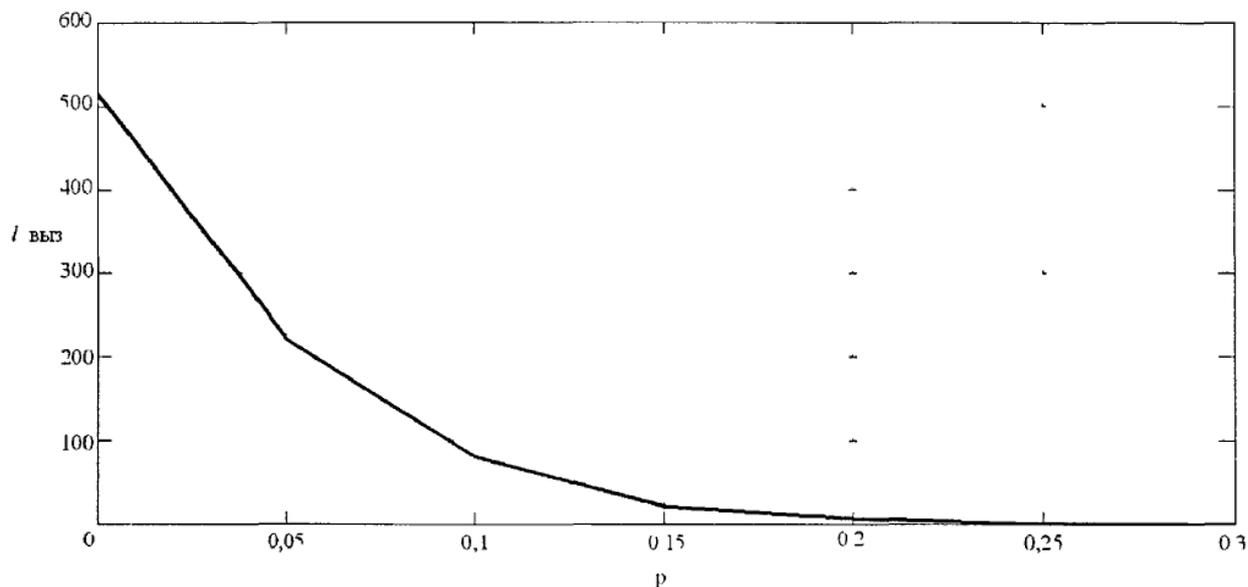


Рисунок. 4.4. Влияние разработанного алгоритма на коэффициент загрузки каждого оператора

Из рисунка. 4.4 видно, что с увеличением вероятности p коэффициент загрузки операторов снижается. На интервале $p = [0;0,15]$ уменьшение происходит в пределах $(0,99;0,91)$, но, на практике, операторы в работе такое снижение не замечают. Хотя, когда $p > 0,15$, снижение коэффициента загрузки операторов происходит интенсивнее. Это объясняется тем, что с увеличением числа вызовов, обслуживаемых по «особому» сценарию, или, что, тоже самое, вероятности p , количество вызовов, поступающих на обслуживание к операторам, становится меньше, а, значит, число клиентов, не дождавшихся обслуживания, также уменьшается (см. рисунок.4.5). [15]

Но, не смотря на этот факт, менеджеры информационно справочные службы полагаю, что при применении алгоритма интеллектуального управления, коэффициент загрузки операторов остается стабильным.

На рис. 4.5 представлена зависимость количества ушедших клиентов L от вероятности поступления обращений от должников и новых клиентов.



Рисунке. 4.5. Зависимость количества ушедших клиентов L от вероятности p

Очевидно, что даже небольшое увеличение значений p в интервале от 0 до 0,2 приводит к значительным снижениям L . Так, например, если вероятность со значения 0,05 увеличилась на 0,05%, т.е. стала $p=0,1$, то число ушедших клиентов уменьшилось почти в 3 раза. При значениях $p > 0,2$, число нетерпеливых клиентов не изменяется и равно 0.

В рамках следующего эксперимента, с учетом различной интенсивности поступающей нагрузки X , оценивалось влияние применения предложенного алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами на ключевые показатели эффективности функционирования информационно справочных служб.

Постановка эксперимента осуществлялась при соблюдении следующих условий: входной поток - пуассоновский, количество операторов $K = 16$, времена обслуживания обращений по «особому» сценарию, время 116 терпеливости клиентов и время моделирования остаются прежними, как в предыдущем эксперименте. Распределение времен обслуживания вызовов операторами подчиняется экспоненциальному закону распределения, со средним $t_3 = 240$ с. На основании анализа статистики реального контакт-центра, вероятности поступления обращений от клиентов-должников p_1 и новых клиентов p_2 выбирались 0,12 и 0,06, соответственно. Поэтому, вероятность обслуживания вызовов по «особому» сценарию равна $p=0,18$.

При изменении интенсивности входного потока λ в пределах от 0,057 до 0,077 выз./с, сравнивались с учетом и без учета применения алгоритма, следующие характеристики информационно справочные службы:

- среднее время ожидания вызова в очереди;
- средняя длина очереди;
- общее число обслуженных вызовов;
- коэффициент загрузки операторов;
- количество нетерпеливых клиентов.

В таблице. 4.2. приведены результаты среднего времени пребывания вызовов в очереди без применения И 0 ($p = 0$) и с применением / ($p = 0,18$) алгоритма интеллектуального управления.

Т а б л и ц а - 4.2. Среднее время ожидания вызовов в очереди с учетом и без учета алгоритма интеллектуального управления

λ , ВЫЗ./с	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,074	0,077
$\bar{t}_{q,a}$, с	3,66	4,55	5,99	8,04	11,46	17,40	24,85	35,08	47,47	66,09
$\bar{t}_{q,0}$, с	22,7	29,64	38,46	52,01	71,17	95,43	126,35	157,32	180,13	196,30

На рисунке. 4.6 представлена зависимость среднего времени пребывания вызовов в очереди t от интенсивности входящей нагрузки информационно справочные службы "к, для различных вероятностей поступления обращений на обслуживание по 117 «особому» сценарию. Здесь и далее, значение вероятности $p = 0$ соответствует случаю, когда алгоритм интеллектуального управления не применяется.

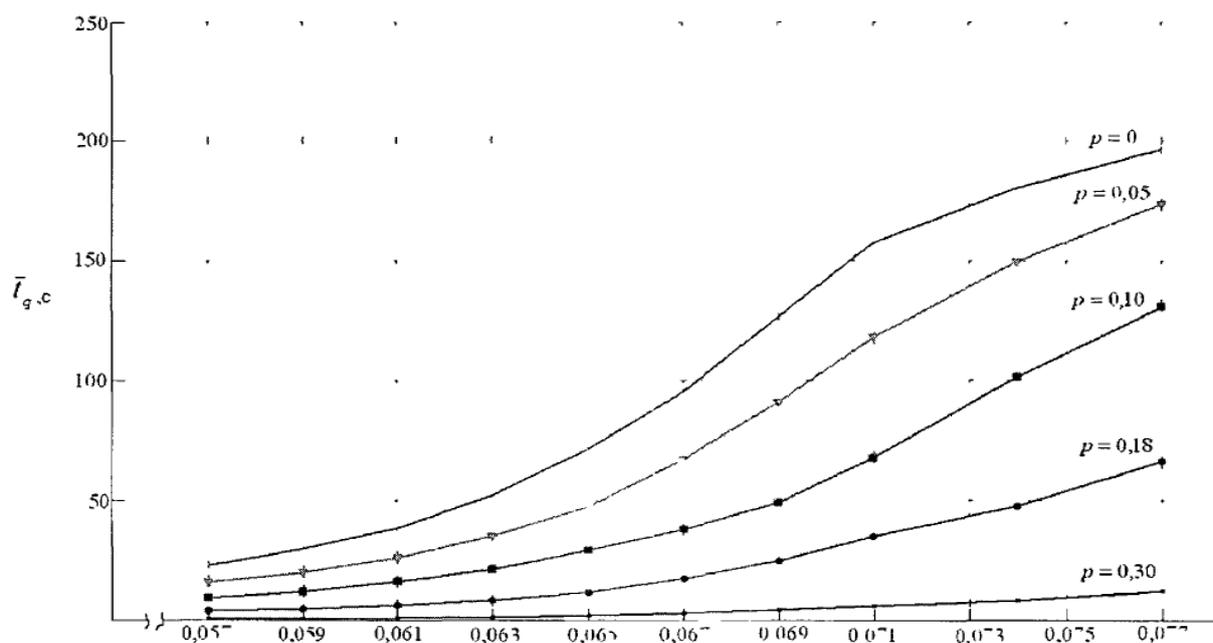


Рисунок. 4.6 - Среднее время ожидания обслуживания для различных p

В таблице. 4.3. приведены результаты средней длины очереди без применения qQ ($p = 0$) и с применением q_a ($p = 0,08$) алгоритма интеллектуального управления.

Таблица 4.3. Средняя длина очереди с учетом и без учета алгоритма интеллектуального управления

λ , выз./с	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,074	0,077
\bar{q}_a , выз.	0,17	0,22	0,30	0,41	0,61	0,96	1,43	2,08	2,92	4,25
\bar{q}_0 , выз.	1,30	1,74	2,33	3,24	4,60	6,36	8,74	11,25	13,34	15,12

На рисунке. 4.7 представлена зависимость средней длины очереди q от интенсивности поступления вызовов с учетом различных вероятностей p . 118

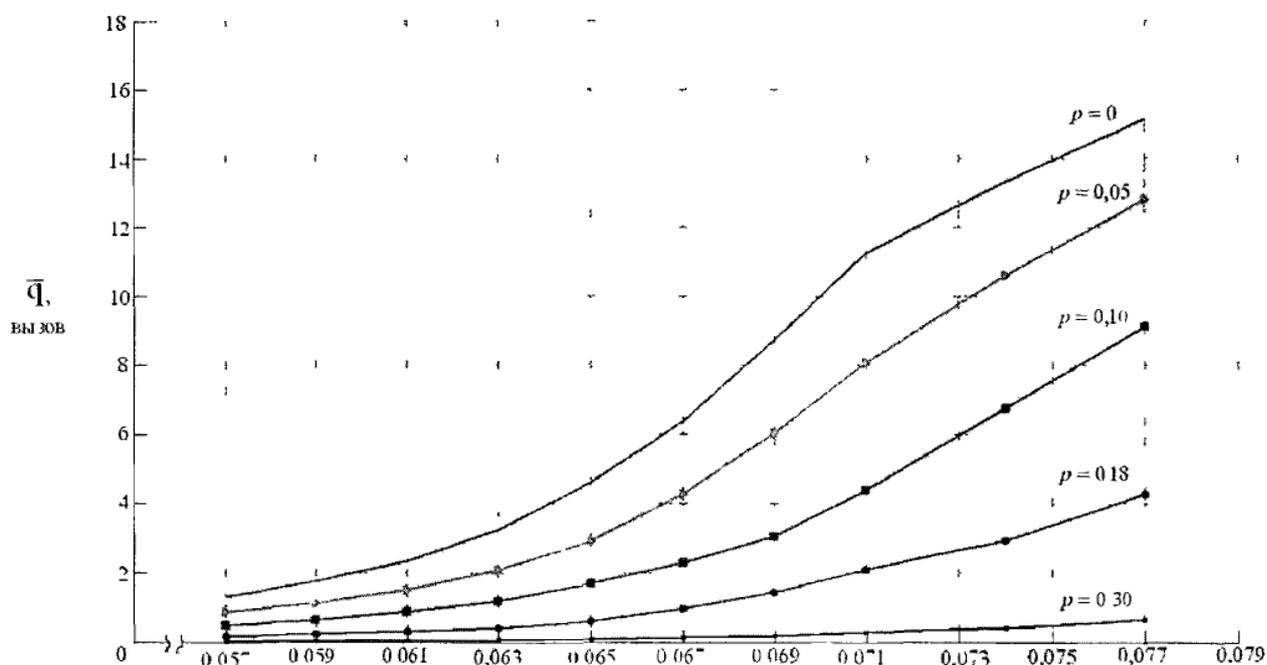


Рисунок. 4.7 - Средняя длина очереди для различных p

На основании анализа рис. 4.6 - 4.7, очевидно, что, чем больше интенсивность поступления вызовов A , тем больше преимущество от применения алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами. Действительно, если значения $A < 0,55$ выз./с, то разница между значениями L , при разных p , меньше, чем, например, при значении $X_s = 0,75$ выз./с, это справедливо и для значений q .

В таблице. 4.4 представлены результаты общего количества обслуженных вызовов N_0/N_a , коэффициента загрузки операторов ρ_0/ρ_a и количества нетерпеливых клиентов p_0/ρ_a без применения алгоритма

интеллектуального управления, а также с применением алгоритма при значении $p = 0,18$, соответственно. [5]

Т а б л и ц а - 4.4 Результаты характеристик, с учетом и без учета применения алгоритма интеллектуального управления

λ , ВЫЗ./с	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,074	0,077
N_a , ВЫЗ.	4932	5066	5214	5382	5554	5744	5944	6150	6361	6562
N , ВЫЗ.	4917	5049	5178	5336	5466	5588	5689	5727	5745	5745
ρ_a	0,706	0,726	0,749	0,773	0,799	0,826	0,856	0,885	0,914	0,944
ρ	0,855	0,877	0,900	0,927	0,950	0,971	0,989	0,996	0,999	0,999
l_a , ВЫЗ.	0	0	0	0	0	0	3	14	33	65
l , ВЫЗ.	8	15	28	44	79	151	246	428	633	882

На рисунке. 4.8 - 4.10 представлены зависимости общего числа обслуженных вызовов N , коэффициента загрузки операторов ρ и количества нетерпеливых клиентов / соответственно, от интенсивности поступления вызовов λ , в информационно справочные службы для разных значений p .

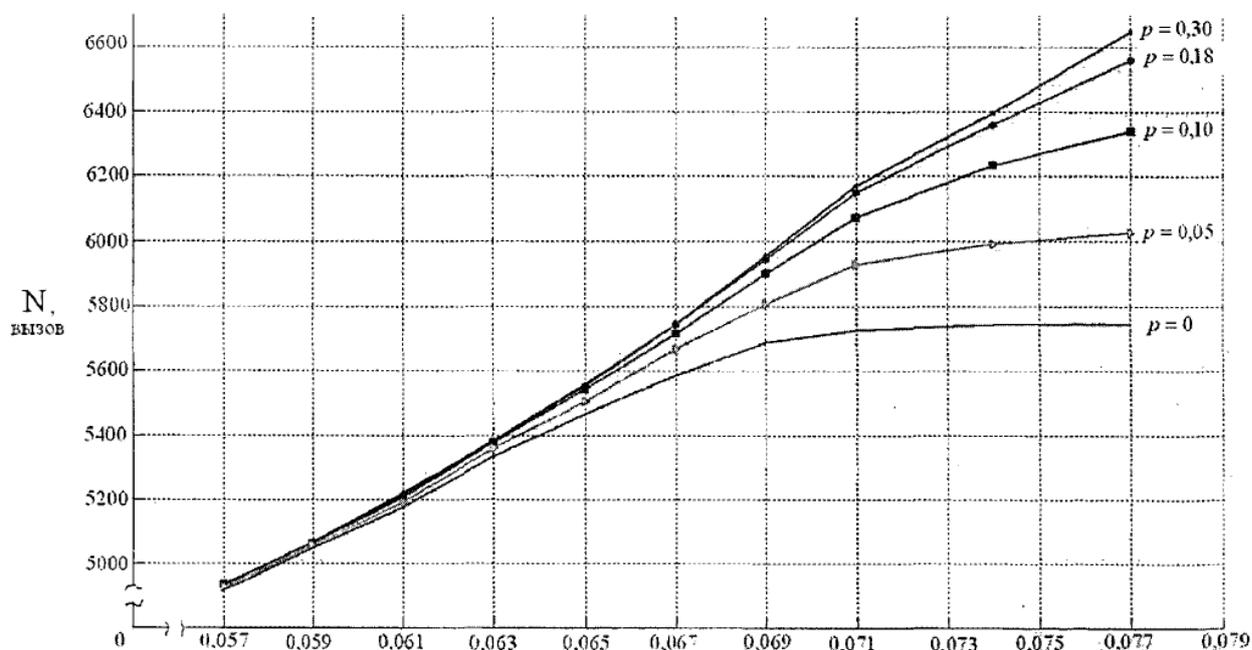


Рисунок. 4.1 - . Количество нетерпеливых клиентов для разных значений p [21]

Результаты эксперимента при различных p (рис. 4.6 - 4.10) доказывают, что, чем больше вероятность поступления обращений для обслуживания по «особому» сценарию, тем лучше значения таких показателей как t , q , N , ρ

Таким образом, применение алгоритма интеллектуального управления

входящими вызовами положительно отражается на ключевых показателях эффективности функционирования информационно справочные службы.

Проанализируем результаты применения алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами в реальном информационно справочные службы.

4.2 Результаты внедрения алгоритма интеллектуального управления вызовами

На рисунке. 4.11 представлена статистика обслуживания вызовов в информационно справочные службы в течение 4 месяцев.

Число обслуженных обращений Обращения обслуженные по стандартному сценарию.

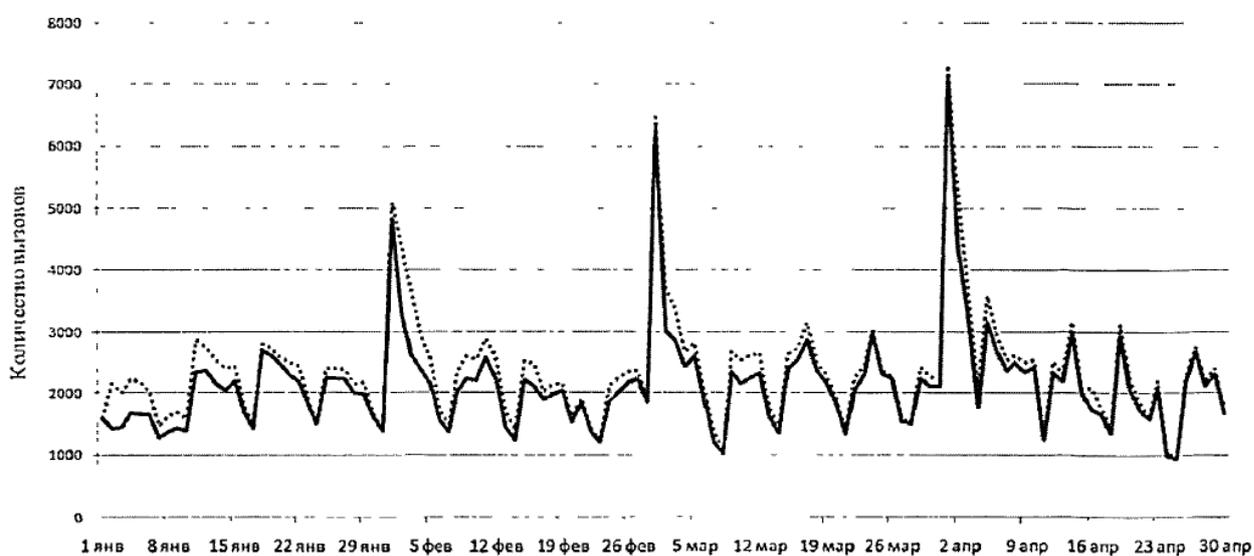


Рисунок. 4.11. Количество обслуженных обращений [22]

Разница между значениями общего числа обслуженных и обслуженных по стандартному сценарию вызовов - это количество обращений обслуженных автоматически IVR-системой.

На рисунке. 4.12. представлена статистика поступления обращений от новых клиентов и клиентов-должников.

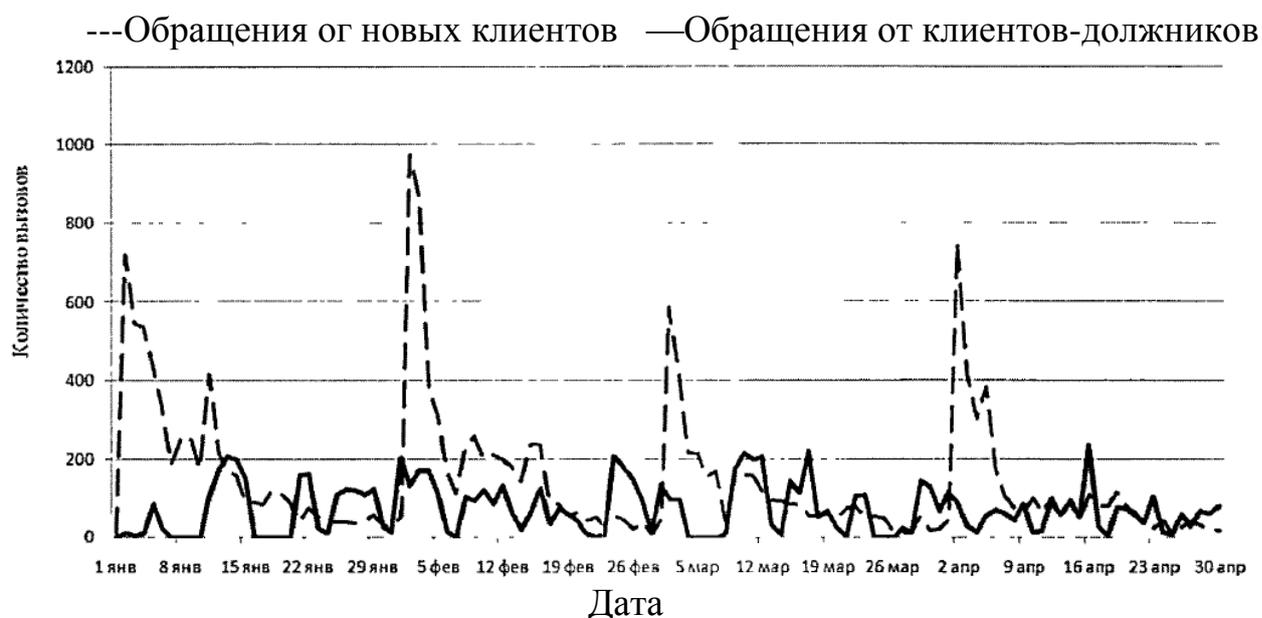


Рисунок. 4.12 - Количество вызовов поступивших на обслуживание по «особому» сценарию

Из графиков, представленных на рисунке 4.12 видно, что изменение количества вызовов от новых клиентов в течение месяца не имеет резких всплесков, по-видимому, это связано с тем, что в течение рассматриваемого периода, ввод новых тарифов и видов услуг не происходил. В то время как, количества обращений от клиентов-должников, значительно, возрастает в первых числах месяца, а к концу месяца спадает. Объясняется такая тенденция тем, что в начале месяца происходит автоматическое отключение клиентов, имеющих долг по оплате услуги, и возникает большой поток обращений в справочную службу, связанных с вопросами о причине недоступности услуги. [23]

Количество вызовов, обслуженных в общем и по «особому» сценарию, представлено на рисунке. 4.13.

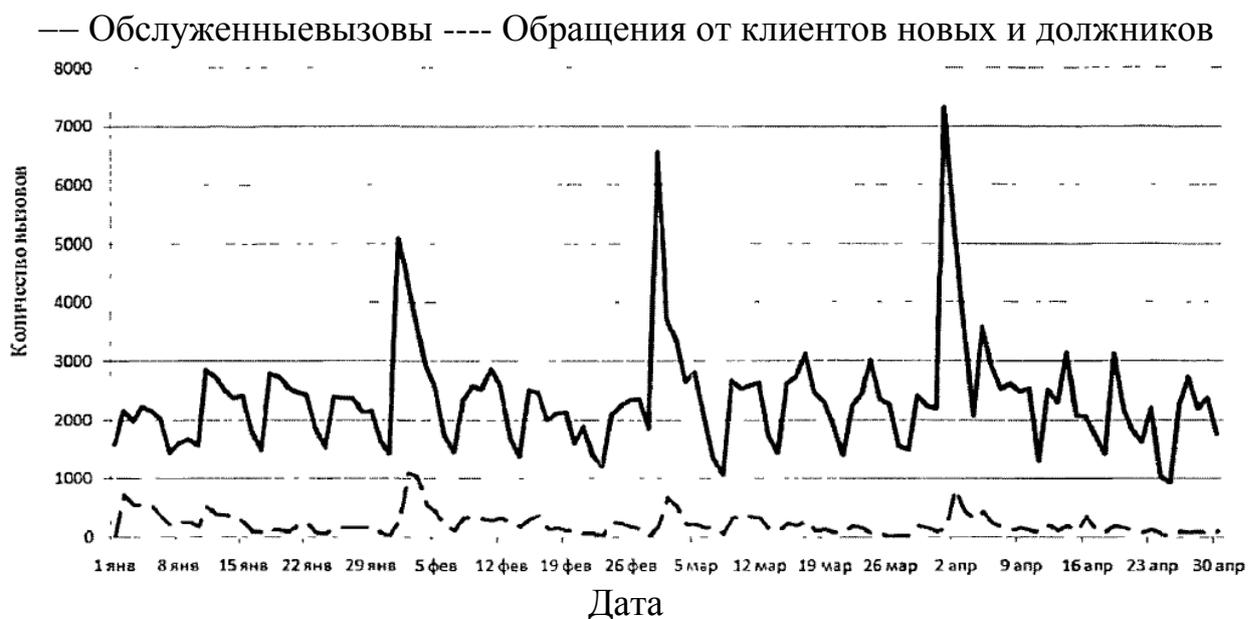


Рисунок. 4.1 - Количество вызовов обслуженных в целом и по «особому» сценарию

Рисунок. 4.13 подтверждает эффективность применения алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами в первых числах месяца. Наличие «особого» сценария обслуживания позволяет сгладить пики обращений от клиентов, возникающие в начале месяца. Экономический эффект применения данного алгоритма, заключается в том, что увеличение числа операторов, работающих на линии, в периоды массовых обращений, не требуется, при этом ключевые показатели эффективности функционирования информационно справочные службы остаются стабильными.

Таким образом, применение алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами позволяет увеличить количество обслуженных вызовов, при стабильной загруженности операторов, долю вызовов обслуженных IVR-системой, а также автоматизировать процесс информирования абонента о возникшей задолженности. [24]

4.3 Применение алгоритма оценки качества работы операторов

Реализацию данного алгоритма возможно выполнить двумя способами: на основе компьютерной модели, рассмотренной в главе 3, и на основе выражений (2.15) и (2.19).

Для эксперимента с использованием формул (2.15) и (2.19) были создан программный код в среде Matlab (приложение А) и взяты статистические данные поступления и обслуживания вызовов в «Службу технической поддержки пользователей услугой Интернет» за одни сутки (4 августа 2013 года).

Рассматривалась работа группы операторов, состоящей из $K = 10$ человек, на отрезке времени $\Gamma = 9$ часов. Нормативное время обслуживания

каждого вызова одним оператором не должно превышать $t_i = 3$ минуты (рекомендация руководящего документа). За выбранный период времени с 9:00 до 18:00 поступило $M = 1184$ вызова, обслужено было 1107 вызовов и 87 вызовов покинули очередь, не дождавшись обслуживания. Реальное среднее время обслуживания каждого вызова $\bar{t}_3 = 4,5$ минуты, т.е. в среднем, за девять часов работы операторов, каждый вызов обслуживался на 1,5 минуты дольше предусмотренной нормы. Максимальное значение длины очереди определялось по формуле (2.14), для рассматриваемого случая $q_{\max} = 6$ вызовов. Весь рассматриваемый интервал времени $T = 9$ часов делился на равные промежутки $\Delta t = t_i = 3$ минуты, следующие один за другим, общее число которых $\gamma = \gamma_d = 180$. Затем, на основе реальной статистики времен поступления и обслуживания вызовов, формировались значения числа поступивших $m_i \Delta t$ и ушедших на обслуживание k_m и k_t вызовов на каждом промежутке времени Δt . По формуле (2.15) определялись нормативные значения длины очереди q_m , с учетом того, что обслуживание вызовов на любом промежутке Δt происходило с постоянной интенсивностью $\mu = \mu$, равной нормативной. По (2.19) определялись текущие значения длины очереди $125q_t$. По результатам расчетов были построены значения нормативной q_m и текущей q_t длины очереди с учетом ушедших клиентов в зависимости от времени суток (рисунок. 4.14).

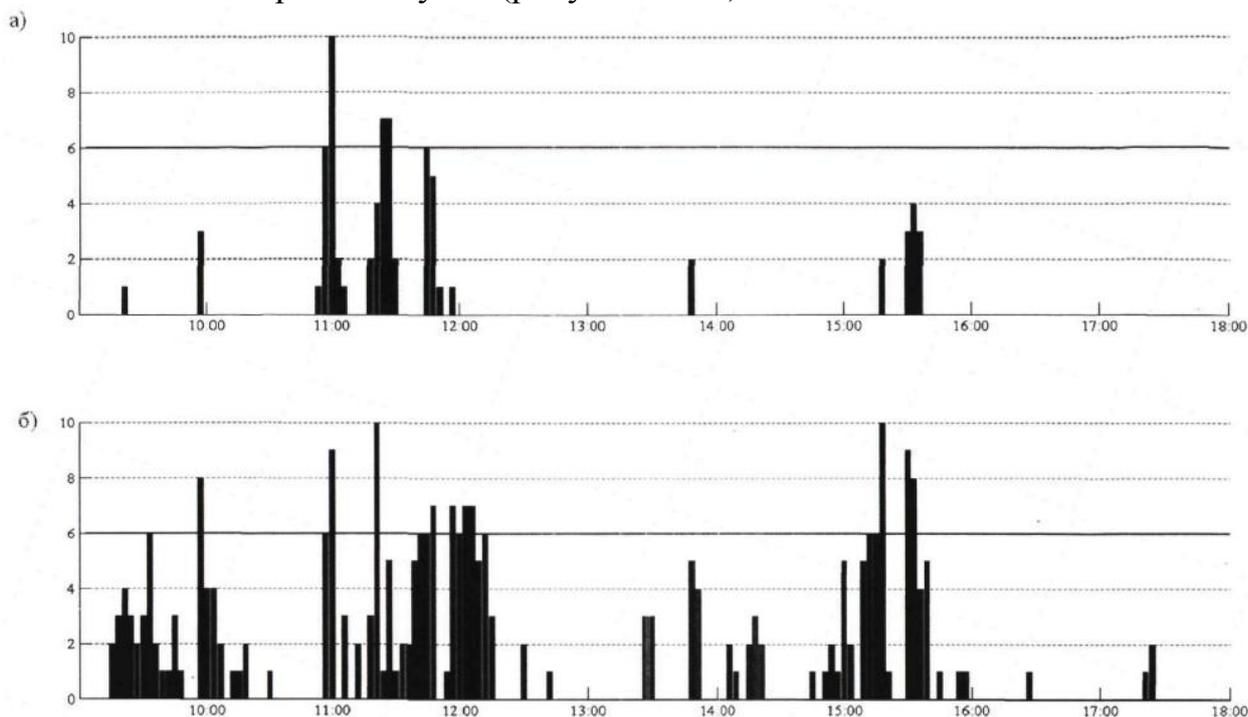


Рисунок. 4.14 - Значения нормативной q_m (а) и текущей q_t (б) длины очереди

На рисунке. 4.14 горизонтальными прямыми показано максимальное значение длины очереди $q_{\max} = 6$ вызовов. Те промежутки времени, в которых значения величин q_m и q_t превышают значение q_{\max} , характеризуются наличием нетерпеливых клиентов.

По этим графикам руководитель отдела или старший оператор могут оценить качество работы группы операторов. Подробный анализ значений длины очереди на каждом отрезке времени Δt позволяет оценить на сколько показатели работы, такие как длина очереди и число нетерпеливых клиентов соответствуют норме. Наблюдение результатов собственной работы в реальном режиме времени позволит операторам стремиться к тому, чтоб, средняя текущая длина очереди $q(T)$ мало отличалась от средней нормативной длины очереди $q_H(T)$ - [26]

При проведении эксперимента с компьютерной моделью для формирования входного потока и времен обслуживания вызовов взята та же самая статистика за 4 августа 2013 г.

В результате применения алгоритма оценки качества работы операторов на основе компьютерной модели получаем графики, по которым можно выполнить сравнение текущих и идеальных значений длины очереди и числа нетерпеливых клиентов. На основе статистики реального поступления и обслуживания вызовов рассчитывались идеальные значения длины очереди и числа нетерпеливых клиентов, их результаты выделены жирной линией на Рисунк. 4.15. Результаты алгоритма оценки качества работы операторов

По графикам видно, что операторы работали с показателями превышающими идеальный уровень работы. В большей части графика линия идеальной работы операторов ниже текущих значений, но, очевидно, что отличие реальных значений от идеальных в разные промежутки времени различны. Анализируя разницу значений можно сделать вывод, о причине несоответствия идеальным показателям.

Используя полученные результаты, старшему оператору необходимо принять решение об увеличении числа операторов на линии или предупредить операторов, что скорость обслуживания ими вызовов, не соответствует рекомендованным параметрам.

Таким образом, по результатам мониторинга качества работы операторов, с помощью алгоритма оценки качества, по двум параметрам, длина очереди и число нетерпеливых клиентов, выполняется анализ работы операторов. Ниже приведена формулировка основных положений алгоритма.

1) Критерием, при анализе качества работы операторов, выступают идеальные значения длины очереди и числа нетерпеливых клиентов на некотором промежутке Δt или их средние значения на всем рассматриваемом промежутке времени T .

2) Устанавливаются пороговые значения разницы текущих и идеальных значений длины очереди и числа нетерпеливых клиентов.

3) В случае, если величина отличия текущих от идеальных значений не превышает пороговое значение, то руководитель отдела или супервайзер информирует операторов о несоответствии качества их работы нормативным показателям.

4) В случае превышения пороговых значений, руководителю следует принять решение об увеличении числа операторов на линии, и назначить ответственных для выявления причины такого несоответствия.

Стоит отметить, что значение нормативного времени обслуживания вызовов, на основе которого определяются идеальные значения длины очереди и числа нетерпеливых клиентов, а также пороговые значения разницы между текущими и идеальными значениями, выбираются каждым информационно справочными службами индивидуально.

Заключение

В данной диссертационной работе достигнута цель по снижению эксплуатационных затрат и повышению эффективности обслуживания клиентов за счет разработки алгоритмов мониторинга, анализа и управления качеством работы операторов информационно справочной службе. Предложенные алгоритмы работают в реальном масштабе времени.

Проведен анализ и выполнена классификация алгоритмов мониторинга и управления качеством работы операторов информационно справочной службы, в результате чего выявлена необходимость разработки алгоритмов, способных работать в реальном времени.

Применен алгоритм интеллектуального управления входящими вызовами, позволяющий увеличить производительность информационно справочной службы. Оценка качества работы операторов, позволяющий руководителям и операторам по двум параметрам в реальном времени контролировать и оценивать показатели работы.

Показано, что с увеличением интенсивности поступления вызовов в информационно справочные службы преимущество от применения алгоритма интеллектуального управления входящими вызовами возрастает.

Это положительно отражается на ключевых показателях эффективности функционирования информационно справочной службы. Предложенный алгоритм оценки качества работы операторов позволяет, в зависимости от загруженности, контролировать степень соответствия текущих показателей работы рекомендуемым показателям, установленным руководством информационно справочные службы.

Список сокращений

Русскоязычные сокращения

СВР	ступеней распределения вызовов
УПАТС станции	учрежденческой-производственной автоматической телефонной
ЦОВ	центры обслуживания вызовов
БД	базы данных
АРМ	автоматизированных рабочих мест
СМО	сети массового обслуживания

Англоязычные сокращения

IP	Internet Protocol
ACD	Automatic Call Distribution
IVR	Interactive Voice Response
CRM	Customer Relationship Management
KPI	Key Performance Indicators
UCD	Uniform Call Distribution
OS	Output Switch
FIFO	first in - first out

Список литературы

- 1 Росляков, А. В. Центры обслуживания вызовов (Call Centre) / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаева. -М.: Эко-Трендз, 2002. - 304 с.
- 2 Брауде-Золотарев, М. Компьютерно-телефонная интеграция, или размышления о том, сольются ли когда-нибудь datacom и telecom в едином порыве / М. Брауде-Золотарев // Компьютерра. - 1999. - №29-30.
- 3 Крестьянинов, С. В. Интеллектуальные сети и компьютерная телефония/ С.В. Крестьянинов, Е.И. Полканов, М.А. Шнепс-Шнеппе. -М.: Радио и связь, 2001. - 240 с.
- 4 Пигорева, О. IP Contact Center - новая реальность / О. Пигорева // Компьютерная телефония. - 2001. -№4. - С. 13-17.
- 5 Шильников, Е. Н. Заметки о Call-центре Издательского дома «Из рук в руки» и не только о нем // Компьютерная телефония. - 2001. —№5. - С.
- 6 Степанова, И. В. Развитие концепции построения центров обслуживания вызовов / И.В. Степанова // Электросвязь. - 2006. - №2. - С. 16-17.-1.12.11.
- 7 Солонин, В. Call-центры: описание технологии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.v.cnews.ru/reviews/rree/call-center/part1>. - 1.12.11.
- 8 Полуниин, А. Технологии операторских центров / А. Полуниин // Сети.-2002.-№2.
- 9 Тарамыкина, Г. Call-центр: Система будущего / Г. Тарамыкина // Электросвязь. - 1999. - №4. - С. 38-39.
- 10 Гургенидзе, А. Современный contact-центр/ А. Гургенидзе, // Connect! Мир Связи. -2005. - № 12. 132
- 11 Димариа, М. Информационно справочные службы: что дает IP? / М. Димариа // Сети и системы связи. - 2005. - №12.
- 12 Ершов, В. А. Мультисервисные телекоммуникационные сети / В.А. Ершов, Н.А. Кузнецов. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003. - 432 с.
- 13 Гольдштейн, Б. С. Call-центры и компьютерная телефония / Б.С. Гольдштейн, В.А. Фрейнкман. - СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2006. - 370 с.
- 14 Росляков, А. В. Математические модели центров обслуживания вызовов / А.В. Росляков, С.В.Ваняшин. - М.: ИРИАС, 2006. - 336 с.
- 15 Полуниин, А. Современные операторские центры / А. Полуниин // Сети. - 2000. - №12. - С. 42-45.
- 16 Гольдштейн, Б. С. Интеллектуальные сети / Б.С. Гольдштейн, И.М. Ехриель, Р.Д. Рерле. -М.: Радио и связь, 2000. - 500 с.
- 17 Веселка, М. Мультимедийные информационно справочные службы заменяют обычные call-центры /М. Веселка // IT Manager. - 2005. - №1.
- 18 Зарубин, А. А. Call- и информационно справочные службы. Решения российских разработчиков / А.А. Зарубин // Технологии и средства связи. - 2003. - №3.

- 19 Loren, G. The new ROI: Return on Individuals / G. Loren // Harvard management update. - 2003. - №8.
- 20 Росляков, А. В. Интеграция АСР, ЦОВ и CRM в межрегиональных компаниях связи / А.В. Росляков // Биллинг. Компьютерная телефония. - 2004.
- 21 Самолубова, А. Б. Call center на 100% / А.Б. Самолубова. - М.: Альпина Бизнес Бук, 2004. - 309 с.
- 22 Димариа, М. Анализ систем информационно справочные службы на базе IP / М. Димариа // Сети и системы связи. - 2005. - №12. 133
- 23 Андреев, Р. В. Повышение показателей эффективности работы ЦОВ маршрутизацией абонентов в IVR-меню / Р.В. Андреев, Н.М. Татарина // Докл. на X международной НТК.- ПГУТИ, Самара, 2009. .82.
- 24 Большаковой М. Н. Основные правила составления сценариев [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.apexberg.ru/base/articles>.
- 25 Уразова, С. Информационно справочные службы повышают качество сервиса / С. Уразова // Connect! Мир Связи. - 2007. -№10.
- 26 Левин, Г. Контроль качества обслуживания клиентов в call-центрах / Г. Левин // Сети и системы связи. - 2007 - № 14. 135
- 27 Татарина, Н. М. Контроль качества информационно-справочных систем Call- центров / Н. М. Татарина, Б. Я. Лихтциндер, В.А. Фанатов // Тез. докл. на XVI научно-технической конференции проф.-преп. состава, научных сотрудников и аспирантов-ПГУТИ, Самара, 2009.
- 28 Татарина, Н. М. Оценка качества работы операторов ЦОВ по длительности обслуживания вызовов / Н. М. Татарина, Б. Я. Лихтциндер // Инфокоммуникационные технологии. - 2011. -№2. - С. 18-23.
- 29 Татарина, Н.М. Применение алгоритма «leaky bucket» для оценки перегрузки операторов центров обслуживания вызовов / Н.М. Татарина, Б.Я. Лихтциндер // Обзорение прикладной и промышленной математики. - 2010. -Т. 17 №5.-С. 742-743.
- 30 Татарина, Н. М. Разработка автоматизированной системы оценки качества работы операторов информационно справочные службы / Н. М. Татарина// Докл. На межвузовской научной конференции «Инфокоммуникации: взгляд в будущее». - Самара, 2011.
- 31 Шелухин, О. И. Моделирование информационных систем / О. И. Шелухин, А. М. Тенякшев, А. В. Осин. —Сайс-пресс, 2005. - 327 с.
- 32 Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование / Ю. Ю. Тарасевич. - Урсс, 2004. - 152 с.
- 33 Половко, А. М. MATLAB для студента / А. М. Половко, П. Н. Бутусов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 320 с.
- 34 Татарина, Н. М. Моделирование центра обслуживания вызовов в среде Matlab/Simulink / Н. М. Татарина // Тез. докл. на 4-ой всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Актуальные проблемы информационной безопасности. Теория и практика использования программно-аппаратных средств».- СамГТУ, Самара, 2010.