

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

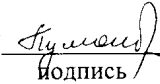
Кафедра Автоматическая электросвязь
Специальность: Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Допущен к защите
Зав. кафедрой АЭС
Чежимбаева К.С. к.т.н., доцент
(Ф.И.О.) _____ подпись _____
« _____ » _____ 2014 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
пояснительная записка

Тема Управление процессом функционирования
контакт-центра

Магистрант  Аширбаева С.М.
подпись (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации  к.т.н., проф. Туманбаева К.Х.
подпись (Ф.И.О.)

Рецензент _____
подпись (Ф.И.О.)

Консультант по ВТ  к.т.н., проф. Туманбаева К.Х.
подпись (Ф.И.О.)

Нормоконтроль  ст.препод. Абилов Д.А.
подпись (Ф.И.О.)

Алматы 2014 г.

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

Факультет Радиотехники и связи
Специальность: Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Автоматическая электросвязь

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Аширбаевой Сание Манасовне
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации Управление процессом функционирования контакт-центра
утверждена Ученым советом университета № 108 от «16» ноября 2012 г.

Срок сдачи законченной диссертации « 26 » мая 2014 г.

Цель исследования: Повышение качества обслуживания клиентов контакт-центра на основе исследования и анализа процесса его функционирования и разработки эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика, методов расчета параметров, влияющих на качество обслуживания абонентов.

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

В данной магистерской диссертации представлена математическая модель процесса функционирования контакт-центра, разработанная на основе статистических данных об обслуживании поступающих вызовов, проведено исследование на имитационной модели производительности работы контакт-центра, произведен выбор эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Структура контакт-центра. 2. Суточный трафик количества вызовов. 3. Два способа структуры распределения работы операторов контакт-центра. 4. Листинг программы для раздельного обслуживания поступающих вызовов в контакт-центр. 5. Распределение длины очереди для заявок СТОП при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12, V_2=4$. 6. Распределение длины очереди для Интернет заявок при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12, V_2=4$. 7. Распределение времени ожидания заявок СТОП в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12, V_2=4$. 8. Распределение времени ожидания заявок от сети Интернет в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12, V_2=4$.

Рекомендуемая основная литература

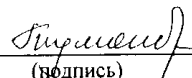
1. Гольдштейн В.С., Фрейнкман В.А. Call-центры и компьютерная телефония, СПб.:БХВ, 2002
2. Т.И. Алиев Основы моделирования дискретных систем - Санкт-Петербург: , 2009. - 363 с. - экз
3. Ваняшин С.В. Особенности функционирования операторского центра при обслуживании заявок из пакетных сетей / С.В. Ваняшин // Тез. докл. Пятой Международной научно-технической конференции. – Самара, 2004. – С. 58-60.
4. Росляков А. В., Самсонова М. Ю. Центры обслуживания вызовов. М.: Эко-трендз, 2002. 272 с.
5. Туманбаева К.Х., Лещинская Э.М. Анализ и прогнозирование входящего трафика Call- центра/ «Қоғамды ақпараттандыру» III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, 113-115 с.
6. Koole, G. and A. Mandelbaum, Queueing Models of Call Centre: An Introduction, Annals of Operations Research, 113, 2002, 41-59

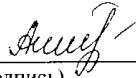
Г Р А Ф И К
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Анализ процессов функционирования контакт-центра	12.11.2013 г.	Выполнено
2. Управление процессом функционирования контакт-центра	10.01.2014 г.	Выполнено
3. Исследование вопросов управления контакт-центром на имитационной модели	3.03.2014 г.	Выполнено

Дата выдачи задания _____ 5.11.2012 г. _____

Заведующий кафедрой _____ (к.т.н., доцент Чежимбаева К.С.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации  (к.т.н., проф. Туманбаева К.Х.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант  (Аширбаева С.М.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Аннотация

В данной магистерской диссертации представлена математическая модель процесса функционирования контакт-центра, разработанная на основе статистических данных об обслуживании поступающих вызовов, а также разработана имитационная модель двух вариантов распределения операторов в контакт-центре для выбора эффективного способа обслуживания разнородного трафика.

Целью магистерской диссертации является повышение качества обслуживания клиентов контакт-центра на основе исследования и анализа процесса его функционирования и разработка эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика, методов расчета параметров, влияющих на качество обслуживания абонентов.

Для достижения поставленной цели выполнен анализ процессов функционирования контакт-центра, произведено аналитическое моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания, определены управляемые параметры качества обслуживания контакт-центра, разработаны имитационные модели контакт-центра в системе GPSS World, проведено исследование на имитационной модели производительности работы контакт-центра, произведен выбор эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика.

Результаты работы могут быть использованы различными компаниями, коммерческими предприятиями, правительственными учреждениями, торговыми организациями или организациями, оказывающие различные услуги при разработке, внедрении новых и усовершенствовании существующих контакт-центров.

Андатпа

Бұл магистрлік диссертацияда келіп түскен шақыруларға қызмет көрсету туралы статистикалық мәліметтер негізінде жасалған контакт-орталықтың жұмыс үрдісінің математикалық үлгісі келтірілген, сондай-ақ әр текті трафикке қызмет көрсетудің тиімді әдісін таңдау үшін контакт-орталықтағы операторлар үлестірімінің екі нұсқасының имитационды үлгісі әзірленген.

Магистрлік диссертацияның мақсаты болып контакт-орталықтың жұмыс үрдісін зерттеу және талдау негізінде контакт-орталықтың тұтынушыларына қызмет көрсету сапасын жоғарылату және әр текті трафикке қызмет көрсету үшін операторларды үлестірудің тиімді тәсілін және абоненттерге қызмет көрсету сапасына әсер ететін параметрлерді есептеу әдістерін әзірлеу болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін контакт-орталықтың жұмыс жасау

үрдісінің талдауы жасалған, контакт-орталықты жаппай қызмет көрсету жүйесі секілді аналитикалық үлгілеу жүргізілген, контакт-орталықтың қызмет көрсету сапасының басқарылатын параметрлері анықталып, GPSS World бағдарламасында контакт-орталықтың имитационды үлгісі әзірленген, контакт-орталықтың жұмысының өнімділігінің имитационды үлгісінде зерттеулер және әр текті трафикке қызмет көрсету үшін операторларды үлестірудің тиімді әдісі таңдау жүргізілген.

Жұмыстың нәтижелері әртүрлі бірлестіктерде, сауда кәсіпорындарында, басқару мекемелерінде және алуан түрлі қызметтерді көрсететін ұйымдарда жаңа контакт-орталықтарды енгізу немесе қазіргі барларын жетілдіру кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Abstract

This master thesis presents the mathematical model of the functioning of the contact center, developed on the basis of statistical data on incoming service calls and also developed a simulation model of the two options of distribution of operators in contact center for a choice of an effective way of service of a diverse traffic.

The purpose of the master's thesis is to improve the quality of customer service contact center based on research and analysis of the process of its operation and development of an effective method of distribution of different types of operators to service traffic, methods for calculating the parameters affecting the quality of customer service.

To achieve this goal the analysis of the functioning of the contact center, produced analytical modeling of the contact center as a queuing system, defined quality of service parameters managed contact center simulation models developed contact center system GPSS World, a study on the performance of the simulation model contact center, the choice made effective method of distribution of different types of operators to service traffic.

The results can be used by different companies, businesses, government agencies, trade organizations or organizations providing various services for the development, implementation of new and improvement of existing contact centers.

Содержание

Введение.....	7
1 Анализ процессов функционирования контакт-центра.....	9
1.1 Понятие контакт-центра.....	9
1.2 Назначение контакт-центра.....	15
1.3 Архитектура контакт-центра	17
1.4 Услуги мультимедийного контакт-центра.....	26
1.5 Постановка задачи	31
2 Управление процессом функционирования контакт-центра.....	32
2.1 Моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания.....	32
2.2 Случайные величины в системе массового обслуживания.....	36
2.3 Управляемые параметры контакт-центра.....	38
2.4 Аналитическое моделирование контакт-центра.....	39
3 Исследование вопросов управления контакт-центром на имитационной модели.....	45
3.1 Общие сведения о системе моделирования GPSS World.....	45
3.2 Структура исследуемого мультисервисного контакт-центра.....	46
3.3 Проведение экспериментов для раздельного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет	49
3.4 Сравнение и анализ результатов при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания поступающих вызовов.....	70
3.5 Проведение экспериментов для совместного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет.....	73
3.6 Сравнение и анализ результатов при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов.....	90
3.7 Анализ процесса функционирования контакт-центра.....	92
Заключение.....	96
Список литературы.....	97

Введение

Переход от сетей телекоммуникаций общего пользования (СТОП) к сетям следующего поколения (NGN) привел к преобразованию Call-центров к мультисервисным контакт-центрам. В отличие от Call-центров контакт-центр представляет собой систему массового обслуживания (СМО), на которую поступают два вида заявок. Первый тип заявок – вызовы, поступающие от абонентов сети телекоммуникаций общего пользования (СТОП). Известно, что поток вызовов в этом случае будет пуассоновским, а время обслуживания случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону.

Второй тип заявок – вызовы, переданные через сеть Интернет [1,2]. В работах [3, 4] отмечено, что промежутки между поступлениями вызовов, поступающие на контакт-центр из сети Интернет, распределены по экспоненциальному закону. А распределение времени обслуживания таких вызовов, то есть время ответа на текстовые сообщения, близко к логнормальному закону, или к закону Парето. При этом логнормальное распределение, как и Парето, относится к распределениям с “тяжелым хвостом”.

Контакт-центры – центр технологий интенсивного действия. Однако чаще всего 70 или более % этих эксплуатационных расходов состоят из человеческих ресурсов. Хорошо управляемые контакт-центры твердо придерживаются определенного баланса между эффективностью работы оператора и качеством обслуживания; чтобы этого добиться, они используют модели очередей. Исходные данные этих математических моделей – статистические данные системных параметров, таких как количество работающих операторов, интенсивность поступления заявок. Результаты – критерии качества работы контакт-центра, другими словами управляемые параметры, такие как время ожидания в очереди, длина очереди, доля клиентов, которые отказываются от очереди, перед тем как их обслужат и вероятность ожидания заявок в очереди. Количество работающих операторов становится параметром управления, который может быть увеличен или уменьшен, чтобы достигнуть желаемого уровня работы контакт-центра.

Исследование и анализ процесса функционирования контакт-центра, с использованием аналитического и имитационного моделирования и разработка эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика, необходимого при проектировании контакт-центра и оказывающих влияние на параметры качества обслуживания, таких как длина очереди, время ожидания в очереди и вероятность потери вызовов является *актуальной задачей*.

Целью проекта является повышение качества обслуживания клиентов контакт-центра на основе исследования и анализа процесса его функционирования и разработки эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика, методов расчета

параметров, влияющих на качество обслуживания абонентов.

Для достижения поставленной цели следует выполнить следующие задачи:

- 1) анализ процессов функционирования контакт-центра;
- 2) аналитическое моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания;
- 3) определение управляемых параметров качества обслуживания контакт-центра;
- 4) разработка имитационной модели контакт-центра в системе GPSS World;
- 5) исследование на имитационной модели производительности работы контакт-центра;
- 6) выбор эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика.

Научная новизна магистерской диссертации заключается:

- 1) в разработке структуры контакт-центра, с учетом особенностей поступающего разнородного трафика, основанной на теории массового обслуживания;
- 2) в разработке имитационной модели контакт-центра, в который поступает разнородный трафик;
- 3) в разработке методов определения характеристик контакт-центра, влияющих на качество обслуживания клиентов.

Практическая значимость магистерской диссертации. Полученные результаты магистерской диссертации позволят эффективно решить проблему проектирования структуры контакт-центров в Казахстане, управления его функционированием в процессе работы и достигнуть повышения качества обслуживания клиентов, что приведет к положительному экономическому эффекту.

Результаты работы могут быть использованы различными компаниями, коммерческими предприятиями, правительственными учреждениями, торговыми организациями или организациями, оказывающие различные услуги при разработке, внедрении новых и усовершенствовании существующих контакт-центров.

По теме данной диссертации опубликованы следующие работы:

1 Туманбаева К.Х., Аширбаева С.М. Моделирование процесса обслуживания вызовов в контакт-центре/ Известия научного-технического общества «КАХАК», 2013, №2 (41), 83-87 с.

2 Аширбаева С.М. Моделирование процесса обслуживания вызовов в контакт-центре. Сборник научных трудов АУЭС, 2014 г.

1 Анализ процессов функционирования контакт-центра

1.1 Понятие контакт-центра

1.1.1 Различные характеристики операторских центров. В последнее время функции центров обслуживания вызовов радикально изменились [1,2,3,4]. Первоначально разработанный для записи и обработки только телефонных звонков, сегодня они создали реальные центры обслуживания клиентов; обрабатывают различные типы самостоятельных операций СМО и использует различные приложения, такие как приложения самообслуживания, получения информации с помощью World Wide Web (WWW), электронная почта, факсы и видео, не говоря уже о традиционных услугах телефонной связи [2]. Такие современные центры обработки вызовов, которые будут обеспечивать мультимедийные услуги, в литературе обозначаются в качестве контакт-центров (Contact-Center) [5].

Contact-центр являются аппаратно-программным комплексом с набором услуг колл-центра [6,7], который предлагает мультимедийные информационные услуги с помощью различных информационных сетей, включая Интернет, чтобы используя операторов обслуживать большое количество пользователей одновременно [8]. Универсальность contact-центров должны быть выражены в реализации следующих функций [9]:

- содействие стандартных протоколов для взаимодействия с различными телекоммуникационными сетями (Интернет, СТОП, цифровая сеть с интеграцией служб (ISDN), интеллектуальные сети (IN), сети мобильной связи, IP-телефонии и т.д.) [10,11];

- предоставление информации из домена, к которому обращен contact-центр [12,13];

- самостоятельность аппаратных и программных решений для использования contact-центра;

- применение разнообразных форм платежа за предоставление услуг (кредитная система, предоплаченные карты и др.).

Contact-центр представляет собой объединенную среду приложений, на основе которого производится управление всех типов электронных взаимодействий с абонентами – как по телефону, так и через Интернет – обеспечивает единую точку связи между абонентом и компанией. Время и путь взаимодействия с абонентами выбирается согласно с правилами маршрутизации, основанные на бизнес целях [14]. Функция бизнес маршрутизации позволяет реализовывать сегментацию взаимодействия с абонентами на основе хранящейся информации, данной ими о себе, а также данных, принятых с веб-сайта компании [15,16].

Центр сервиса звонков нового типа, такой как contact-центр, предлагает комбинированную обработку данных – голоса и видеoinформации, а также

позволяет интерактивное и мультимедийное взаимодействие с абонентами, не смотря на местоположение пользователя. Приложения contact-центров нередко применяют эластичную и масштабируемую модель «клиент-сервер», на основе которого можно создавать решения высокой производительности и экономической выгоды, как для больших, так и для малых предприятий [7,14].

Обширное распространение контакт-центров в основном обусловливается новыми подходами в сегодняшнем деловом мире. Высококвалифицированные операторы контакт-центров могут быть доступными для взаимодействия с абонентами по телефону и вместе с тем могут предоставлять услуги и принимать решения, связанные с проблемами применения веб-инструментов [16,17]. Кроме того, абоненты могут применять удобные и элементарные программы для связи с агентами контакт-центра – через Интернет, которые не потребуют непосредственного интерактивного взаимодействия с операторами и позволяют сотрудникам центра автоматизировать сервис с существенной экономией времени [16,18].

Существует два этапа, которые предполагают переход колл-центра в контакт-центр [19]. Первый этап, который практически завершен, – это переход от применения одного канала связи с абонентами к множеству каналов, как электронная почта, чат или VoIP. Кроме того, некоторые производители (например, CosmoCom, и т.д.) разрабатывают продукты, которые предназначены только общения через Интернет. Второй этап заключается в объединении традиционной СТОП, сети передачи данных Интернет и call-центр, поддерживающего многофункциональные каналы связи с абонентами. В таблице 1.1 представлены два подхода к созданию операторских центров [18,20,21,22].

Т а б л и ц а 1.1 – Различные характеристики операторских центров

Характеристики традиционных Call-центров	Характеристики мультисервисных Contact-центров	Особенности в эксплуатации
Коммутация каналов	Коммутация пакетов	Наиболее результативная передача трафика, не требуется оборудования для поддержки коммутации каналов
Поддержка одной среды для доступа к сервисам центра	Поддержка всех сред для доступа к сервисам центра	Обширные возможности доступа к услугам
Множество серверов приложений – отдельный сервер для каждого приложения	Число серверов зависит от их продуктивности и функциональных возможностей	Легкость построения, управления и контроля
Различные алгоритмы обслуживания разнородных звонков	Один общий алгоритм обслуживания звонков всех типов	Более высокое качество обслуживания и производительность работы операторов

Продолжение таблицы 1.1

Характеристики традиционных Call-центров	Характеристики мультисервисных Contact-центров	Особенности в эксплуатации
Централизация обработки трафика	Распределение обработки трафика	Гибкая конфигурация, надежность
Твердая привязка месторасположения операторских центров к местоположению системы	Независимость месторасположения операторских центров к местоположению системы	Возможность поддержки удаленных рабочих мест операторов
Компьютерно-телефонная интеграция (объединенные функциональные возможности)	Взаимодействие компьютер-компьютер (унифицированные функциональные возможности)	Меньше сроки осуществления комплексных решений, объединение функций обработки речевого трафика и информационных технологии обеспечивает возможность скорого и результативного развития

Создание контакт-центров предполагает складный переход от традиционных телефонных сетей СТОП к мультимедийным приложениям с технологией IP. Это позволяет предприятиям осуществлять функции VoIP-телефонии, сервисы на основе IP протокола и формировать новые типы каналов связи, специализирующихся только на свои внутренние планы развития существующей IP-инфраструктуры передачи информации и защиты ресурсов, инвестируемые в ранее установленные медиа-системы [23].

Не менее значимым является тот факт, что введение мультимедийного contact-центра, благодаря широкому использованию сетевого трафика на основе IP протокола, большие предприятия могут легко разворачивать свои филиалы – малые и домашние офисы, а также держать своих удаленных операторов полноправными участниками услуг виртуальных контакт-центров. Такая эластичность позволяет абонентам лучше осуществлять существующие и получаемые по требованию ресурсы, лучше расширять применение возможностей СТИ в пределах корпоративной сети и ликвидировать необходимость в дополнительной АСД-изделиях [24].

Чтобы преобразовывать «классические» центры обслуживания телефонных звонков в современные contact-центры с доступом через Интернет требуется новых программные решения для адаптации существующих коммутаторов и серверов для отслеживания Web-связи, таких как электронная почта [25].

Следует отметить, что для модификаций сервисного центра обслуживания телефонных звонков в contact-центр на основе веб, требуется решения многих проблем [26]. Одной из них является правильный выбор программных продуктов, а другой – подготовка или переподготовка сотрудников, которые должны освоить навыки, необходимые чтобы работать с

веб-оборудованиями.

Сегодня предлагается просторный выбор изделий для создания контакт-центров, количество которых постоянно растет. Продукты, изготавливаемые традиционными поставщиками оборудования и программного обеспечения для центров обработки вызовов, например компанией Lucent Technologies, корпорацией Nortel Networks и фирмой Siemens, реализовывают интеграцию Web-сервисов и голосовой связи, применяя уже существующие на базе большинства систем обработки вызовов, система автоматизированного распределения вызовов (ACD) на основе соответствующих УПАТС [27,28].

Другая группа производителей решает проблему с помощью серверов, объединяющих компьютерные сети с телефонными сетями. Эти продукты, поставляемые компанией Genesys Telecommunications Laboratories, также соединяют центры обслуживания вызовов с базой данных для эффективного управления взаимоотношениями с абонентами.

Другая группа производителей ограничивается руководством только одного вида веб-взаимодействий – как правило, e-mail-ом, т.е. электронной почтой. Некоторые компании применяют эти продукты для того, чтобы посылать почтовые запросы конкретным операторам в контакт-центрах, позволяющие автоматизировать выдачу ответов [29, 30].

1.1.2 Особенности применения контакт-центров. Решение на основе контакт-центров предлагает единую и полностью интегрированную архитектуру для управления работой с абонентами и их данными через Интернет или сетями телекоммуникаций общего пользования (СТОП). Особенности применения мультисервисных contact-центров включают осуществления следующих функций [31]:

- *самообслуживание абонентов*. Это одна из наиболее привлекательных особенностей контакт-центра, и для абонента и для компании. Абонент независимо, в нужное ему время может найти ответы на вопросы, а если он выражает необходимость связаться с оператором, то он может сделать это в любое время. При этом компания преимущественно экономит деньги, потому что освобождается дорогостоящие человеческие ресурсы;

- *более равномерное распределение нагрузки*. Во время понижения нагрузки на операторов, можно обслуживать вызовы, поступившие через e-mail или факс, и за счет этого, увеличивается эффективность работы оператора и всего контакт-центра в целом [32];

- *географическая независимость*. Благодаря тому что, используется IP-трафик, контакт-центр поддерживает территориальную независимость в плане, как абонентских ресурсов, так и серверных приложений на основе IP протокола, позволяя руководству перераспределять контакт-центр в пределах всей корпоративной сети [33, 34];

- *высокая надежность*. В связи с тем, что управление заявки имеет основополагающее значение для бизнес-приложений, функционирующих в режиме реального времени, contact-центр соответствует наивысочайшим стандартам качества, которые намного превосходят общепринятые потребности

по надежности передачи данных, благодаря эксплуатации распределенных средств стабильности к неисправностям для всех системных компонентов;

– неизменно высокое качество обслуживания абонентов. Все сотрудники компании и операторы контакт-центра имеют доступ к единому массиву информации об истории взаимодействия с абонентом, независимо от того, как абонент вышел на связь – по телефону, e-mail или через веб-сайт. Это значит, что абоненты могут рассчитывать на единый стиль обслуживания при каждом обращении в контакт-центр компании [9, 35];

– повышение производительности работы операторов. Организация единственной очереди для связи с абонентами с применением различных коммуникационных технологий увеличивает эффективность труда операторов. Они могут работать с интерактивными вызовами (голос, телефон, чат) в реальном времени, а с вызовами, ответ на которые допускает некоторую задержку (электронная почта, факс) – в свободное время;

– резервный рост. Мощность работы контакт-центра может опираться на изменения бизнес требований [36]. Это существенно для предприятия, которые предполагают рост и развертывание своей деятельности. Первоначально контакт-центр компании может иметь не более 10 операторов, но через какое-то время количество их может увеличиться, и в течение нескольких лет количество операторов может вырасти до 50, 100 или больше. Сегодняшние аппаратно-программные решения контакт-центров позволяют такое увеличение [37]. В дополнение к этому, контакт-центр легко расширяется и географически, начиная от контакт-центра для одного филиала до расширенных в пределах всей корпоративной сетевой инфраструктуры компании, поддерживая при этом защиту первоначальных инвестиций и гарантируя совместимость с новыми бизнес и технологическими решениями в будущем [19,22].

1.1.3 Технологии взаимодействия абонента с контакт-центром. Контакт-центр – это решение, которое обеспечивает интеллектуальную маршрутизацию вызовов, интеграцию функций компьютеров и телефонии (СТІ) и мультимедийное управление заявками через IP-сеть. Это решение обеспечивает разные технологии взаимодействия с абонентами – как телефонное, так и нетелефонное [15]:

– веб-взаимодействие (*Web-Collaboration*). Этот вид взаимодействия разрешает операторам контакт-центра и абонентам автоматически синхронизировать свои веб-браузеры даже во время просмотра веб-страниц. Операторы могут помочь абонентам найти правильное решение или научить их использовать возможности веб-сайта;

– голосовая связь через IP-сеть (*Voice Over IP*). Устанавливание регевого разговора по технологии «голос поверх IP» разрешает пользователям веб-сайта поговорить с оператором напрямую с компьютера абонента с использованием стандартных технологий IP-телефонии [38];

– электронная почта (*E-mail*). Компании отвечают на электронные письма от абонентов с тем же высоким уровнем внимания и индивидуальным подходом, как и при работе с обычными телефонными заявками. Контакт-центр

может отвечать на входящие письма автоматически или предоставить оператору варианты ответа, согласно с условиями, установленными администрацией контакт-центра [39];

– *интерактивное текстовое общение (Chat – чат)*. При интерактивной текстовой связи можно общаться с абонентом в режиме реального времени через веб-браузер. Зайдя на веб-сайт предприятия, пользователи сети могут писать свои вопросы с помощью клавиатуры, а затем получить ответы на свои вопросы от операторов контакт-центра (текстовый чат);

– *факсимильная связь (Fax)*. Контакт-центр позволяет преобразование входящих и исходящих факсимильных сообщений в сообщения E-mail, чтобы он мог ответить на факсимильные сообщения автоматически согласно правилам, указанными для взаимодействия с E-mail;

– *телефонная связь и интерактивное голосовое взаимодействие (Phone и IVR)*. Функция простой голосовой связи дополняется интегрированными программными обеспечениями обслуживания заявок, позволяющими осуществлять в контакт-центре более интеллектуальные и эффективные решения маршрутизации вызовов и управления вызовами. Интерактивный голосовой ответ IVR поддерживает три основные функции – получение данных, собранных вызываемым до осуществления маршрутизации, обработка очередей заявок и дифференциация обработки заявки за счет того, что звонящему предоставляется возможность прослушать предварительно записанное голосовое меню и выбрать со своего телефона желаемую функцию, в том числе предусматривающую получение информации из базы данных в режиме реального времени;

– *доступ через сотовую связь*. Предоставляется доступ ко всем сервисам контакт-центра с мобильного телефона на базе стандартных протоколов передачи данных WAP и службы коротких сообщений SMS. Поддержка этих технологий создают уникальное решение для увеличения продаж предприятия;

– *голос (Voice)*. При речевой связи с применением интеграции компьютерной телефонии (СТТ) контакт-центр позволяет результативно сочетать получение поступивших заявок с последующим обзвоном абонентов в целях увеличения продуктивности работы операторов контакт-центра. Для обеспечения максимальной продуктивности предусматривается выполнение мониторинга за процессом вызовов и создания отчеты о всех элементах потока вызовов;

– *бумажные документы (Paper)*. В контакт-центре можно сканировать документы, полученные от абонентов на бумажные носители, и получить распознавание информации, содержащейся в них. После преобразования в формат электронных документов, они могут адресоваться как обычное электронное письмо в целях подготовки ответа абоненту и принятию соответствующих действий [40].

1.2 Назначение контакт-центра

Возможности, которые предоставляет контакт-центр – это [16,18]:

- один телефонный мультиканальный номер для операторов;
- режим «автосекретарь» (непосредственный донабор внутреннего номера оператора с выходом на офисную речевую почту) позволяет вызывающему с внешней телефонной линии самостоятельно (без помощи оператора) дозвониться до локального абонента АТС и оставить ему речевое сообщение, если абонент занят или не отвечает;
- круглосуточное автоматическое обслуживание заявок заменяющие многие возможности обычного секретаря (приветствие абонента, ответы на часто задаваемые вопросы, просьба подождать на линии, запись речевого сообщения);
- инструменты для создания информационно-справочной системы предлагают абоненту возможность построить требуемую справочно-информационную структуру, чтобы предоставлять клиентам информацию по организации [41];
- коллективная переадресация вызова и карточки вызывающего другому оператору;
- средство контроля звонков для оценки эффективности обслуживания вызовов;
- детальная статистика по всем поступающим вызовам. Включает в себя номер телефона абонента, время поступления звонка, время автоматического сервиса, время подключения с определенным номером абонента, и т.д.;
- конференцсвязь дает возможность нескольким операторам участвовать в едином разговоре [42];
- комплекс включает в себя ряд компонентов и инструментов для создания индивидуального Call-центра предприятия;
- возможность снизить стоимость мобильных звонков по всем направлениям в пределах стоимости вызова предприятия (контролировать все звонки, запись голосовой информации);
- комплекс обработки сообщений облегчает работу с электронной почтой с целью повышения производительности и эффективности. Интегрированная система голосовой почты, факса, системной записи вызова и электронной почты компаний. Кроме того, сотрудники могут через свое клиентское место электронной почты отправлять и прослушивать голосовые сообщения, перерабатывать, отправлять и просматривать факсы, прослушивать записанные разговоры [7, 10];
- алгоритмы автоматизированного распределения вызовов (например, виды оператора, типы абонентов, время ожидания в очереди, тип запрашиваемой информации, на базе сочетания условий);
- обеспечение информационной безопасности.

1.2.1 Особенности обслуживания абонентов через Интернет.

Обслуживание абонентов контакт-центром через Интернет имеет набор специфических преимуществ по сравнению с обслуживанием через телефонную сеть:

- *самообслуживание*. В принципе, концепция «самообслуживание» используется в электронной торговле (e-Commerce), когда употребляя сеть Интернет, клиенты покупают продукты или просматривают нужную им информацию в режиме реального времени;

- *самопомощь*. Это одна из привлекательных особенностей контакт-центра. Если у абонентов появляются вопросы, они могут использовать так называемую услугу «самопомощь», доступная всем клиентам, и если у них есть какие-либо вопросы, они могут просмотреть список часто задаваемых вопросов и ответов на эти вопросы (FAQ). Другие типы самопомощи являются контекстно-зависимой помощью, и поиск по базе данных, где зарегистрированы основные неполадки и их возможные решения [43];

- *полуавтоматическая помощь*. Нередко абонентам недостаточно услуги «самопомощь» и требуется подсказка оператора контакт-центра. В контакт-центрах существует отдельная группа сотрудников, которые отвечают на вопросы абонентов и обеспечивают полуавтоматическую помощь через сеть передачи данных Интернет. Полуавтоматическая помощь может иметь следующие формы: электронная почта, веб-чат, VoIP-телефония, видеоконференция и совместное применение приложений;

- *интерактивный веб-ответ*. Интернет-сайт осуществляет функции, схожие с функциями IVR (получение информации о количестве голосовых подключений и количестве вызовов, обращенных к услуге самообслуживания). Если абоненту, который хочет послать свою заявку, используя сеть Интернет, требуется помощь оператора, то он может использовать интерактивный веб-ответ (Interactive Web Response – IWR). Абонент вводит свои вопросы и получает на них ответы от оператора в режиме реального времени [44];

- *архив контактов*. Почти во всех контакт-центрах есть возможность просмотра архива контактов. Это требуется при возникновении конфликтной ситуации между абонентом и оператором. Например, абонент может запросить, информацию о времени разговора с оператором, и тогда, используя архив контактов, абоненту будет предоставлена вся нужная ему информация. Эта информация хранится в базе данных контакт-центра;

- *одновременное обслуживание оператора нескольких заявок*. С применением электронной почты и веб-чата (текстового разговора) возникла возможность обслуживания одним оператором одновременно нескольких заявок. Например, оператор может быть занят ответом на запрос, поступивший по электронной почте, и в это же время к нему может поступить телефонный звонок, который он будет обслуживать параллельно, т.е. одновременно. Или оператор может одновременно общаться в чате сразу с несколькими абонентами. Однако возможность обслуживания сразу нескольких абонентов имеется не у всех операторов [45];

- *дополнительные требования к операторам контакт-центров*.

Использование веб-приложений требует дополнительной подготовки операторов и другой организации работы контакт-центра. В итоге нужно решить, будет ли каждый оператор выполнять все виды взаимодействий, как по телефону, так и через веб, или для работы с сетью Интернет необходимо выделить другую особую группу;

– *зависимость многих факторов от квалификации сотрудников.* Часто операторы контакт-центра вежливо разговаривают по телефону, и умеют обращаться с телефонными сетями, но не могут справиться с подготовкой текстовых ответов абонентам. Не все операторы могут так же свободно писать, как говорить. Поэтому при наборе операторов контакт-центра предпочтение отдается тем, кто умеют общаться с абонентами как напрямую, так и через веб-интерфейс [46].

1.3 Архитектура контакт–центра

1.3.1 Требования к построению и функционированию контакт–центра. Требования к построению и правильной работе контакт-центра:

– *единые точки связи для абонентов.* В контакт-центре организация очереди должно осуществляться в динамическом режиме на базе логики правил маршрутизации. Электронная почта, приглашения начать текстовый разговор (чат), запросы на голосовое подключение через веб-сайт и телефонные звонки могут быть поставлены в одну очередь с присвоением соответствующего уровня приоритета. Это позволяет добиться четкого осуществления общих правил работы с вызовами абонентов по всем каналам взаимодействия [3,5,15];

– *интеллектуальная маршрутизация взаимодействий с абонентами.* Контакт-центр должен управлять временем и распределением взаимодействий с абонентами, на основе правил маршрутизации основанных на бизнес-требованиях, например потребность обеспечения гарантированного уровня сервиса или абонентских подключений с операторами, обладающими самой высокой квалификацией в интересующей абонента области. Функция бизнес-маршрутизации позволяет реализовывать сегментацию взаимодействий с абонентами основываясь на данных, полученных с веб-сайта компании или из приложений бэк-офисной автоматизации, например, информации об абоненте или истории предыдущих контактов. Это позволяет организовать управление отношениями с абонентами, обеспечивающее персональный подход одновременно с более строгим выполнением правил обслуживания и повышением продуктивности работы оператора [15,47];

– *постоянный мониторинг текущих показателей работы контакт-центра.* Соответствующее приложение контакт-центра должно предоставлять руководителям подразделений возможность отслеживать текущее состояние операторов и очередей, за которые они ответственны. Функция мониторинг в режиме реального времени дает возможность реализовывать контроль за

такими статистическими показателями, как число заявок в очереди, среднее время ожидания в очереди, выполнение соглашения о гарантированном уровне обслуживания абонентов и текущая нагрузка операторов. Эластичность пользовательского интерфейса дает возможность руководителям выводить на экран только наиболее значимые для них статистические показатели [14];

– *формирование отчетности для анализа работы контакт-центра.* Благодаря наличию интеллектуальных инструментов создания отчетности, направленной на оценку показателей работы, контакт-центр должен обеспечивать проведение всестороннего анализа данных. Приложение формирования ретроспективной отчетности должна отслеживать все нужные параметры и заносить их в базу данных. По каждому взаимодействию с абонентом должна создаваться запись, показывающая его ход с самого начала до полного завершения. Руководство центра должна иметь возможность проводить анализ эффективности работы своих сотрудников, конфигурируя согласно со своими требованиями отчеты, отражающие такие сведения, как, например, соотношение между количеством контактов через Интернет и по телефону, экономическое влияние в расчете на одно взаимодействие, уровень удовлетворенности абонентов [48];

– *единая история взаимодействий с абонентом.* Контакт-центр должен обеспечивать сохранение информации обо всех взаимодействиях с абонентом за всю историю связи с ним, независимо от того, через какие каналы воспроизводились эти взаимодействия – в виде последовательности сообщений электронной почты, записи интерактивного текстового разговора (чата), заметок оператора по результатам разговора с абонентом (по телефону в ответ на запрос, оставленный абонентом на веб-сайте или непосредственно с веб-сайта при помощи интернет-телефонии), списка веб-адресов, посещенных оператором совместно с абонентом во время сеанса веб-взаимодействия, или содержания телефонного разговора. В результате как руководство контакт-центра, так и его рядовые сотрудники могут получить представление о том, какое впечатление могло сложиться у абонентов от общения с компанией с использованием всех многообразных каналов связи [3,8];

– *пользовательский интерфейс оператора.* В состав системы контакт-центра должно входить прикладной программный инструмент, дающая возможность пользователю набор расширенных функций, полезных при обслуживании абонентов, - «всплывающее» при инициализации контакта мультимедийное вспомогательное окно (screen pop), доступ к истории взаимодействия с абонентом, к данным об абоненте, а также к библиотеке ответов на стандартные вопросы. Операторское приложение должно обеспечивать получение информации об абоненте синхронно с началом входящего взаимодействия, будь взаимодействие по электронной почте, по факсу, в режиме текстового разговора (чат), по технологии VoIP или по телефону. В результате оператор получит массу полезной информации, которую он может применить для составления ответа или ведения интерактивного взаимодействия [9,12,15];

– *пользовательский интерфейс для абонентов.* В состав программного средства контакт-центра должно быть включено прикладное программный инструмент для ее интеграции с корпоративным веб-сайтом, поддерживающее все каналы связи с контакт-центром [16,45];

– *интеграция с другими пользовательскими приложениями.* Благодаря наличию программного интерфейса (API) контакт-центр должен предусматривать возможность интеграции с другими прикладными программами, предназначенными для обслуживания абонентов. Это дает возможность получить максимальную отдачу от уже имеющихся в распоряжении операторов программных обеспечений и использовать всех их функциональное богатство напрямую в ходе связи с абонентами [29,44].

1.3.2 Структура и архитектура контакт-центра. Классический call-центр представляет собой структуру, предназначенную для приема и обработки телефонных вызовов, поступающих от абонентов. Однако в связи с широким внедрением Интернет-технологий во все сферы человеческой деятельности появились новые возможности передачи абонентами своих запросов, например с помощью e-mail, Web-чата, VoIP и т.д [49]. Это способствовало созданию и построению нового мультимедийного компонента в операторском центре, который отвечает за прием и обработку заявок, приходящих по сети Интернет. На рисунке 1.1 представлена структура контакт центра.

В результате получился метод «двойной организации» работы в мультимедийном центре обслуживания вызовов, т.е. классическая часть УПАТС/ACD отвечает за обработку телефонного трафика, а новая образовавшаяся мультимедийная подсистема – за обработку запросов, поступающих через сеть Интернет [3].

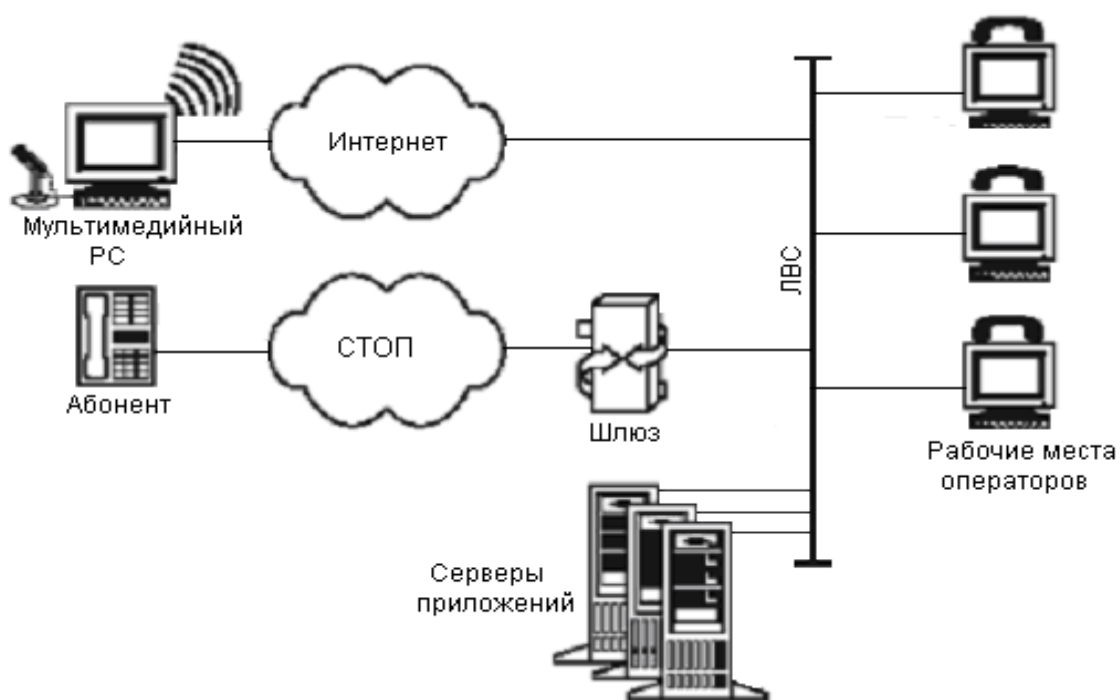


Рисунок 1.1 – Структура контакт – центра

Однако данный метод построения контакт-центра через Интернет имеет ряд значительных недостатков, основными из которых являются следующие [22,47]:

- дублирование функций — рост мультимедийной подсистемы как отдельного компонента приводит к появлению дублирования некоторых функций, которые уже осуществляются колл-центром;

- распределенное управление – метод «двойной организации» приводит к разветвленному управлению по предоставлению заданного уровня обслуживания абонентов. В результате возникает несоответствие в действиях двух групп, приводящее к некачественному обслуживанию абонентов;

- усложнение архива контактов - метод «двойной организации» приводит к тому, что очень сложно хранить архивы состоявшихся контактов, что непосредственно сказывается на времени и качестве обслуживания абонентов.

Из вышеприведенного следует, что метод «двойной организации» работы центра обслуживания вызовов приводит к лишним затратам и ухудшению качества обслуживания абонентов. Поэтому необходимо, чтобы внедрение Интернет-возможностей происходило с учетом имеющихся аппаратно-программных технологий мультимедийного центра обслуживания вызовов. Такое комплексное решение может быть осуществлено на основе современных аппаратно-программных комплексов контакт-центров [6].

Контакт-центр отличается от колл-центров количеством предоставляемых каналов для связи абонентов с операторами, что приводит к расширению услуг и увеличению количества обслуживаемых абонентов. На рисунке 1.2 показана логическая структура контакт-центра.

Он содержит следующие функциональные блоки [7]:

- пользовательский интерфейс (Customer Interface) – отправляет запросы через Интернет или сети телекоммуникаций общего пользования СТОП;

- инфраструктура взаимодействия (Interaction Framework) – включается при поступлении звонков от абонентов, координирует работу всех аппаратно-программных средств контакт-центра и следит за предоставлением постоянного уровня обслуживания всем поступившим заявкам;

- административное управление (Business Management) - используется, чтобы помочь администрации центра для управления деятельностью контакт-центра и определения показателей эффективности его работы;

- интерфейс операторов (Enterprise Interface) – применяется операторами, чтобы отвечать на заявки абонента независимо от способа передачи вызова;

- управление коммуникационной инфраструктурой (управление инфраструктурой взаимодействия – Infrastructure Management) – предоставляет высокую доступность пользователям к услугам контакт-центра и обеспечивает гарантированное качество обслуживания всех входящих заявок.

Одним из важных принципов построения контакт-центра является интеграция функций маршрутизации и управления речевыми сообщениями с веб-коммуникациями [9,11,12].



Рисунок 1.2 – Логическая структура контакт-центра

Исходя из функций, выполняемых контакт-центром при обслуживании заявок, поступающих через телефонные сети или сеть Интернет, в состав типовой схемы построения такой системы должны входить следующие основные компоненты (рисунок 1.3) [16]:

а) система распределения вызовов (ACD) или телефонная коммутационная система (УПАТС), которая обеспечивает соединение контакт-центра к сети телекоммуникации общего пользования (СТОП) и распределение поступающих заявок по рабочим местам операторов согласно с различными условиями (данные об абоненте, свобода операторов, характер запрашиваемых сведений и др.), подключение устройств центра (шлюза IP-телефонии, сервера СТИ, устройства интерактивного голосового взаимодействия IVR);

б) устройства интерактивного голосового взаимодействия IVR, обеспечивающие автоматизацию маршрутизации вызовов к операторам или возможность автоматического ответа на поступившую заявку;

в) система менеджмента и статистики контакт-центра, предназначенная для управления маршрутизацией Интернет-заявок, сбора статистики работы центра [42,43];

г) шлюз IP-телефонии, выполненный в виде отдельного устройства или объединенную в коммутационную систему для обеспечения работы контакт-центра с сетью IP;

д) сервер СТИ, обеспечивающий объединение телефонной и вычислительной системы контакт-центра;

е) средства доступа к сети Интернет, включающие веб-сервер, маршрутизаторы, коммутаторы и др.;

ж) вычислительная система, включающая разные серверы для обслуживания веб-заявок и хранения баз данных, защитные экраны Firewall, локальную вычислительную сеть и др.;

з) рабочие места операторов и администраторов центра, оборудованные персональными компьютерами и телефонными гарнитурами (или телефонными аппаратами) и подключенные как в коммутационные, так и в вычислительные системы [31].

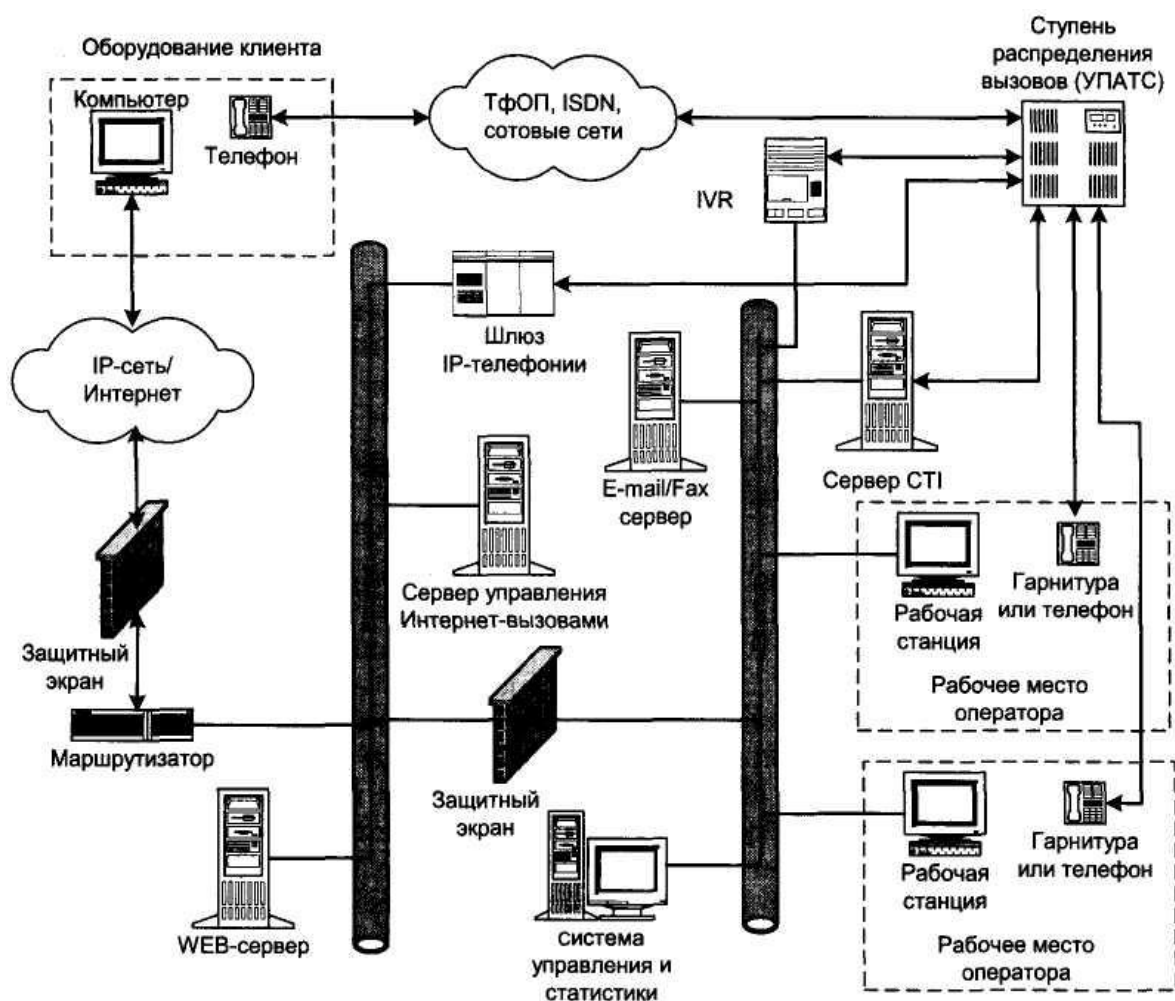


Рисунок 1.3 – Типовая архитектура контакт-центра

Контакт-центр может быть дополнен различными приложениями, предлагающие дополнительные расширенные услуги [38]:

– системы голосовой почты, в сочетании с локальной сетью и позволяющие построить так называемый «универсальный почтовый ящик». Этот почтовый ящик включает в себя электронную почту, факс и голосовые сообщения. В контакт-центре эта система выполняет функцию обработки

«потерянных» звонков, т.е. звонков, которые по той или иной причине не был обслужен;

- интеллектуальные системы голосового сервиса, позволяющие организовать сложные структуры смарт-автоответчиков [38].

Основные их задачи [42]:

- распознавание простых речевых команд, распознавание импульсного набора, функция преобразования текста в голосовое сообщение (Text-to-Speech), интеграция с базами данных и т.д.;

- системы «Home Office», позволяющие создания распределенного контакт-центра, в котором часть операторов находится у себя дома. Основная цель системы – обеспечить передачу данных, необходимые для нормального функционирования оператора, вне офиса предприятия;

- системы речевого уведомления, позволяющие вместе с центром обработки заявок производить обзвон абонентов. Обеспечивается оценка ответа абонентов, соответствующая маршрутизации, в соответствии с этим ответом, и отчет по этим данным. Используются для уведомления абонентов об оплате, при высокоскоростной связи оператора с абонентами, телемаркетинге и т.д.

Шлюз преобразует сигнализацию между станциями – сигналы телефонной сигнализации (DSS1, SS7, 2BCK) в сигнальные сообщения комплекса протоколов H.323 (в данном случае, сигналы систем сигнализации DSS1, QSIG, на базе Q.931 видоизменяются в сигнальные сообщения H.225.0 в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т в сигналы H.246) или в SIP протокол [43].

Авторизация доступа (при необходимости), прием номера звонящего абонента и навигация по меню системы IVR могут производиться либо на базе обработки соответствующих полей протокола H.323, либо с использованием сигналов DTMF. Чтобы осуществить последнюю задачу шлюз, применяемый в контакт-центрах такого вида, должен уметь обнаруживать сигналы DTMF на стороне СТОП, а также передавать сигналы DTMF в сообщениях H.245 по IP-сетям.

Несколько шлюзов, обслуживающий один контакт-центр, могут интегрироваться в сеть под управлением привратника (gatekeeper), что дает возможность обслуживать десятки потоков E1 [25].

Основные этапы взаимодействия шлюза с другим шлюзом под управлением привратника H.323 для телефонного звонка, прибывшего из СТОП на вход шлюза "А", с заявкой, ориентированным на абонента, подключенного к шлюзу "Б", показаны на рисунке 1.4 [11].

Для доступа вызовов телефонной связи по IP-сети необходимо программное обеспечение, которое осуществляет преобразование сигнализации телефонной связи (ОКС7 или DSS1) в сигнальные сообщения VoIP (например, H.323) и преобразование форматов данных (голосовых или факсимильных сообщений), передаваемых из сети с коммутацией каналов в сеть с коммутацией пакетов и наоборот [11, 25].

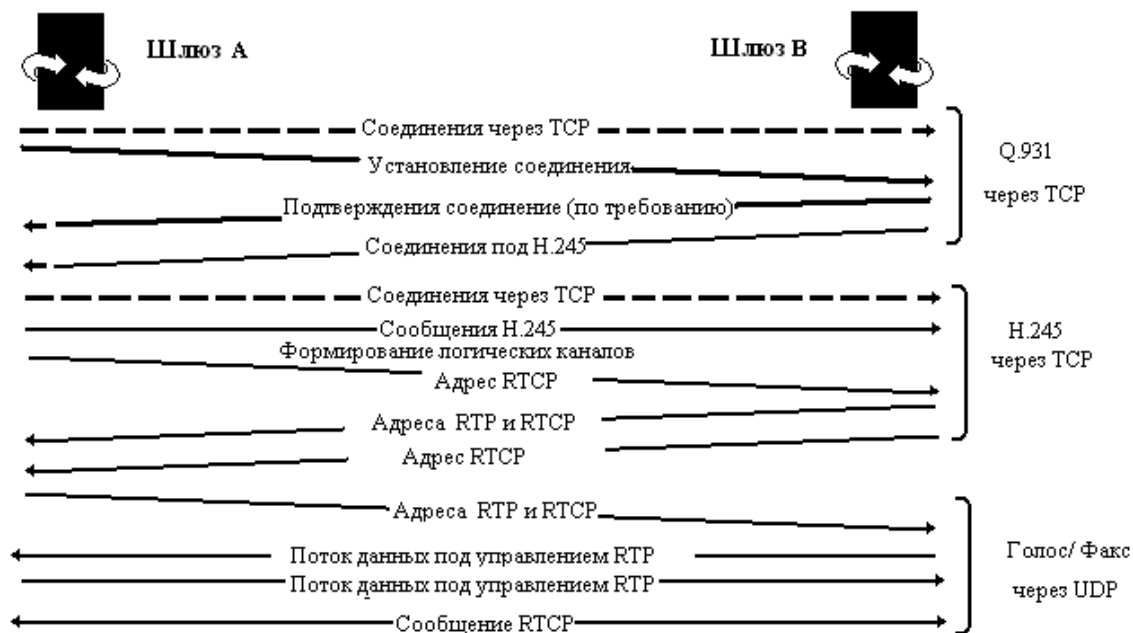


Рисунок 1.4 – Основные этапы взаимодействия между шлюзами «А» и «Б»

Чтобы решить некоторые проблемы, применяются специальные процессоры цифровой обработки сигналов DSP, которые кодируют голосовой сигнал, приходящий из СТОП, и фрагментируют его в аудио-кадры, а также выполняют обратное преобразование аудио-кадров в голосовой сигнал. Все это будет обсуждаться в последующих разделах. Другие функции осуществляются программным обеспечением и с применением обычного процессора общего назначения. Рисунок 1.5 показывает общую структуру программного обеспечения IP-шлюза.

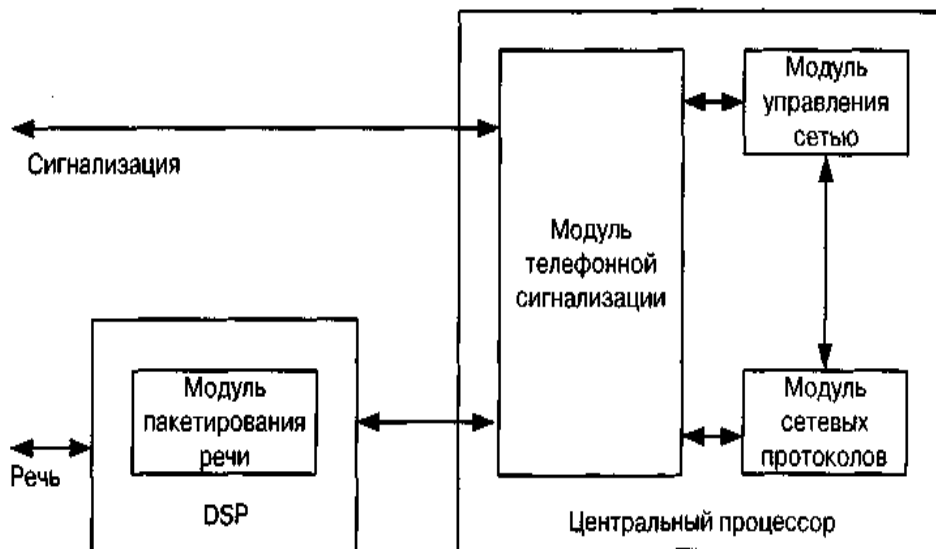


Рисунок 1.5 – Общая структура программного обеспечения IP-шлюза

Это программное обеспечение организует интерфейсы для голосовых сигналов и телефонной сигнализации, приходящих на шлюз из СТОП, и преобразует их в пакеты для передачи по IP-сети. Программное обеспечение разделено на несколько частей, чтобы обеспечивать точный интерфейс между программным обеспечением DSP и остальными программными средствами для разных протоколов пакетной передачи голоса. Программное обеспечение, выполняющее функцию передачи речи по IP-сети [50]:

а) модуль пакетизации речи (голоса). Этот модуль работает на специализированном процессоре цифровой обработки сигналов DSP и применяется для преобразования голосового сообщения, принимаемого из СТОП с постоянной скоростью, в закодированные по одному из алгоритмов аудио-кадры для дальнейшей передачи их по сетям с коммутацией пакетов IP, а также для обратного преобразования аудио-кадров в голосовое сообщение;

б) модуль обработки сигнализации телефонной связи, который взаимодействует с системами телефонии, конвертируя сигнальную информацию в последовательности событий, которые показывают модификации состояния процесса обработки звонка (создание вызова, отбой, и т.д.), которые применяются модулем логики услуг шлюза для создания соединений между СТОП и IP-сетью;

в) модуль сигнализации H.323 обрабатывает сигнальную информацию, передаваемую по протоколам H.225.0 и H.245. Информация об модификациях состояния процесса обработки звонка передается в модуль логики сервисов шлюза [13];

г) модуль логики сервисов шлюза VoIP отвечает за логику передачи обработки заявки из СТОП в IP-сеть. Здесь же осуществляются такие функции, как контроль доступа и анализ телефонного номера звонящего абонента (если используется сигнализация RAS, многие задачи могут быть возложены на gatekeeper сети VoIP), за которым следует определение и предоставление необходимых услуг.

Рассмотрим сценарий прохождения заявки в контакт-центре на примере упрощенной схемы, приведенной на рисунке 1.6 [9].

Предположим что, абонент, просматривающий веб-сайт организации, в какой-то момент решил, что ему требуется поговорить с сотрудником компании. Он нажимает на веб-странице специальную кнопку вида «Click for Agent» («Нажмите, чтобы связаться с оператором») (действие 1 на рисунке 1.6). При этом соответствующий URL-адрес посылается на сервер управления веб-взаимодействиями контакт-центра (2). Сервер осуществляет следующие операции: запускается специализированная программа, загружается апплет на персональный компьютер абонента (3) и выбирается виртуальный внутренний номер для данного звонка (4). Последняя функция, называется media blending (комбинирование средств), она фактически соединяет Интернет-сеть с телефонной средой. Далее выбранный виртуальный номер сообщается системе абонента (5), и та применяет этот номер для соединения с IP-телефонией через шлюз VoIP (6). Прием звонка отслеживается сервером

управления веб-взаимодействиями (7), который пересылает идентификатор звонка системе автоматического распределения вызовов ACD.

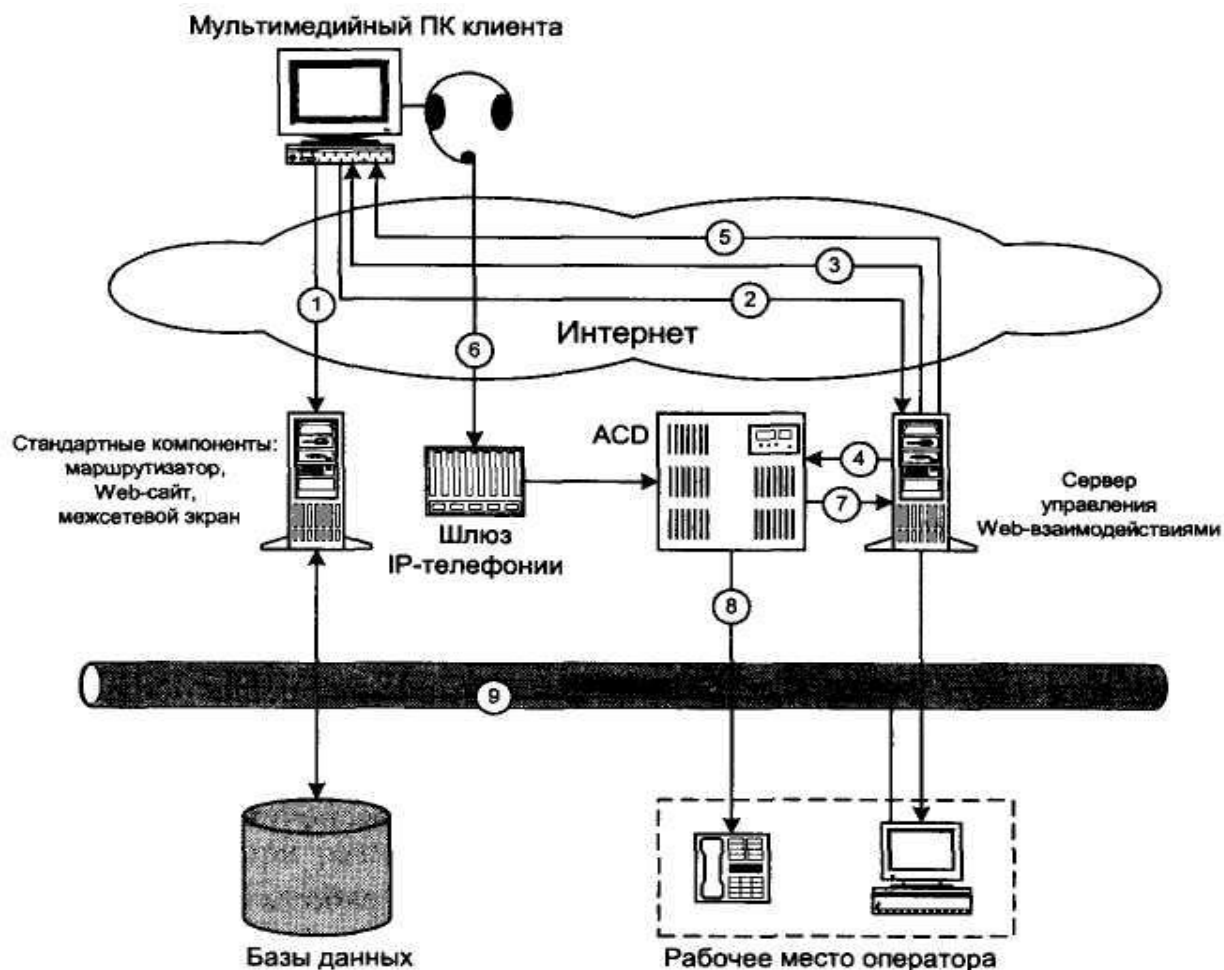


Рисунок 1.6 – Сценарий прохождения заявки в контакт-центре

Дальше запрос устремляется к первому свободному оператору (8), а различные приложения на основании идентификации звонка передают связанные с ним сведения (например, краткую информацию об абоненту) на персональный компьютер оператора (9). Та веб-страница, с которой абонент устанавливал вызов, тоже появляется на экране оператора. Итак, применяя инструменты IP-телефонии, абонент может по одной линии разговаривать с оператором, одновременно просматривать веб-сайт, обмениваться текстовыми сообщениями (чат) [51].

1.4 Услуги мультимедийного контакт-центра

Как указывалось ранее, мультимедийный центр обработки заявок (называемый контакт-центром или Internet Call Center или contact-центром)

организуется при соединении центра с веб-сайтом для предоставления услуг через сеть Интернет. При этом используются разные способы передачи данных в сети Интернет: электронная почта, голосовая связь через Интернет, интерактивная текстовая связь («чат»), передача факсимильных сообщений и др. Благодаря мультимедийным возможностям контакт-центра пользователи веб-сайта дается возможность выбора способа связи с необходимым оператором в зависимости от своих потребностей, предпочтения или настройки оборудования. Ниже описаны наиболее часто применяемые услуги мультимедийного контакт-центра.

Услуга по приему сообщений электронной почты. Электронная почта – популярная форма общения по средствам сети Интернет. Большинство пользователей сети Интернет, отдают предпочтение отправлять запросы с электронными письмами, чем томиться в ожидании, когда же их обслужить оператор контакт-центра. Сервис гарантирует прием сообщений электронной почты на общий адрес контакт-центра и направляет вызов на первого освободившегося оператора имеющего соответствующий уровень квалификаций.

Используя сеть Интернет для связи с абонентами, у контакт-центра появляется возможность повысить качество обслуживания абонентов и при этом же сократить стоимость обслуживания. Это связано с тем, что запросы, поступающие по электронной почте, можно обслуживать не сразу, а во время уменьшения нагрузки на операторов, и за счет этого, увеличивается эффективность работы оператора и всего контакт-центра в целом.

Мультимедийный контакт-центр должен иметь богатый набор инструментальных средств для обслуживания входящих сообщений электронной почты и следить за множествами почтовых ящиков, использующие разные системы e-mail, включая Microsoft Exchange, Lotus Notes и многие другие. Специальное ПО контакт-центра может применяться для установки правил автоматической маршрутизации электронной почты, на основе определенных ключевых слов, адресов электронной почты и другой информации. Входящие сообщения электронной почты могут быть поставлены в очередь и распределены между операторами, использующими средства автоматической маршрутизации. Возможно использование специальных программных средств лингвистики для сравнения входящих сообщений электронной почты с вопросом и ответом на основе базы знаний, чтобы автоматически сгенерировать ответы или предлагать их в случае отсутствия автоматике абонентам.

Услуга «IP-телефония» [43, 50]. Услуга «IP-телефония» дает возможность передавать голос (речь) по сетям IP (например, сети Интернет), тем самым используя с наибольшей эффективностью одну телефонную линию для передачи речи и данных. Обслуживание таких заявок происходит следующим образом. Звонящий абонент посылает свой запрос, предусматривающий технологию «голос поверх IP» – во время просмотра веб-страницы абонент нажимает на кнопку в экране с помощью мышки «Позвоните

нам». На экране у пользователя появляется окно «контроль вызова». На ПК абонента загружается специальное прикладное ПО «контроль вызова», написанное на программном языке Java. В окне «контроль вызова» пользователь может следить, как происходит установление соединения, а также получить доступ к таким возможностям, как текстовый разговор, «ориентированный просмотр» и др. Далее запрос поступает в контакт-центр для обслуживания его операторами. В зависимости от оперативной обстановки запрос может быть обработан по разным алгоритмам: помещен в очередь, где будет ждать свободного оператора; поступит к оператору, который первый освободился и имеющим соответствующий уровень квалификации; получит сообщения от автоинформатора и др.

При поступлении вызова на телефонный терминал оператора, на дисплее его ПК появляется веб-страница, с которой пришла заявка. Если звонящий клиент продолжал просматривать веб-сайт во время установления соединения, то он автоматически будет возвращен к стартовой странице. Во время сеанса соединения оператор и абонент могут одновременно просматривать одни и те же веб-страницы.

Или же они могут делать это самостоятельно, независимо друг от друга, а в необходимый момент щелкнуть мышкой кнопку «Переслать страницу» (функция «ориентированный просмотр»). После этого веб-страницы на их экранах становятся одинаковыми.

Услуга «Текстовый чат» [50]. Услуга «Текстовый чат», или «Web-чат», обеспечивает абоненту Интернет открытие сеанса текстовой беседы с операторами мультимедийного контакт-центра. Это особенно удобно для абонентов, не имеющих программно-аппаратных средств для ведения голосовых переговоров через сети Интернет. Текстовый разговор, или текстовый диалог, обеспечивается тем самым ПО «контроль вызова», которое загружается на ПК пользователя при установлении вызова. Текстовый диалог может, как сопровождать речевую сессию, так и заменять ее. В обоих случаях на ПК оператора контакт-центра загружается такое же ПО «контроль вызова», как у клиента, обеспечивающее должный интерфейс. Один оператор может вести несколько текстовых бесед одновременно с несколькими абонентами. Однако в отличие от обработки голосовых сообщений, в этом случае шлюз IP-телефонии не задействуется.

Услуга «Обратный вызов»[52]. Имеется две возможности запросить услугу «Обратный вызов» – с выходом в Интернет и без выхода. В первом случае у пользователя есть две телефонные линии (или цифровую абонентскую линию базового доступа 2B+D цифровой сети с интеграцией служб ISDN), то он может применить одну из них для доступа к сети Интернет, а другую для связи с сетью телекоммуникации общего пользования. В этом случае обеспечиваются опции текстового разговора, «ориентированный просмотр» и «совместное заполнение HTML форм». Во втором случае у абонента нет доступа к сети Интернет одновременно с разговором по телефону, поэтому у него не имеется такие функции, как текстовый диалог, «ориентированный

просмотр» и «совместное заполнение HTML форм».

После того, как клиент заказал услугу «Обратный вызов», на экране его персонального компьютера высвечивается сообщение вида: «Мы перезвоним Вам в течение нескольких минут». Если у абонента не имеется второй телефонной линии для связи по телефону, то он должен сразу же прервать сеанс соединения с Интернетом, для того, чтобы по освободившейся линии ему мог позвонить оператор контакт-центра.

Заявки на услугу «Обратный вызов» поступают в очередь к операторам контакт-центра и маршрутизируются точно так же, как и любые другие запросы. У выбранного агента на экране его персонального компьютера появится «всплывающее окно», содержащее номер телефона абонента, оставившего запрос. После этого, оператор нажимает мышкой на кнопку «Обратный вызов» и контакт-центр автоматически набирает номер абонента и устанавливает контакт.

Услуга совместного использования приложений [53]. Совместное использование программ выполняется оператором и абонентом при просмотре веб-страницы. Таким образом, оператор сопровождает абонента при просмотре веб-страниц и помогает найти нужную информацию. Для одновременного, синхронного просмотра веб-страниц требуется применять приложения, например Microsoft NetMeeting.

Услуга видеоконференции [39]. Услуга видеоконференции по сети Интернет пока не нашла обширного распространения среди абонентов по нескольким причинам. Первая причина – это техническая причина, например качество передаваемого сигнала и необходимость иметь в наличии специальной аппаратуры – видеокамеры. Вторая причина – большинство абонентов не хотят передавать свое изображение через сеть Интернет. Учитывая это, услуга видеоконференции была упрощена – сделана односторонней, т.е. видеокамера устанавливается на стороне оператора и абонент может видеть оператора, а оператор его – нет.

Так же, как для услуг IP-телефонии и текстового чата, для предоставления этой услуги нужна поддержка стандарта H.323. Если мультимедийный контакт-центр предоставляет услугу IP-телефонии, то внедрение новых технологических решений для того, чтобы поддерживать услугу видеоконференции, не требуется. Но в отличие от услуги текстового чата соответствующее ПО, например Microsoft NetMeeting, должно быть установлено как у оператора, так и у абонента.

Услуга получения заявки через веб-интерфейс [54]. Услуга получения заявки через веб-интерфейс и реализация вызова по обычному телефону из контакт-центра обеспечивают получение заявки в контакт-центр в виде письма в электронном виде и соединение оператора с абонентом, пославшим электронное письмо, через обычную телефонную связь.

Услуга стандартизированных сообщений [55]. Особенностью услуги стандартизированных сообщений (Unified Messaging) по сравнению с услугой голосовой почты является то, что в каждый почтовый ящик «на равных правах»

могут помещаться речевые, текстовые, факсимильные сообщения, а также файлы. В последнем случае не ставится ограничения на вид файла (программа, набор данных, графика, звук). Другими словами, в каждом почтовом ящике могут храниться мультимедийные сообщения, дающую возможность для дальнейшего обслуживания с помощью набора прикладных программных средств мультимедийного контакт-центра.

При работе с речевыми сообщениями реализуются стандартные сервисы, например автоответчик, голосовая почта и справочная служба.

Прибывшее факсимильное сообщение может быть перенаправлено одновременно нескольким или всем абонентам системы. Ему может быть присвоен статус частного или приоритетного. К факсимильному сообщению может быть добавлен речевой комментарий или оно может быть добавлено в виде комментария к голосовому сообщению. Таким образом, факсимильное сообщение поступает в почтовый ящик абонента. По желанию получателя оно может быть извлечено оттуда и выведено на экран монитора ПК либо направлено на указанный получателем принтер.

При реализации услуги стандартизированных сообщений возможно наличие двух специальных опции: «Текст-в-речь» и «Текст-в-факс». С помощью опции «Текст-в-факс» сообщения, полученные по электронной почте, распечатываются на факсимильном аппарате. Опция «Текст-в-речь» дает возможность абоненту прослушивать (например, с помощью телефона) адресованные ему сообщения электронной почты. Среди подобных функций следует также отметить функцию автоматического распознавания речи при организации взаимодействия с абонентом.

Услуга «Интернет по заказу»[56]. Пункты предоставления услуг Интернета (Интернет-кафе) пользуются все большей популярностью в Казахстане, сочетая в себе центры делового обслуживания, досуга и непосредственно предоставления услуг сети Интернет. Внедрение повременного учета стоимости местных телефонных переговоров, невысокое качество работы телефонных сетей, дороговизна специализированного оборудования, обеспечивающего высокоскоростной доступ к ресурсам сети, говорят о превосходных перспективах внедрения этой услуги.

Особенно эффективной она может стать при построении контакт-центра по распределенному принципу. При этом такие пункты могут быть организованы на основе территориально отдаленных отделений компании, осуществляющих свои непосредственные задачи и связанных с головным офисом фирмы. В этом случае повышается эффективность использования существующих каналов связи за счет их загрузки в нерабочее (вечернее) время, открывается источник дополнительных доходов.

При обращении абонента в контакт-центр, желающего воспользоваться данной услугой, оператор уточняет его персональные данные, полученные системой, и на их основе присваивает ему имя и пароль для входа в систему, обеспечивающую доступ в сеть Интернет. Получив эти данные, абонент перезванивает по указанному оператором номеру телефона на модемный пул

компании, оказывающей услугу, либо, в зависимости от принципов построения и возможностей данного центра, по тому же номеру телефона. В последнем случае задачу дальнейшей маршрутизации абонента выполняет система распределения вызовов контакт-центра.

Услуга «Интернет по заказу» относится к классу интеллектуальных услуг и при всей своей безусловной перспективности требует достаточно серьезного внимания со стороны как информационных, так и коммутационных систем контакт-центра. К тому же, существенное значение приобретает вопрос расчетов с абонентом за предоставленные услуги [57]. Проблема состоит в том, что услуги предоставляются в кредит. Если в роли поставщика данных услуг выступает местный оператор электросвязи, то вопрос решается достаточно легко. Сопровождение баз данных телефонных номеров и эффективная система расчетов с абонентами – это задачи, которые решаются системой расчетов контакт-центра. Современные аппаратно-программные средства биллинговых систем могут предложить решения и для рядовой компании, использующий контакт-центр. Оплата услуг по кредитным и клиентским картам, а также другим видам электронных платежей набирает большую популярность среди потребительских услуг [56].

1.5 Постановка задачи

Целью диссертации является повышение качества обслуживания клиентов контакт-центра на основе исследования и анализа процесса его функционирования и разработки эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика, методов расчета параметров, влияющих на качество обслуживания абонентов.

Для достижения поставленной цели следует выполнить следующие задачи:

- 1) анализ процессов функционирования контакт-центра;
- 2) аналитическое моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания;
- 3) определение управляемых параметров качества обслуживания контакт-центра;
- 4) разработка имитационной модели контакт-центра в системе GPSS World;
- 5) исследование на имитационной модели производительности работы контакт-центра;
- 6) выбор эффективного способа распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика.

2 Управление процессом функционирования контакт-центра

2.1 Моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания

Для исследования и анализа функционирования контакт-центра необходима математическая модель. Моделирование контакт-центра можно реализовать с применением теории массового обслуживания.

Теория массового обслуживания – отрасль прикладной математики, целью исследований которой является выбор структуры системы и процесса обслуживания на базе изучения потоков требований, поступающих в систему [58].

Система массового обслуживания (СМО) – состоит из устройств обслуживания, процессов поступления заявок, которые хотят быть обслуженными устройствами и процессом обслуживания [59].

Современные телекоммуникационные системы, выполняющие многопользовательские и многозадачные операции, могут быть рассмотрены как системы массового обслуживания [60].

Использование теории массового обслуживания позволяет:

- проанализировать и понять поведение системы, используя реальные данные;
- разработать проект будущей системы;
- разработать аналитическую модель для использования в анализе и проектировании системы;
- разработать имитационную модель будущей системы.

Теория массового обслуживания позволяет провести анализ производительности [58,60]:

- компьютерных систем;
- сетей;
- call или контакт-центров.

В теории массового обслуживания применяются распределения вероятностей случайных величин. В контакт-центре случайными величинами являются промежутки между поступлениями вызовов и время их обслуживания. Остановимся на распределениях вероятностей случайных величин, применяемых при моделировании контакт-центра [61].

Распределение Бернулли. Рассмотрим эксперимент, у которого есть только два возможных результата. Назовем их «успешным» и «неуспешным» результатом. Эти два результата являются несовместимыми и исчерпывающими событиями. Случайная переменная Бернулли присваивает значение $X = 1$ для «успешного» результата и значение $X = 0$ для «неуспешного» результата. Пусть p будет вероятностью появления «успешного» результата. Так как «успешный» и «неуспешный» результаты –

взаимоисключающие и исчерпывающие события, вероятность появления «неуспешного» результата равно $1 - p$ [61]. Функция распределения вероятностей с точки зрения случайной переменной Бернулли равно:

$$\begin{aligned} P\{X = 1\} &= p, \\ P\{X = 0\} &= 1 - p, \end{aligned} \quad (2.1)$$

где $0 \leq p \leq 1$.

Биномиальное распределение. Предположим, что n независимые испытания Бернулли выполнены, пусть X будет случайной переменной, представляющей количество успешных результатов в этих n испытаниях. Такую случайную переменную называют биномиальной случайной переменной с параметрами n и p [62]. Её функция вероятности:

$$P\{X = i\} = \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \quad (2.2)$$

где $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

Распределение Пуассона. Среди дискретных распределений вероятности распределение Пуассона – самое применимое в теории массового обслуживания. Случайная переменная Пуассона с параметром λ , где $\lambda > 0$, имеет следующее распределение [63]:

$$P\{X = i\} = \frac{e^{-\lambda} \lambda^i}{i!} \quad (2.3)$$

где $i = 0, 1, 2, \dots, \infty$.

Случайная переменная Пуассона надёжно моделирует количество вызовов, достигающих телефонной станции или интернет-провайдера за короткий период времени; например, несколько секунд или минут. Важным свойством случайной переменной Пуассона является приближение биномиального случайного переменного в случаях, когда n очень большой и p очень маленький, так, чтобы $n \cdot p$ не было ни слишком большим, ни слишком маленьким [61].

Равномерное распределение. Равномерное распределение – непрерывный тип распределения, который может принимать любое значение на реальном линейном отрезке ненулевой длины [60]. Функция плотности вероятности

равномерной случайной переменной принимает неотрицательные значения в интервале (a, b) и определяется как:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a < x < b \\ 0 & \end{cases} \quad (2.4)$$

Равномерная случайная переменная очень важна для моделирования в интервале $(0, 1)$. Почти у всех компьютерных программ есть функция, которая генерирует универсальную форму $(0, 1)$ случайных величин.

Экспоненциальное распределение. Наиболее распространенные модели очередей предполагают, что время между поступлениями вызовов и время их обслуживания распределенное по экспоненциальному закону. Это – одно из самых важных непрерывных распределений в теории массового обслуживания [61]. Плотность экспоненциального распределения с параметром $\lambda > 0$ определяется как:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0 & \end{cases} \quad (2.5)$$

Экспоненциальная случайная переменная может использоваться для моделирования времени, пока следующий вызов прибывает в систему. Интересно, такое время не зависит от того, когда последний вызов поступил в систему. Это свойство называется без последействия. Вероятность без последействия $P\{X > t + s | X > t\}$ верно для экспоненциального распределения и доказывается следующим образом:

$$\begin{aligned} P\{X > t + s | X > t\} &= \frac{P\{X > t + s, X > t\}}{P\{X > t\}} = \frac{P\{X > t + s\}}{P\{X > t\}} = \frac{e^{-\lambda(t+s)}}{e^{-\lambda t}} = \frac{e^{-\lambda t} e^{-\lambda s}}{e^{-\lambda t}} = e^{-\lambda s} = \\ &= P\{X > s\} \end{aligned}$$

Гамма-распределение. Пусть Y_1, Y_2, \dots, Y_n будет временами между возникновениями $n+1$ последовательных событий [63]. Определим X как:

$$X = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (2.6)$$

– если Y_i является экспоненциальной случайной переменной с параметрами $\lambda > 0, i=1, 2, \dots, n$ и Y_i -й – независимые параметры, тогда X функция плотности гаммы-распределения:

$$f(x) = \frac{\lambda^n}{(n-1)!} x^{n-1} e^{-\lambda x} I_{(0;\infty)}(x), \quad (2.7)$$

где:

$$I_{(0,\infty)}(x) = \begin{cases} 1, & x \in (0, \infty) \\ 0 & \end{cases} \quad (2.8)$$

Более общая формула функции плотности гаммы-распределения:

$$f(x) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} I_{(0,\infty)}(x), \quad \lambda > 0, \quad \alpha > 0, \quad (2.9)$$

где:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\alpha-1} dx \quad (2.10)$$

– если α – положительное целое число, его легко показать как $\Gamma(\alpha) = (\alpha-1)!$;

– если α не целое число, случайная переменная гаммы-распределения не может быть представлена суммой тождественно распределенных экспоненциальных случайных переменных;

– если $\alpha = 1$, функция плотности гаммы-распределения уменьшается до экспоненциальной функции плотности.

Распределение Эрланга. Распределение Эрланга является непрерывным распределением вероятности разработанная А.К.Эрлангом [64]. Это – случайная переменная, которая тесно связана с экспоненциальной случайной переменной и случайной переменной гаммы-распределения. Распределение Эрланга – особый случай гаммы-распределения, когда параметр формы – целое число. Это представляет собой сумму ряда экспоненциальных распределений.

А. К. Эрланг много работал в области моделирования трафика. Распределение Эрланга было разработано, чтобы исследовать количество телефонных вызовов, которые могли бы быть обслужены несколькими операторами одновременно. Эта работа над организацией телефонной очереди была расширена, чтобы исследовать время ожидания в системах массового обслуживания. Таким образом, есть две модели Эрланга, оба используемые при моделировании трафика:

– В-модель Эрланга – это самая простая модель из этих двух моделей и может быть использована, например, в Call-центрах для того, чтобы вычислить сколько соединительных линий нужно перенести для обслуживания телефонного трафика;

– С-модель Эрланга - эта модель намного сложнее, чем В-модель Эрланга и часто используется, например, чтобы вычислить, сколько времени должны будут ожидать звонящие абоненты, прежде чем быть соединенным с операторами в Call-центре [65].

Распределение Вейбулла. Распределение Вейбулла – один из часто используемых распределений в разработке надежности из-за многих форм, которые достигаются за счет различных значений наклонного параметра (β) [61]. Оно моделирует большое разнообразие данных и жизненных характеристик:

– если $\beta = 1$, распределение Вейбулла идентично экспоненциальному распределению;

– если $\beta = 2$, распределение Вейбулла идентично распределению Рэлея;

– если $3 < \beta < 4$, распределение Вейбулла аппроксимируется нормальным распределением;

– распределение Вейбулла аппроксимируется с логнормальным распределением для нескольких значений β , например $\beta = 0,18$.

Двухпараметрическая функция плотности распределения Вейбулла определяется как:

$$f(T) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{T}{\eta} \right)^\beta \right] I_{(0,\infty)}(T) \quad (2.11)$$

где $T \geq 0$, $\beta > 0$, $\eta > 0$;

η – масштабный коэффициент;

β – формирующий параметр.

2.1.1 Процесс Пуассона. Процесс Пуассона – очень полезный процесс для моделирования многих практических процессов, например, процессов поступления в моделях с очередями или процессов требования для систем с материально-техническими ресурсами. Опытным путем найдено, что при многих обстоятельствах, возникающие стохастические процессы могут быть хорошо моделированы процессом Пуассона [62].

2.2 Случайные величины в системе массового обслуживания

Среди прочего, модель очередей характеризуется следующими параметрами [63]:

– *процесс поступления заявок*. Обычно мы предполагаем, что время между поступлениями независимое и имеет равномерное распределение. Во многих практических ситуациях клиенты поступают согласно процессу

Пуассона (в котором время между поступлениями распределено по показательному закону) [59]. Клиенты могут прибывать в систему один за другим или группами. Пример группового прибытия – таможенный офис на границе, где должны быть проверены проездные документы пассажиров автобуса;

– *поведение клиентов*. Клиенты могут быть терпеливыми и готовыми ожидать или нетерпеливыми и покинуть систему через некоторое время. Например, в колл-центрах клиенты вешают трубку, прежде чем оператор будет доступен, если они вынуждены ждать очень долгое время и возможно они попробуют еще раз дозвониться через некоторое время [58];

– *время обслуживания*. Обычно мы предполагаем, что время обслуживания распределено независимо и тождественно и что они независимы от времени между поступлениями. Например, время обслуживания может быть детерминированным, распределено по экспоненциальному закону или иметь равномерное распределение. Может также произойти, что время обслуживания зависит от времени ожидания или длины очереди. Например, скорость обработки машин в производственной системе может быть увеличена, как только количество заданий, ожидающих обработки, становится слишком большим [51];

– *дисциплина обслуживания*. Клиенты могут быть обслужены один за другим или в групповом виде (объемные серверы, такие как автобусы, лифты и т.д. могут обслуживать одновременно несколько клиентов). Есть несколько видов дисциплины обслуживания в зависимости от поступления заявок для обслуживания [60]:

а) первым пришел – первым обслужился или метод «первым пришел – первым ушел» (FIFO), в порядке поступления;

б) обслуживание в случайном порядке (SIRO);

в) последним пришел – первым обслужился; или метод «последним пришел – первым ушел» (LIFO);

г) приоритетное обслуживание (например, срочные заказы, заявки с коротким временем обслуживания или клиенты с высоким приоритетом обслуживаются первыми).

– *количество серверов*. В системе может быть только один сервер или группа серверов для обслуживания клиентов [61];

– *длина очереди* или *емкость буфера*. Значение этого параметра может быть ограниченной. Например, в сети передачи данных, только несколько ячеек могут быть переданы в коммутатор [62].

2.2.1 Коэффициент использования сервера. Важной величиной для систем массового обслуживания является коэффициент обслуживания.

Коэффициент использования – доля времени, сколько в среднем сервер был занят обслуживанием.

Если имеется очередь к нескольким серверам, то тогда системный коэффициент использования это среднее значение коэффициентов использования каждого сервера [64].

2.3 Управляемые параметры контакт-центра

Выбор верных целей и задач, и определение должных показателей качества обслуживания являются наиболее значительными предпосылками успешного управления контакт-центром и его администрирования. Контакт-центр может стать полезным для абонентов и доходным для фирмы-владельца при условии, что управленческие решения проблем руководства принимаются на основе добротной информации и что стремления по улучшению технологического процесса сочетаются с рациональными целями и контролем работы отдельных сотрудников и их групп [66].

В условиях, когда имеется много возможностей мониторинга и управления контакт-центром приходится искать ответы на вопросы, такие как – на каком этапе развития находятся контакт-центр? Какой уровень качества обслуживания можно считать довольно высоким? Какие параметры управления влияют на качество обслуживания контакт-центра?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо выделить три ключевых управляемых параметра, которые должны применяться в каждом контакт-центре, предназначенном для обслуживания абонентов независимо от того, принадлежит ли он коммерческому предприятию или правительственному учреждению, торговой организации или организации, оказывающей услуги [66]:

- длина очереди – количество клиентов, ожидающих в очереди начала обслуживания во времени t ;

- время ожидания заявок в очереди – время, которое поступившая заявка должна ожидать, пока ее не начнут обслуживать операторы контакт-центра;

- вероятность ожидания поступившего вызова в очереди – вероятность того, что поступивший вызов застанет всех операторов занятыми, но, по меньшей мере, одно место для ожидания будет свободным, и вызов будет ожидать начала обслуживания в течение времени t .

Эти показатели качества обслуживания контакт-центра зависят от поступающего процесса, механизма и дисциплины обслуживания, которые подвергаются неопределенностям и, следовательно, лучше описываются как случайные величины. В следующем разделе приводятся модели многоканальных систем массового обслуживания и формулы для определения ключевых параметров управления той или иной СМО [66].

В данной работе исследуются параметры качества обслуживания, таких как длина очереди, время ожидания в очереди и вероятность потери вызовов при двух способах распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика. Для этого в имитационной модели изменяется количества операторов в контакт-центре, которые обслуживают телефонные вызовы.

2.4 Аналитическое моделирование контакт-центра

Переход от сетей телекоммуникаций общего пользования к сетям следующего поколения (NGN) привел к преобразованию Call-центров к мультисервисным контакт-центрам. В отличие от Call-центров контакт-центр представляет собой систему массового обслуживания (СМО), на которую поступают два вида заявок. Первый тип заявок – вызовы, поступающие от абонентов сети телекоммуникаций общего пользования (СТОП). Известно, что поток вызовов в этом случае будет пуассоновским, а время обслуживания случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону [67]. В символике Кендалла систему обслуживания телефонных вызовов можно представить как $M/M/V/r$, где V – количество операторов, $r=10$ вызовов – длина очереди. Второй тип заявок – вызовы, переданные через сеть Интернет [22,68]. В работах [67, 69] отмечено, что промежутки между поступлениями вызовов, поступающие на контакт-центр из сети Интернет, распределены по экспоненциальному закону. А распределение времени обслуживания таких вызовов, то есть время ответа на текстовые сообщения, близко к логнормальному закону, или к закону Парето. При этом логнормальное, как и Парето, относится к распределениям с так называемым “тяжелым хвостом” и обладает бесконечной дисперсией. В символике Кендалла систему обслуживания вызовов от сети Интернет можно представить как $M/G/V/r$.

В работах [22,68] не исследуются распределения операторов в контакт-центре для обслуживания вызовов разнородного трафика, что не дает возможность оценить параметры качества обслуживания.

2.4.1 Модель $M/M/V/\infty$. Рассмотрим модель $M/M/V/\infty$ многоканальную систему массового обслуживания с V одинаковыми обслуживающими приборами (операторами) и буфером неограниченной ёмкости (очередь с бесконечной длиной), в которую поступают заявки, образующие простейший поток с интенсивностью λ (рисунок 2.1). Длительность τ_b обслуживания заявок распределена по экспоненциальному закону со средним значением b . Выбор заявок из очереди на обслуживание осуществляется в соответствии с беспriorитетной дисциплиной обслуживания в порядке поступления по правилу «первым пришёл – первым обслужился» (FIFO – First In, First Out) [69].

В качестве основных характеристик функционирования СМО, будем использовать вероятность ожидания поступившего вызова в очереди, среднее время ожидания заявок t и среднюю длину очереди.

Точный метод расчета характеристик обслуживания заявок в многоканальной СМО разработан при следующих предположениях:

- поток заявок – простейший;
- длительность обслуживания заявок распределена по показательному закону со средним значением b ;

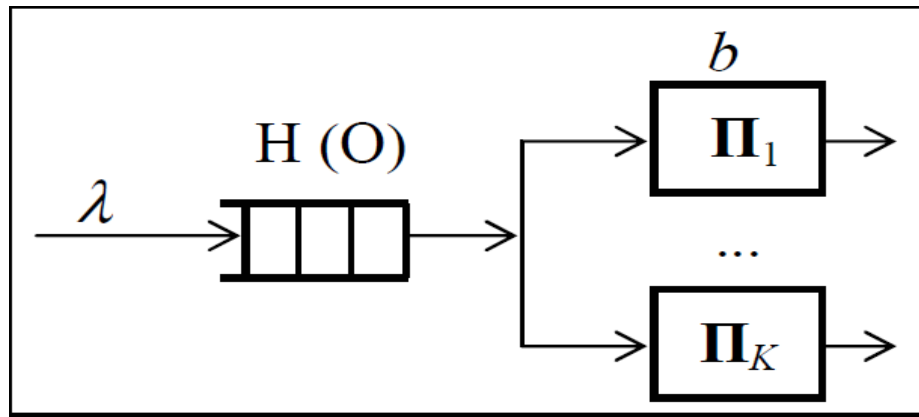


Рисунок 2.1 – Многоканальная система массового обслуживания

- все V приборы – одинаковые, и любая заявка может быть обслужена любым прибором;
- ёмкость накопителя – не ограничена;
- в системе отсутствуют перегрузки, то есть загрузка системы меньше 1:

$$\rho = \frac{\lambda b}{V} < 1.$$

а) вероятность ожидания поступившего вызова в очереди. Для простейшего потока заявок вероятность того, что поступивший в произвольный момент вызов не будет немедленно обслужен, а будет ожидать начала обслуживания в течение времени $\gamma > 0, P\{\gamma > 0\}$, есть доля времени, в течение которого все V линий пучка заняты и на ожидание находится $r=0, 1, 2, \dots$ вызовов [71,72]:

$$P = P_t = P\{\gamma > 0\} = \frac{E_V(A)}{1 - \left(\frac{A}{V}\right) \cdot [1 - E_V(A)]} = D_V(A) \quad (2.12)$$

где A – поступающая нагрузка, $A = \lambda t$;

V – количество обслуживающих приборов, в нашем случае операторов.

Формула (2.12) называется C или второй формулой Эрланга.

Величина $E_V(A)$ вычисляется по первой формуле Эрланга:

$$E_V(A) = \frac{\frac{A^V}{V!}}{\sum_{x=0}^V \frac{A^x}{x!}}.$$

C -формулу Эрланга можно представить в другом виде [73]:

$$P_w = \frac{\frac{A^V}{V!} \cdot \frac{V}{V-A}}{\sum_{i=0}^{V-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^V}{V!} \cdot \frac{V}{V-A}}$$

Эта формула используется для определения необходимого количества операторов. Формула табулирована [74,75].

б) математическое ожидание времени ожидания заявок в очереди [71]:

$$t = \frac{L}{A \cdot P} \quad (2.13)$$

в) математическое ожидание длины очереди [71]:

$$L = \frac{A}{V-A} \cdot P \quad (2.14)$$

2.4.2 Модель $M/M/V/r$ [72]. Эта модель отличается от предыдущей тем, что число мест для ожидания или длина очереди ограничена и заявка, поступившая в момент занятости всех V операторов контакт-центра и всех r мест ожидания, теряется и в последующем не оказывает на систему никакого влияния.

а) Вероятность того, что поступивший в произвольный момент вызов застанет всех операторов занятыми, но, по меньшей мере, одно место для ожидания будет свободным, и вызов будет ожидать начала обслуживания в течение времени $\gamma > 0$ определяется по формуле:

$$P_{\langle \gamma > 0 \rangle} = \frac{V \left[1 - \left(\frac{A}{V} \right)^r \right]}{\frac{V-A}{E_V(A)} + A \left[1 - \left(\frac{A}{V} \right)^r \right]} \quad (2.15)$$

б) Вероятность того, что поступившая заявка застанет всех операторов V и все r мест для ожидания занятыми и потеряется, определяется как:

$$P = \frac{\left(\frac{A}{V} \right)^r}{\frac{V-A}{E_V(A)} + A \left[1 - \left(\frac{A}{V} \right)^r \right]} \quad (2.16)$$

в) При заданном количестве операторов в системе V , интенсивности

поступающей нагрузки A и допустимой величине потерь P число мест для ожидания или длину очереди r можно рассчитать из выражения:

$$\left(\frac{A}{V}\right)^r = \frac{P}{E_V(A)} \frac{V - A \cdot \left(1 - E_V(A)\right)}{V - A(1 - P)} \quad (2.17)$$

г) математическое ожидание времени ожидания заявок в очереди [71]:

$$t = \frac{b}{V - A} \cdot \frac{b \cdot r \left(\frac{A}{V}\right)^r}{V - V \left(\frac{A}{V}\right)^r} \quad (2.18)$$

2.4.3 Модель $M/G/V/\infty$.

а) Средняя длина очереди в системе $M/G/1/\infty$ (пуассоновский поток пакетов на входе, произвольное распределение времени обслуживания) при бесконечном размере буфера рассчитывается по классической формуле Хинчина-Полячека [71]:

$$\bar{q} = \rho + \rho^2 \frac{1 + C_s^2}{2(1 - \rho)}, \quad \rho < 1, \quad (2.19)$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ – нагрузка системы массового обслуживания (отношение интенсивности входящего потока заявок к интенсивности их обслуживания);

$C_s^2 = \frac{D(t_s)}{\bar{t}_s^2}$ – квадратичный коэффициент вариации распределения

времени обслуживания;

$D(t_s)$ – дисперсия распределения времени обслуживания;

\bar{t}_s – среднее время обслуживания протокольного блока (датаграммы, пакета, кадра, ячейки) в системе.

Система $M/G/V/\infty$ работает в V раз быстрее, чем система $M/G/1/\infty$ поэтому заменим ρ на $\frac{\rho}{V}$ и C_s^2 на $\frac{C_s^2}{V^2}$. Поэтому средняя длина очереди в системе $M/G/V/\infty$:

$$\bar{q} = \frac{\rho}{V} + \frac{\rho^2}{V^2} \frac{1 + \frac{C_s^2}{V^2}}{2\left(1 - \frac{\rho}{V}\right)}, \quad \rho < 1, \quad (2.20)$$

Для определения средней длительности задержки в системе $M/G/1/\infty$ воспользуемся формулой Литтла:

$$\bar{q} = \lambda \bar{t}_q \quad (2.21)$$

Тогда средняя длительность задержки определится как:

$$\bar{t}_q = \frac{\bar{q}}{\lambda} = \bar{t}_s \left[1 + \rho \frac{1 + C_s^2}{2(1 - \rho)} \right] \quad (2.22)$$

Среднее время ожидания заявки в очереди для системы $M/G/V/\infty$:

$$\bar{t}_q = \frac{\bar{q}}{\lambda} = \bar{t}_s \left[1 + \frac{\rho}{V} \frac{1 + \frac{C_s^2}{V^2}}{2 \left(1 - \frac{\rho}{V} \right)} \right] \quad (2.23)$$

Для расчета средней длины очереди и средней длительности задержки необходимо знать значения дисперсии и математического ожидания (или коэффициента вариации) распределения времени обслуживания протокольного блока (время обслуживания пропорционально длине протокольного блока). В таблице 2.1 приведены выражения для расчета квадратичных коэффициентов вариации некоторых распределений, применяемых при оценке средней длительности задержки в сетях Интернет.

Еще одним важным параметром QoS является *вероятность потерь заявок*. Получение точных решений в замкнутой форме для систем такого типа при известных распределениях входящего потока и времени обслуживания сопряжено со значительными трудностями. Более эффективным является использование приближенных оценок.

Т а б л и ц а 2.1 – Квадратичные коэффициенты вариации для некоторых распределений

Распределение	Коэффициент C
Экспоненциальное (M)	$C^2 = 1$
Эрланга	$C^2 = \frac{1}{k}$ (k - порядок распределения Эрланга)
Гиперэкспоненциальное (H)	$\frac{1 - 2S + 2S^2}{2S(1 - S)}$, $0 < S \leq \frac{1}{2}$ (S - параметр гиперэкспоненциального распределения для случая суммы двух экспонент)

Продолжение таблицы 2.1

Распределение	Коэффициент C
Геометрическое (<i>Geom</i>)	$C^2 = \rho_i, \quad 0 < \rho_i < 1$ (ρ_i - параметр геометрического распределения)
Постоянное время обслуживания заявки (<i>D</i>)	$C^2 = 0$

2.4.4 Модель $M/G/V/r$. В этой модели обслуживаемый поток вызовов простейший с параметром λ . Вероятность потерь вызовов определяется первым распределением Эрланга:

$$P = \frac{\frac{A^V}{V!}}{\sum_{x=0}^V \frac{A^x}{x!}} \quad (2.21)$$

Средняя длина очереди и время ожидания заявок в очереди для системы $M/G/V/r$ рассчитывается выражениями (2.20) и (2.23) соответственно.

3 Исследование вопросов управления контакт-центром на имитационной модели

3.1 Общие сведения о системе моделирования GPSS World

Классическая теория массового обслуживания часто математически ограничена, чтобы смоделировать все реальные ситуации в контакт-центре. Это ограничение возникает, по причине, что базовые предположения теории не всегда уместны в реальном мире. Например, математические модели часто предполагают бесконечное количество клиентов, бесконечную длину очереди или никакого различия между временем поступления или обслуживания, когда довольно очевидно, что эти ограничения должны существовать в действительности. Но, несмотря на то, что эти ограничения действительно существуют, они могут быть спокойно проигнорированы, потому что различия между реальными и теоретическими значениями не настолько отличаются. В других случаях, теоретическое решение может или оказаться сложным или недостаточно информативным, чтобы быть полезным.

Таким образом, были изобретены альтернативные средства анализа [77, 78], чтобы обеспечивать решение некоторых проблем, которые не подходят для решения путем математического моделирования, хотя они часто специфичны для сценария обслуживания [79], так как обычно состоят из компьютерных моделирований и/или из анализа экспериментальных данных.

При имитационном моделировании на компьютере [80,81] имитируется процесс функционирования Contact-центра. При этом математическая модель реализуется в виде программы для компьютера. В результате различных экспериментов на компьютере [82, 83] собирается статистика, обрабатывается и выдается нужная информация. Следовательно, можно получить характеристики Contact-центра, исследовать факторы, влияющие на них.

Одной из систем моделирования, применяемых в отрасли телекоммуникаций, является GPSS World.

GPSS – General Purpose Simulation System, общецелевая система моделирования. Последняя версия *GPSS World* разработана компанией Minuteman (США), работает в операционной системе Windows [67,69,84,85].

Надо отметить, что *GPSS* – это язык моделирования системы массового обслуживания (СМО) [83].

Сообщения, в нашем случае заявки поступают в систему (в контакт-центр) в случайные моменты времени, становятся в очередь и ожидают момента начала обслуживания [86].

Заявки будут называться *транзактами*.

Транзакты являются динамически движущимися элементами модели GPSS. Работа GPSS-модели заключается в перемещении транзакта с одного блока на другой. В самом начале моделирования в модели не бывает ни одного

транзакта. Транзакты в процессе моделирования входят в модель в определенные моменты времени [87] и в соответствии с логическими требованиями, которые возникают в модели. Таким же образом транзакты покидают систему в определенные моменты времени. В общем случае [88] в модели может существовать большое количество транзактов, однако в один момент времени только один транзакт может двигаться по модели.

Следующими обязательными объектами GPSS модели являются блоки. Блоки представляют собой подпрограммы и содержат набор операндов для обращения к ним. В языке GPSS количество таких блоков более 50.

Для построения модели нужно выбрать требуемые блоки и выстроить их в логической последовательности в соответствии с поставленной задачей.

Модель в GPSS строится из отдельных элементов, называемых объектами.

Состояние GPSS-модели в любой момент времени определяется совокупностью состояний [89] всех объектов. Состояние GPSS-модели изменяется лишь тогда, когда транзакт – проходит через определенный блок [90]. Именно транзакт, двигаясь по модели, является инициатором смены состояний устройства, оборудования, статистических объектов и других транзактов [91, 92].

Конкретный физический смысл в транзакт вкладывает сам пользователь.

В имитационной модели Contact-центра под транзактом будем понимать вызовы, поступающие от абонентов сети телекоммуникаций общего пользования (СТОП) и сети Интернет.

3.2 Структура исследуемого мультисервисного контакт-центра

В данной работе исследуются параметры качества обслуживания, таких как длина очереди, время ожидания в очереди и вероятность потери вызовов при двух способах распределения операторов для обслуживания разнотипного трафика. В первом способе выделяются V_1 операторы для работы с вызовами абонентов телефонной сети и V_2 операторы для работы с текстовыми сообщениями, переданными через Интернет. Во втором способе все операторы отвечают на вызовы двух потоков, но вызовы от абонентов телефонной сети обладают абсолютным приоритетом. При поступлении вызова СТОП, оператор прерывает обработку Интернет заявки (текстовое сообщение) и отвечает на телефонный вызов, после этого возвращается к обработке текстового сообщения. Длина очереди ограничена (10 вызовов), если при поступлении любого вызова очередь переполнена, то вызов теряется.

На рисунке 3.1 представлена структура контакт-центра с двумя потоками вызовов. Среди вызовов, переданных через Интернет, исследуем только текстовые заявки.

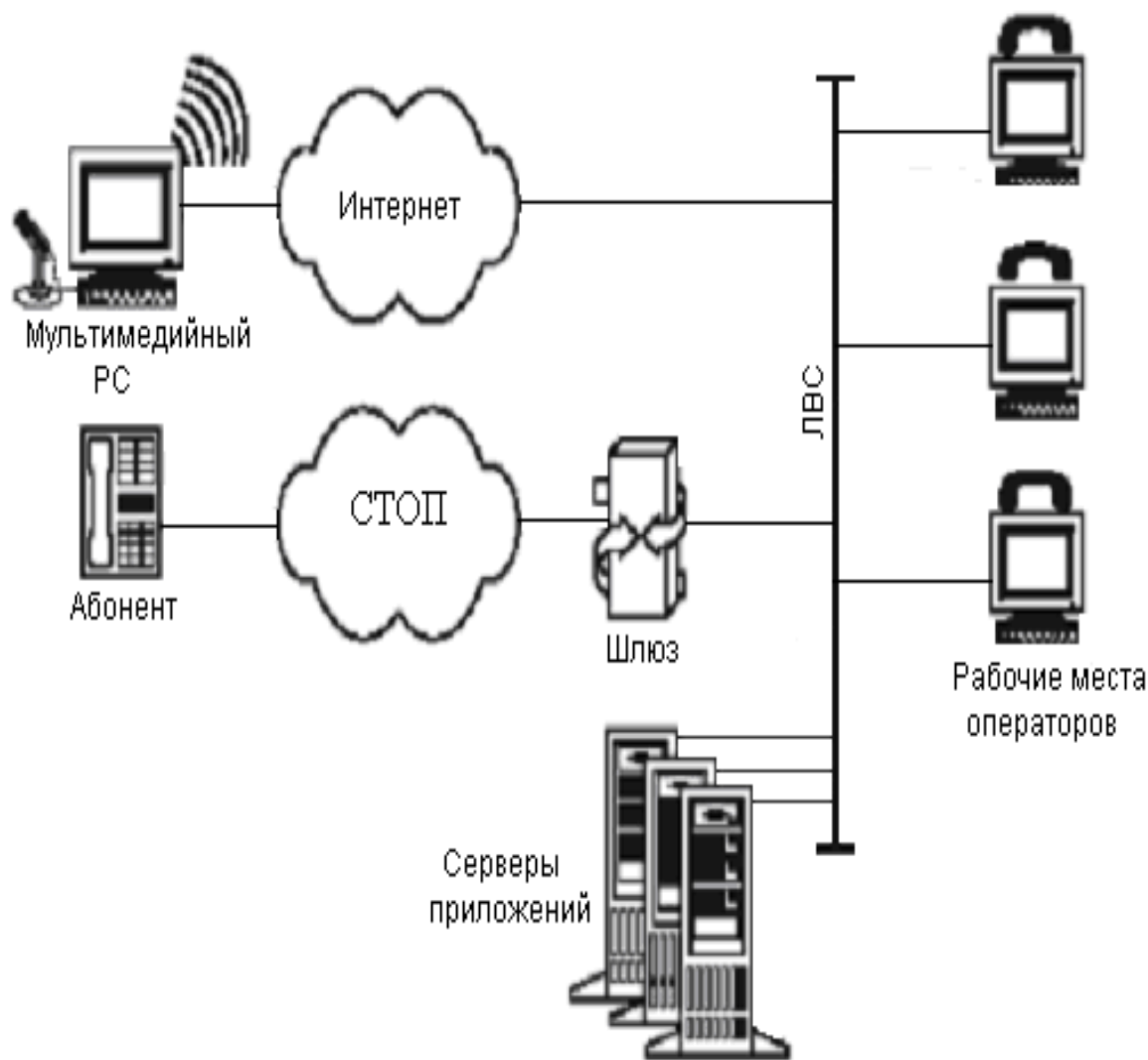


Рисунок 3.1 – Структура контакт – центра

Для анализа трафика, поступающего от абонентов СТОП, рассматривается входящий трафик колл-центра. Источником статистических данных для анализа был выбран колл-центр оператора связи в г.Алматы [93].

При обращении в колл-центр представляется возможным узнать причину отказа в предоставлении телекоммуникационной услуги и сроки устранения повреждения, а также подать заявку на устранение повреждения.

Колл-центр имеет 16 рабочих мест операторов. Режим работы колл-центра с 08:00 до 21:00 без выходных дней. В месяц в колл-центр поступает около 120-140 тысяч вызовов.

Вызовы поступают как с сетей телекоммуникаций общего пользования СТОП, так и с мобильных телефонов.

В колл-центре регулярно фиксируется статистика о вызовах: количество поступающих (входящий трафик), обслуженных и отвергнутых (получивших отказ в обслуживании) вызовов, среднее время обслуживания заявки.

Ежесуточно данные о количестве вызовов, поступающих с СТОП, собирались с интервалом в 1 час. На рисунке 3.2 представлена информация о

суточном графике за неделю.

На рисунке 3.2 последовательно отражены суточные графики по дням недели: ряд 1 – понедельник, ряд 2 – вторник, ряд 3 – среда, ряд 4 – четверг, ряд 5 – пятница, ряд 6 – суббота, ряд 7 – воскресенье.

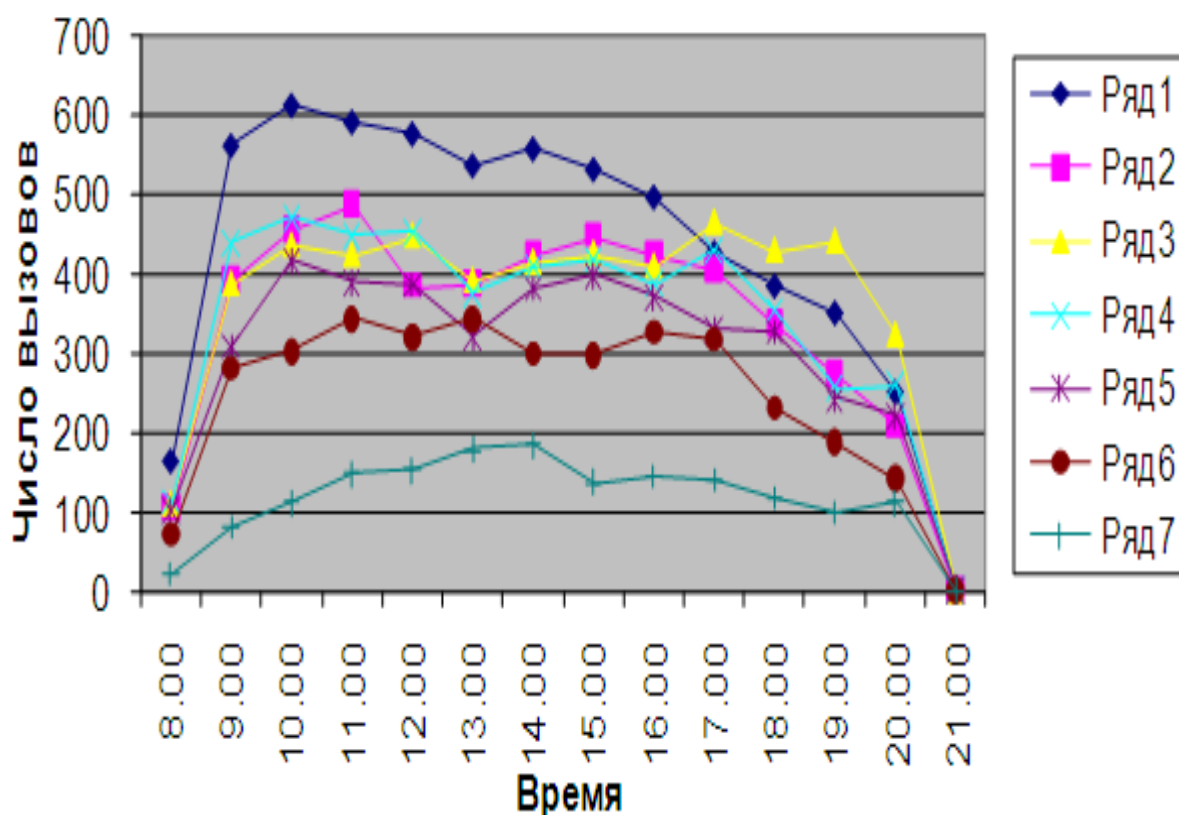


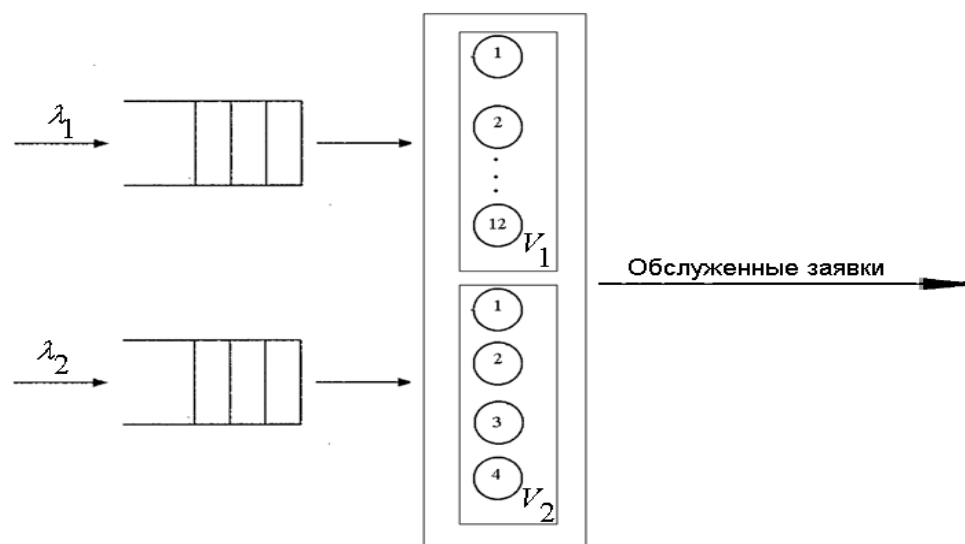
Рисунок 3.2 – Суточный трафик числа вызовов

Как видно из рисунка 3.2 наибольшая поступающая нагрузка приходится на понедельник, а наименьшая на воскресенье.

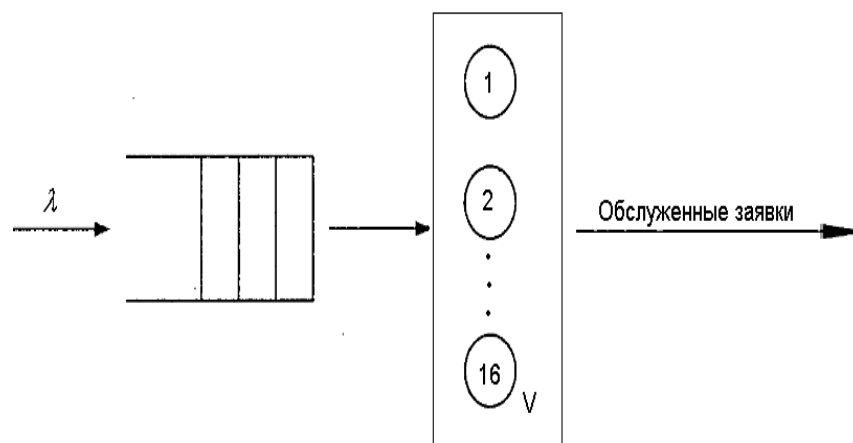
Значение входящего трафика возрастает с начала рабочего времени с 8.00 и до 11.00. Час наибольшей нагрузки (ЧНН) приходится на интервал 10.00 - 11.00. В интервале 13.00 – 14.00 нагрузка падает (обеденный перерыв) и опять возрастает. После 18.00 резко убывает.

Анализ суточного трафика показал, что поступающий поток вызовов является простейшим (пуассоновским) потоком, интенсивность поступления вызовов $\lambda=10$ выз/мин, а время обслуживания распределено по экспоненциальному закону со средним $h=2$ мин [94].

Для исследования процесса обслуживания вызовов в контакт-центре разработаны имитационные модели, реализующие два описанных способа распределения вызовов между операторами, в системе имитационного моделирования GPSS World, структура модели представлена на рисунке 3.3 [95].



а)



б)

Рисунок 3.3 – Два способа структуры распределения работы операторов контакт-центра

3.3 Проведение экспериментов для раздельного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет

Как говорилось выше, в первом способе распределения работы операторов контакт-центра выделяются V_1 операторы для работы с вызовами абонентов телефонной сети и V_2 операторы для работы с текстовыми сообщениями, переданными через Интернет. Длина очереди ограничена (10 вызовов), если при поступлении любого вызова очередь переполнена, то вызов теряется. Возьмем $V_1=12$ и $V_2=4$.

Листинг программы для отдельного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет показано на рисунке 3.4.

```

Centre STORAGE 12; задание числа операторов
Comp STORAGE 4; задание числа операторов
Vremya QTABLE ch_1,0.2,0.2,10
Dlina TABLE Q$ch_1,2,2,10
Cvrem QTABLE ch_2,10,10,10
Cdlin TABLE Q$ch_2,2,2,10
*****
GENERATE (Exponential(1,0,0.1)); формирование простейшего потока
TEST L Q$ch_1,10,Otkaz; проверка длины очереди
QUEUE ch_1; регистрация момента поступления заявки в очередь ch_1
ENTER Centre; попытка занять одного из операторов
DEPART ch_1; регистрация момента покидания заявки очереди ch_1
ADVANCE (Exponential(1,0,2)); задержка заявки
LEAVE Centre; освобождение одного оператора
TABULATE Dlina
TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки из модели
Otkaz TERMINATE 1; удаление заявки, получившей отказ
*****
GENERATE (Exponential(1,0,1.7)); формирование простейшего потока
TEST L Q$ch_2,10,Cotkaz; проверка длины очереди
QUEUE ch_2; регистрация момента поступления заявки в очередь ch_2
ENTER Comp; попытка занять одного из операторов
DEPART ch_2; регистрация момента покидания заявки очереди ch_2
ADVANCE (Lognormal(1,0,1.35,1.5)); задержка заявки
LEAVE Comp; освобождение одного прибора многоканального
TABULATE Cdlin
TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки
Cotkaz TERMINATE 1; удаление заявки, получившей отказ
START 100

```

Рисунок 3.4 – Листинг программы для отдельного обслуживания поступающих вызовов в контакт-центр

Модель состоит из трех сегментов: первый сегмент описывает многоканальное устройство и сбор статистических данных о длине очереди и времени ожидания заявки в очереди, второй сегмент описывает моделирование телефонных вызовов, а третий сегмент – Интернет заявок.

В модели оператор STORAGE описывает многоканальное устройство (МКУ). Емкость многоканальных устройств определяется количеством операторов для отдельного обслуживания заявок поступающих от сети телекоммуникации общего пользования (СТОП) и сети Интернет. Поступающие заявки в контакт-центре образуют две очереди: ch_1 – очередь к операторам СТОП и ch_2 – очередь к операторам сети Интернет. Для того чтобы смоделировать проверку длины очереди к операторам первого и второго типа, воспользуемся блоком TEST [67,69,85], который позволяет моделировать проверку состояния накопителя или очередь к многоканальному устройству.

Блок TEST в программе записан в следующем виде:

TEST L Q\$ch_1,10,Otkaz – для проверки длины очереди к операторам

СТОП;

TEST L Q\$ch_2,10,Cotkaz – для проверки длины очереди к операторам сети Интернет.

где: L – условный оператор (в нашем случае L означает «little – меньше»);

Q\$ch_1 или Q\$ch_2 – стандартный числовой атрибут, значение которого проверяется в соответствии с заданным условным оператором (в нашем случае Q\$ch_1 и Q\$ch_2 означает проверку длины очереди с именем ch_1 и ch_2, соответственно);

10 – предельная длина очереди, с которой сравнивается значение стандартного числового атрибута Q\$ ch_1 и Q\$ ch_2;

Otkaz и Cotkaz – имя альтернативного блока, которому передается транзакт, если указанное условие не выполняется (в нашем задаче транзакт будет передан оператору TERMINATE с именем Otkaz и Cotkaz, соответственно).

Таким образом, заявка, попав в указанный оператор TEST, перейдет к следующему по порядку оператору при условии, что длина очереди ch_1 и ch_2 меньше 10, а если длина очереди больше 10, то оператор TEST считает что очередь переполнена и направляет заявку СТОП и Интернет к оператору TERMINATE с меткой Otkaz и Cotkaz, соответственно. Операторы ENTER и LEAVE, моделируют занятие и освобождение многоканального устройства. Заметим, что в операторах ENTER и LEAVE могут использоваться два операнда A и B, где второй операнд B определяет количество занимаемых или освобождаемых операторов СТОП или Интернет в контакт-центре, причем при отсутствии операнда B его значение по умолчанию равняется 1.

В блоке ADVANCE реализуется время обслуживания заявки как случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону со средним значением в 2 минуты (одна единица модельного времени равна одной минуте) для вызовов, поступающих от СТОП и время обслуживания заявки как случайная величина, распределенная по логнормальному закону со средним значением в 1,5 минуты (одна единица модельного времени равна одной минуте) для вызовов, поступающих от сети Интернет.

Еще одной особенностью этой модели является наличие двух блоков TERMINATE для каждого вида заявок. Первый блок TERMINATE удаляет из модели обслуженные заявки, при этом из «Счетчика завершений» вычитается единица, потому что в операнде A блока TERMINATE стоит единица. Второй блок TERMINATE удаляет из модели необслуженные вызовы, то есть заявки, заставшие при поступлении в контакт-центр очередь заполненным и получившие отказ в обслуживании операторами, при этом из «Счетчика завершений» также вычитается единица. В этой модели второй блок TERMINATE нужен для того, чтобы получить информацию о доле обслуженных и потерянных (не обслуженных) вызовов.

Таким образом, составлена имитационная модель контакт-центра для отдельного обслуживания поступающих заявок: простейший поток вызовов с интенсивностью $\lambda = 10$ выз/мин, время обслуживания случайная величина,

распределенная по экспоненциальному закону со средним значением 2 мин., т.е. интенсивность обслуживания $\mu = 0,5$ для вызовов, поступающих от СТОП и простейший поток вызовов с интенсивностью $\lambda = 0,588$ выз/мин, время обслуживания случайная величина, распределенная по логнормальному закону со средним значением 1,5 мин., т.е. интенсивность обслуживания $\mu = 0,67$ для вызовов, поступающих от сети Интернет.

Запустим данную модель для 100 заявок. Для этого при запуске программы зададим команду START 100, означающем, что моделирование завершается после прохождения через систему 100 заявок.

Рассмотрим стандартный отчет моделирования (рисунок 3.5). В отчете показано, что количество поступивших заявок от СТОП и сети Интернет составляет (блок GENERATE) 118 и 8, а количество не обслуженных (потерянных) заявок, прошедших через второй блок TERMINATE с меткой Otkaz и Cotkaz, равно 24 для заявок СТОП и для Интернет заявок равно 0. Таким образом, доля потерянных вызовов в моделируемой системе составляет $24/118=0,203$, то есть 20,3% для заявок СТОП и $0/8=0$, т.е. 0% для Интернет заявок. Так как доля потерянных Интернет заявок составляет 0, не будем ее учитывать, следовательно, изменение количества операторов Интернет не требуется.

GPSS World Simulation Report - contact1.3.1							
Sunday, February 24, 2014 20:52:45							
START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000	12.548	20	0	2			
		NAME	VALUE				
		CDLIN	10007.000				
		CENTRE	10000.000				
		CH_1	10003.000				
		CH_2	10006.000				
		COMP	10001.000				
		COTKAZ	20.000				
		CVREM	10005.000				
		DLINA	10004.000				
		OTKAZ	10.000				
		VREMYA	10002.000				
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY		
	1	GENERATE	118	0	0		
	2	TEST	118	0	0		
	3	QUEUE	94	10	0		
	4	ENTER	84	0	0		
	5	DEPART	84	0	0		
	6	ADVANCE	84	12	0		
	7	LEAVE	72	0	0		
	8	TABULATE	72	0	0		
	9	TERMINATE	72	0	0		
	6	ADVANCE	84	12	0		
	7	LEAVE	72	0	0		

	8	TABULATE	72	0	0				
	9	TERMINATE	72	0	0				
OTKAZ	10	TERMINATE	24	0	0				
	11	GENERATE	8	0	0				
	12	TEST	8	0	0				
	13	QUEUE	8	0	0				
	14	ENTER	8	0	0				
	15	DEPART	8	0	0				
	16	ADVANCE	8	4	0				
	17	LEAVE	4	0	0				
	18	TABULATE	4	0	0				
	19	TERMINATE	4	0	0				
COTKAZ	20	TERMINATE	0	0	0				
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY	
CH_1	10	10	94	22	5.951	0.794	1.037	0	
CH_2	3	0	8	5	0.505	0.792	2.113	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
CENTRE	12	0	0	12	84	1	11.013	0.918	0
COMP	4	0	0	4	8	1	2.949	0.737	0
TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE		RETRY	FREQUENCY	CUM.%		
VREMYA	0.826	0.589			0				
			-	0.200		25	29.76		
			0.200	-	0.400	2	32.14		
			0.400	-	0.600	0	32.14		
			0.600	-	0.800	4	36.90		
			0.800	-	1.000	11	50.00		
			1.000	-	1.200	11	63.10		
			1.200	-	1.400	19	85.71		
			1.400	-	1.600	9	96.43		
			1.600	-	1.800	3	100.00		
DLINA	7.083	3.543				0			
			-	2.000		14	19.44		
			2.000	-	4.000	0	19.44		
			4.000	-	6.000	3	23.61		
			6.000	-	8.000	19	50.00		
			8.000	-	10.000	36	100.00		
CVREM	0.792	1.096				0			
			-	10.000		8	100.00		
CDLIN	1.500	1.291				0			
			-	2.000		3	75.00		
			2.000	-	4.000	1	100.00		

Рисунок 3.5 – Результаты моделирования для $V_1=12$ и $V_2=4$ при раздельном обслуживании поступающих заявок

Так как в модели с помощью оператора TABLE мы задали собрать статистику о длине очереди и времени ожидания заявок в очереди, то эту статистику удобнее представить в виде гистограмм (рисунки 3.6-3.9).

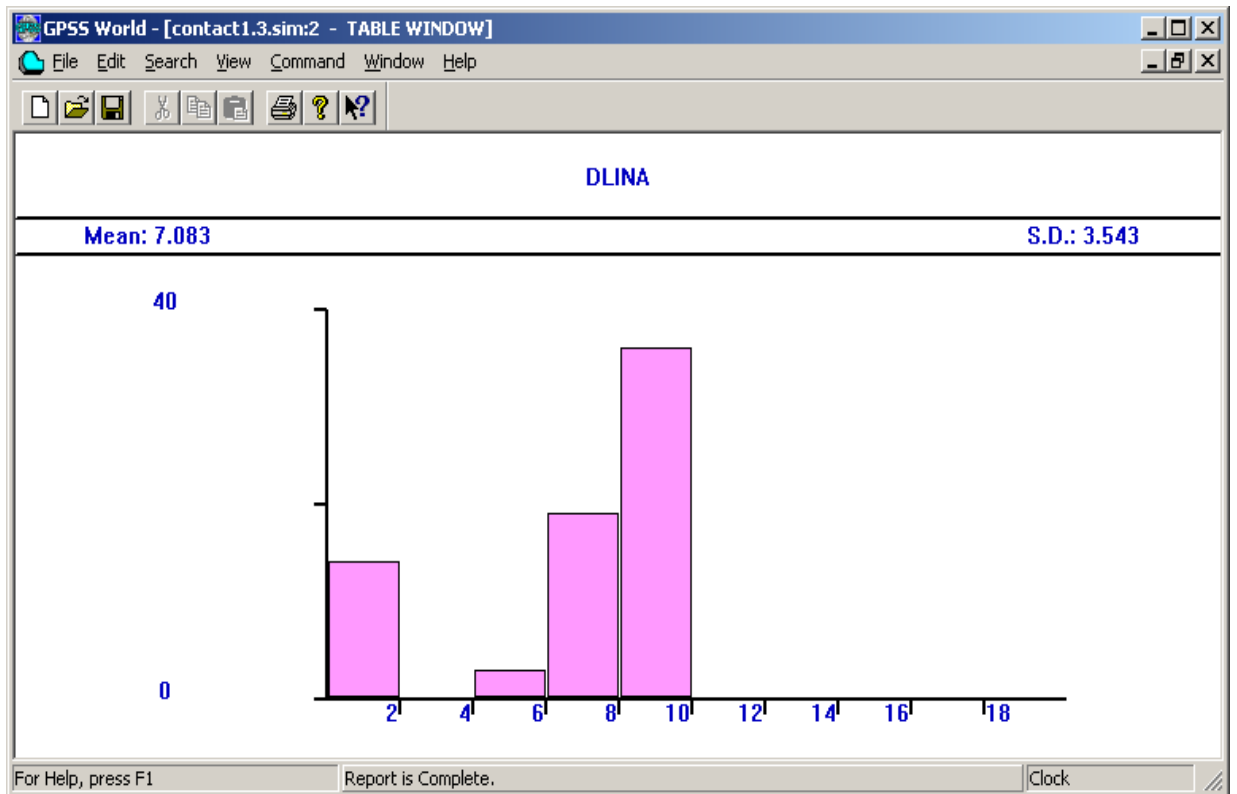


Рисунок 3.6 – Распределение длины очереди для заявок СТОП при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12$, $V_2=4$

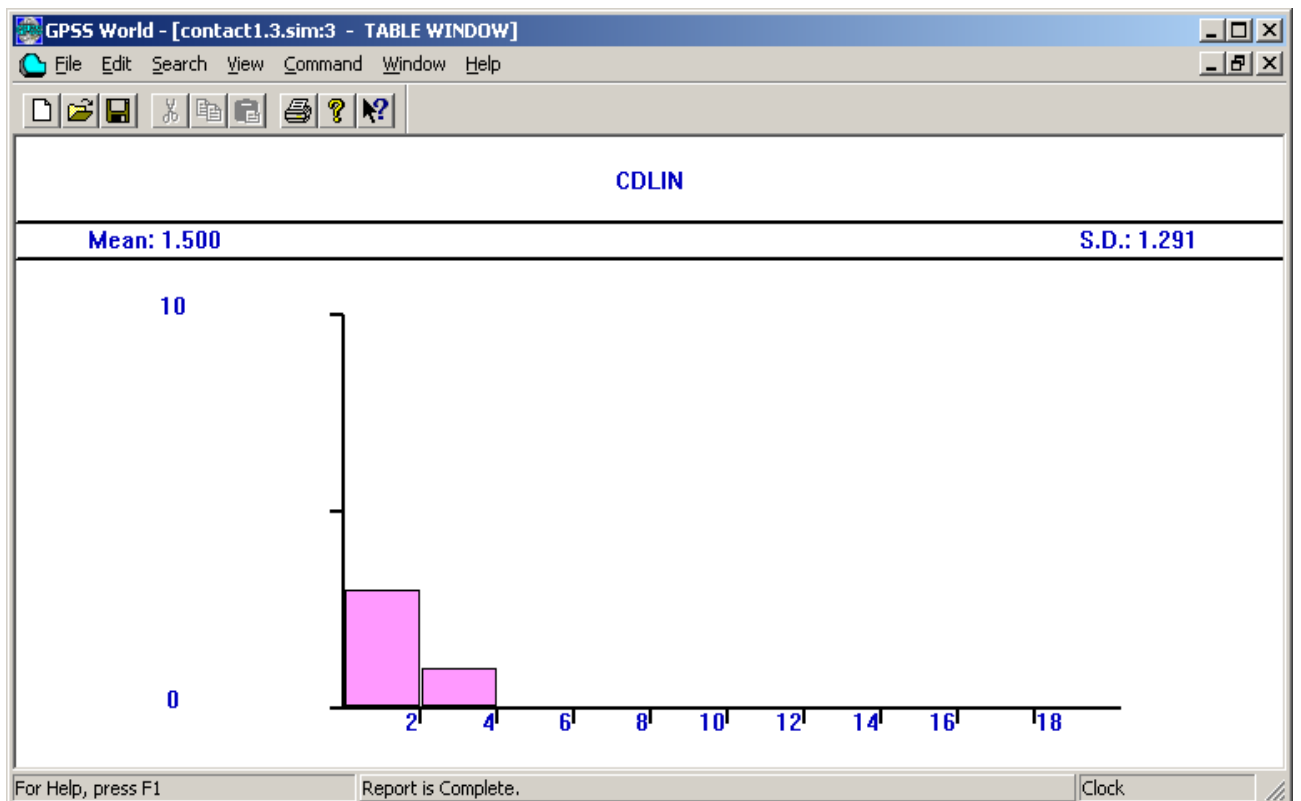


Рисунок 3.7 – Распределение длины очереди для Интернет заявок при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12$, $V_2=4$

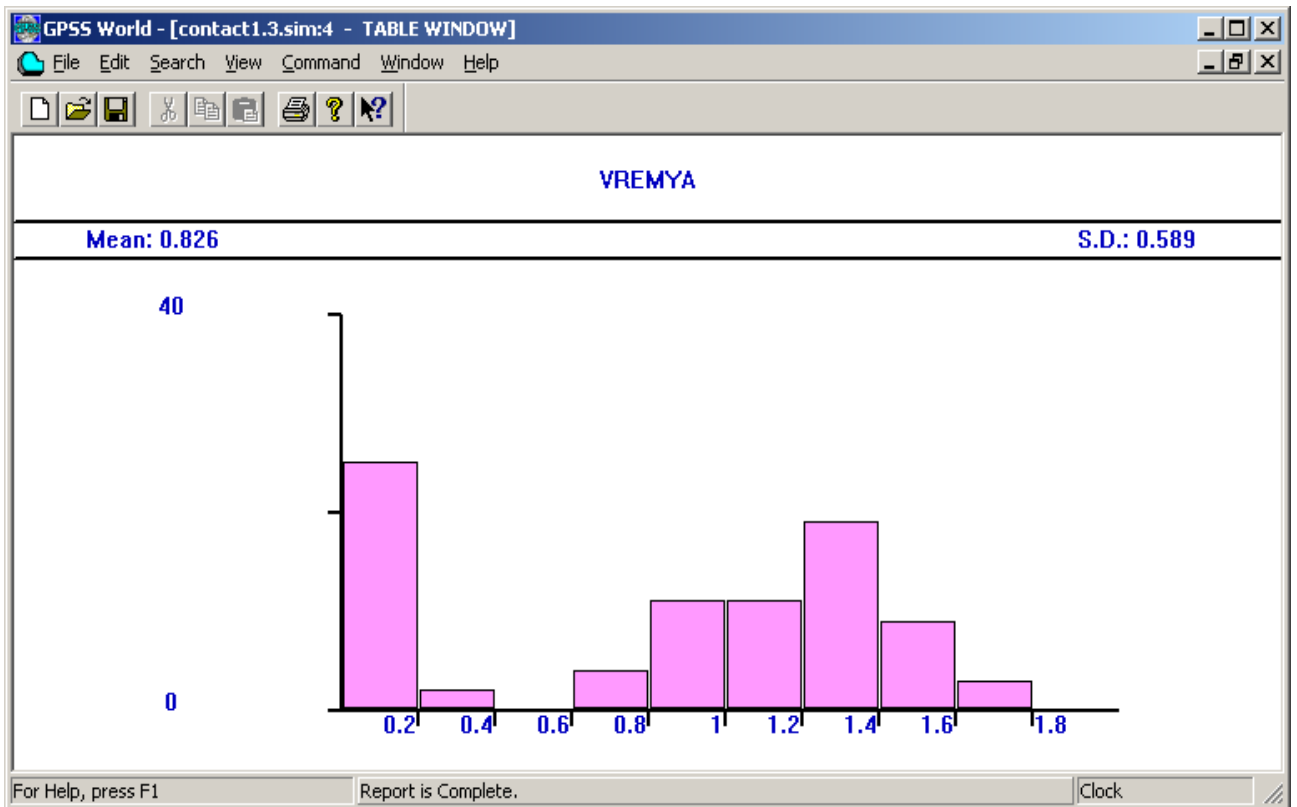


Рисунок 3.8 – Распределение времени ожидания заявок СТОП в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12$, $V_2=4$

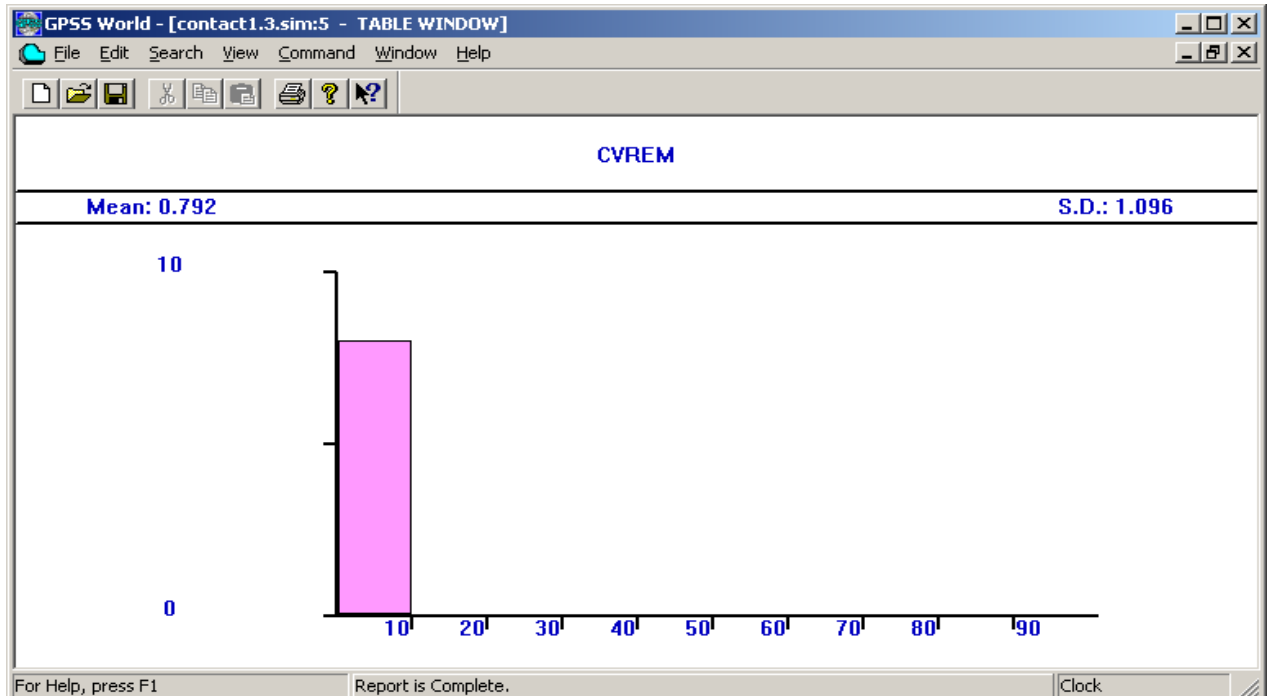


Рисунок 3.9 – Распределение времени ожидания заявок от сети Интернет в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=12$, $V_2=4$

Изменим количество операторов СТОП на 13, и посмотрим, как это

отразится на длину очереди и время ожидания в очереди для двух типов заявок (рисунки 3.10-3.13).

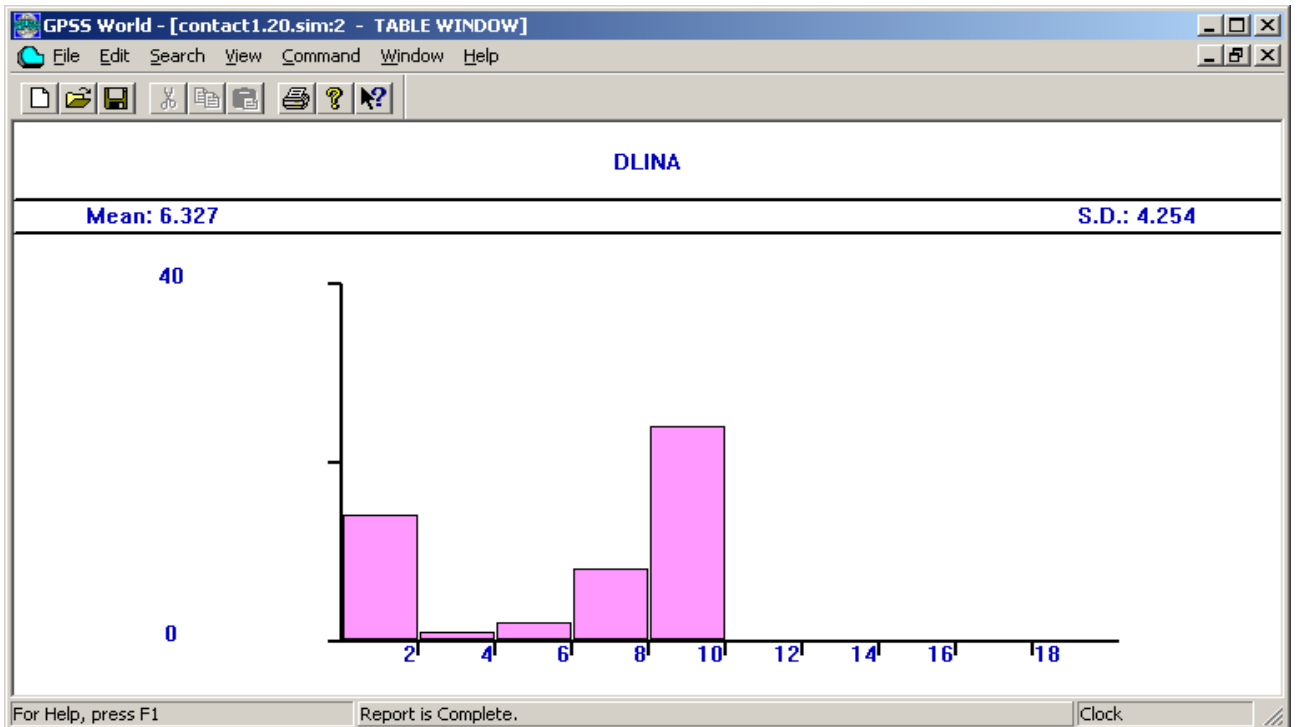


Рисунок 3.10 – Распределение длины очереди для заявок СТОП при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=13$, $V_2=4$

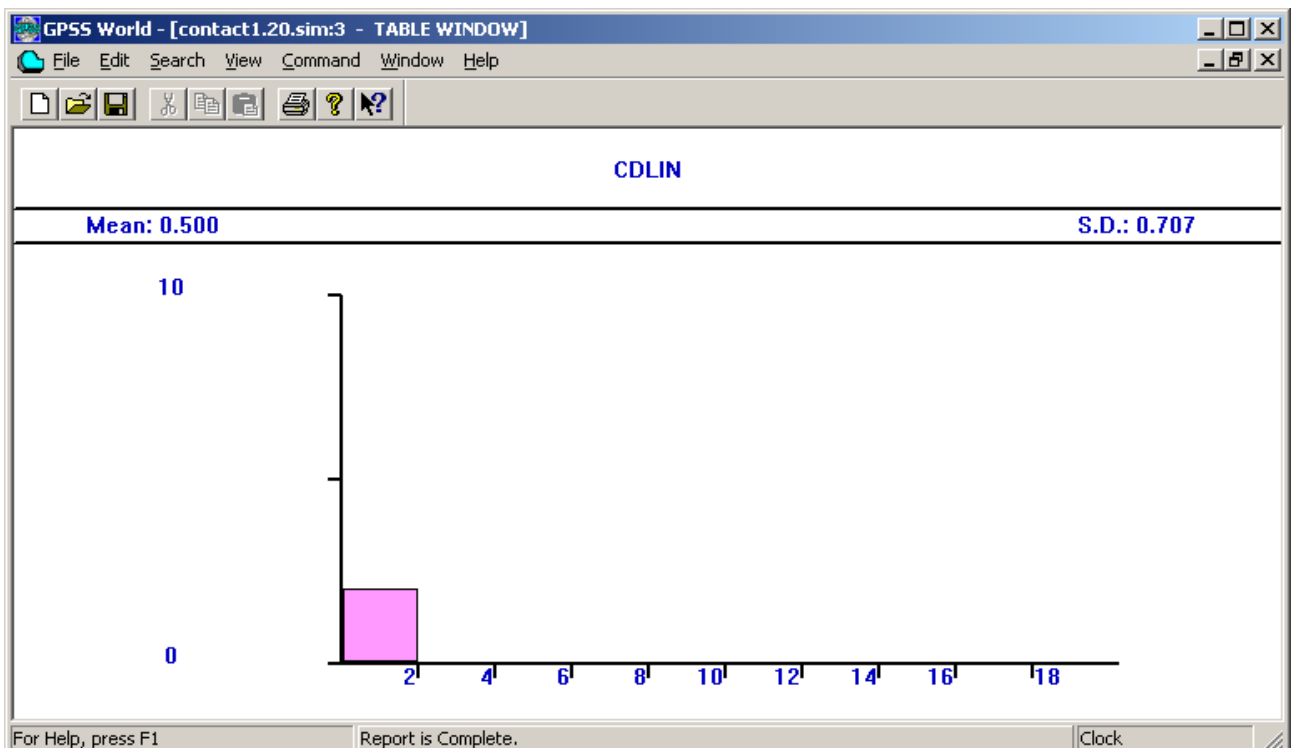


Рисунок 3.11 – Распределение длины очереди для Интернет заявок при раздельном обслуживании поступающих вызовов для $V_1=13$, $V_2=4$

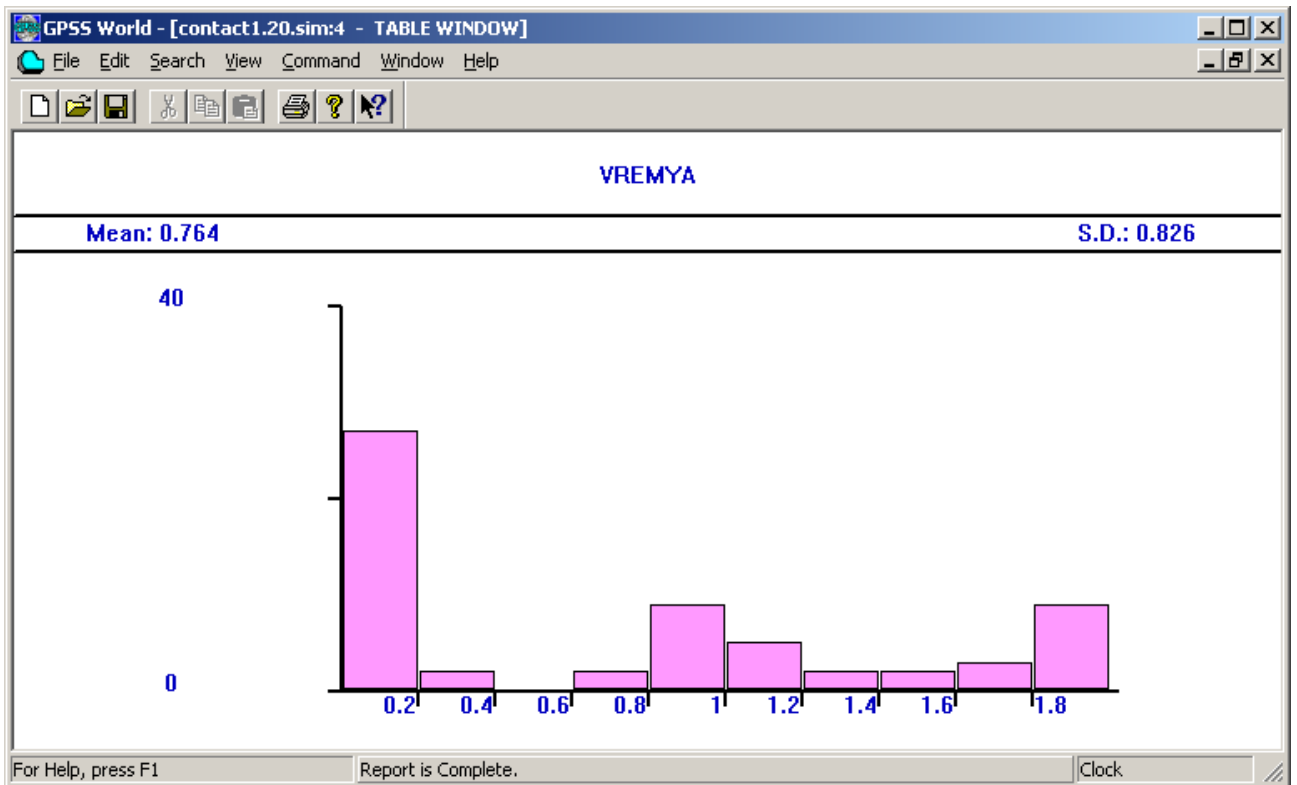


Рисунок 3.12 – Распределение времени ожидания заявок СТОП в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=13$, $V_2=4$

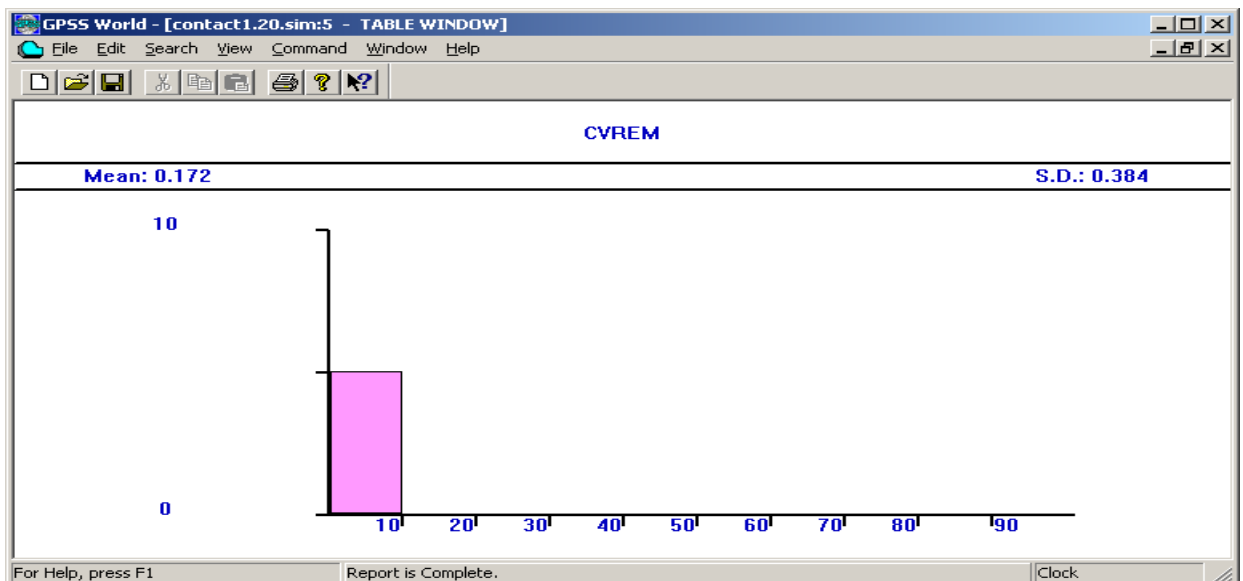


Рисунок 3.13 – Распределение времени ожидания заявок от сети Интернет в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=13$, $V_2=4$

Сравнивая рисунки 3.6 и 3.10, 3.7 и 3.11, 3.8 и 3.12, 3.9 и 3.13 можно заметить, что при увеличении количества операторов уменьшается математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение того или иного показателя качества работы контакт-центра.

Для нахождения оптимальных значений параметров СМО изменяем количество операторов СТОП, а количество операторов Интернет оставим равным 4, полученные значения вносим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты при изменении количества операторов СТОП

Количество всех операторов	Доля потерянных заявок СТОП	Средняя длина очереди СТОП	Средняя длина очереди Интернет	Среднее время ожидания заявок СТОП в очереди	Среднее время ожидания Интернет заявок в очереди
14	0,354	7,290	0,540	1,157	0,782
15	0,364	6,792	0,009	1,017	0,018
16	0,203	5,951	0,505	0,794	0,792
17	0,408	5,770	0,082	0,853	0,172
18	0,233	4,767	0,394	0,606	0,576
19	0,215	4,887	0,136	0,614	0,203
20	0,185	4,552	0,964	0,558	1,492
21	0,160	4,206	0,366	0,482	0,630
22	0,056	2,974	0,072	0,326	0,185

Как видно из таблицы 3.1, количество работающих операторов СТОП при их увеличении с 10 до 18 оказывает значительное влияние на долю потерянных заявок СТОП, среднюю длину очереди, время ожидания заявок в очереди снижая их с 35,4% до 5,6 %, с 7,290 вызовов до 2,974 вызовов, с 1,157 минут до 0,326 минут, соответственно.

График зависимости доли потерянных заявок СТОП от количества всех операторов, построенная в MS Excel, представлен на рисунке 3.14.



Рисунок 3.14 – График зависимости доли потерянных заявок СТОП от изменения количества всех операторов (V) при раздельном обслуживании поступающих заявок

Из рисунка 3.14 видно, что изменение количества операторов хорошо влияет на вероятность отказа системы контакт-центра. Чем больше операторов,

тем ниже вероятность отказа системы.

Построим графики зависимости длины очереди и времени ожидания заявок в очереди от количества операторов СТОП в контакт-центре. График зависимости средней длины очереди двух типов заявок от количества операторов в системе представлен на рисунке 3.15.

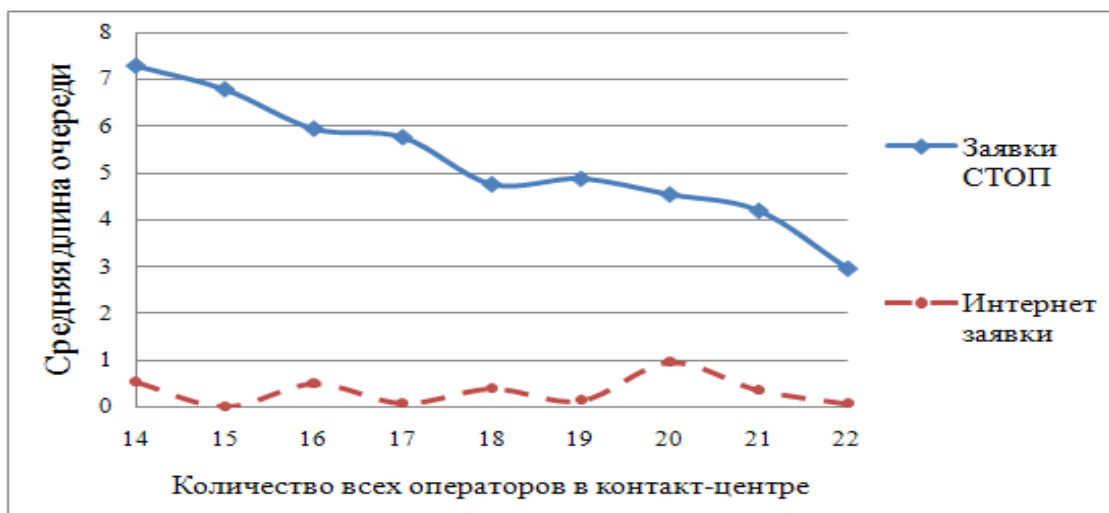


Рисунок 3.15 – Зависимость средней длины очереди для двух типов заявок от изменения количества операторов при раздельном обслуживании поступающих заявок

График зависимости среднего времени ожидания двух типов заявок в очереди от количества операторов в системе представлен на рисунке 3.16.



Рисунок 3.16 – Зависимость среднего времени ожидания заявки в очереди от изменения количества операторов при раздельном обслуживании

Из таблицы 3.1, рисунков 3.14 – 3.16 можно увидеть, что оптимальным количеством операторов для уменьшения вероятности отказа системы до 5,6%, средней длины очереди и времени ожидания заявок в очереди для двух типов

заявок является 18 операторов СТОП и 4 оператора Интернет заявок, т.е. 22 операторов в системе.

Так как мы установили что, 22 оператора в контакт-центре является оптимальным количеством операторов, необходимо предоставить соответствующие гистограммы длины очереди и время ожидания в очереди для двух типов заявок (рисунки 3.17 – 3.20).

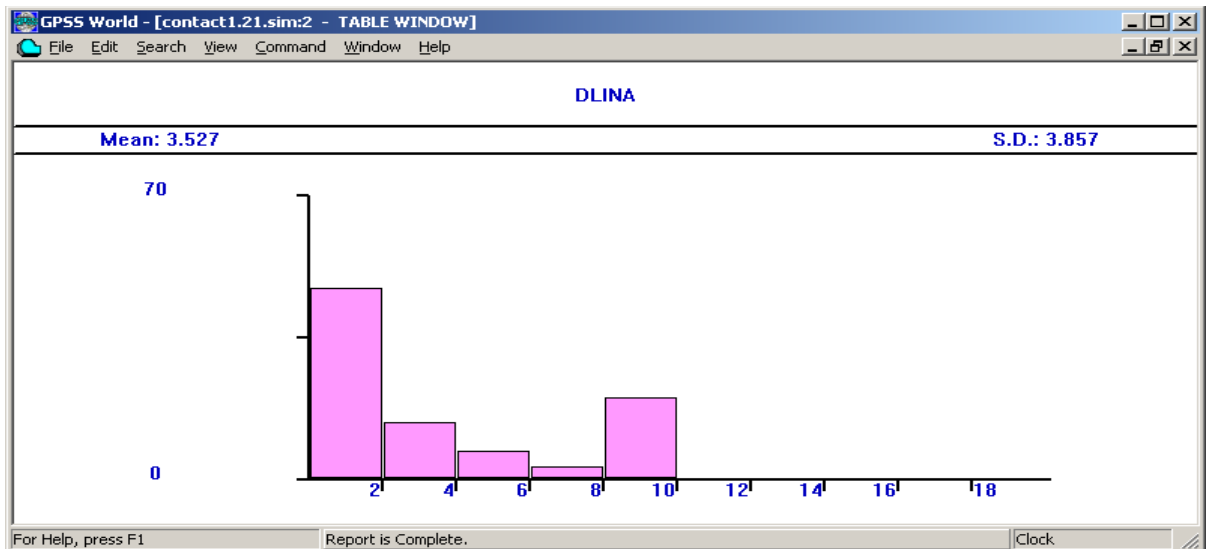


Рисунок 3.17 – Распределение длины очереди для заявок СТОП при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=18$, $V_2=4$

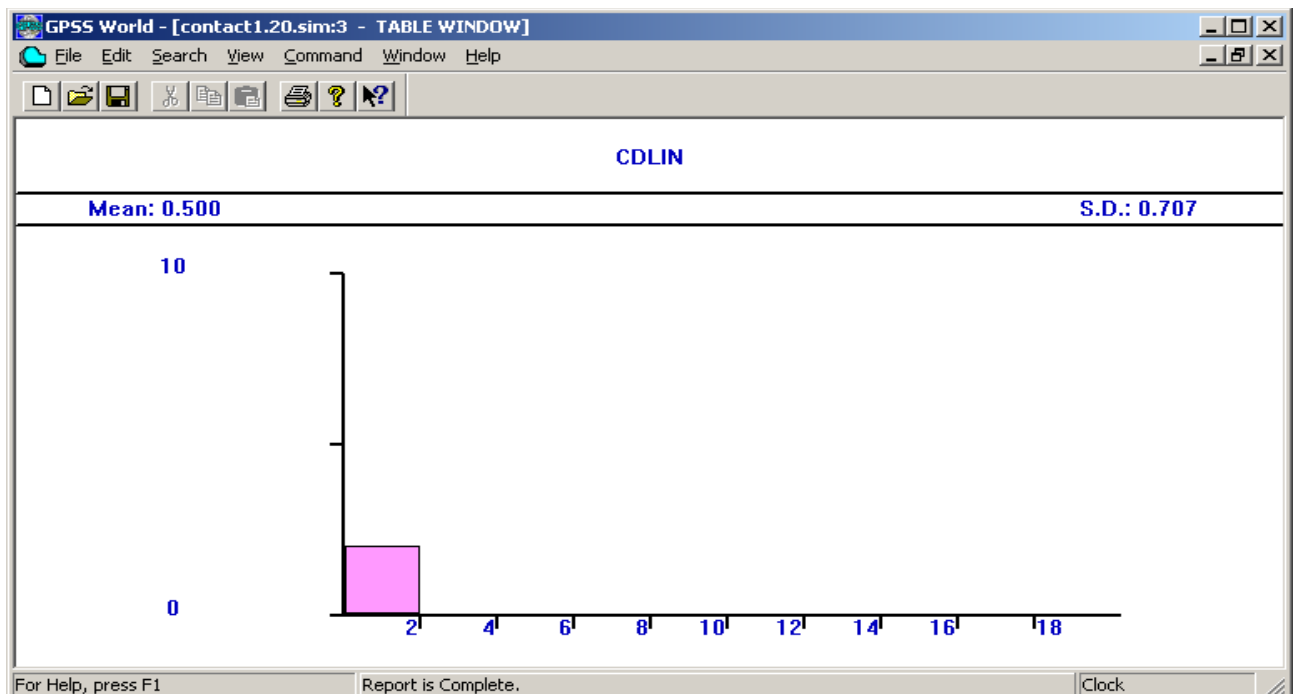


Рисунок 3.18 – Распределение длины очереди для Интернет заявок при раздельном обслуживании поступающих вызовов для $V_1=18$, $V_2=4$

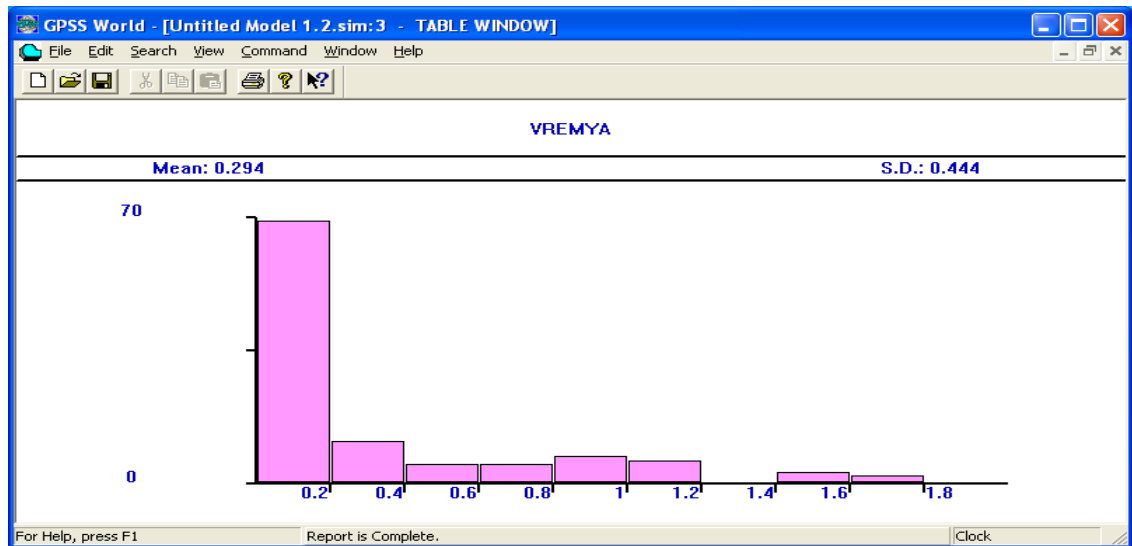


Рисунок 3.19 – Распределение времени ожидания заявок СТОП в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=18$, $V_2=4$

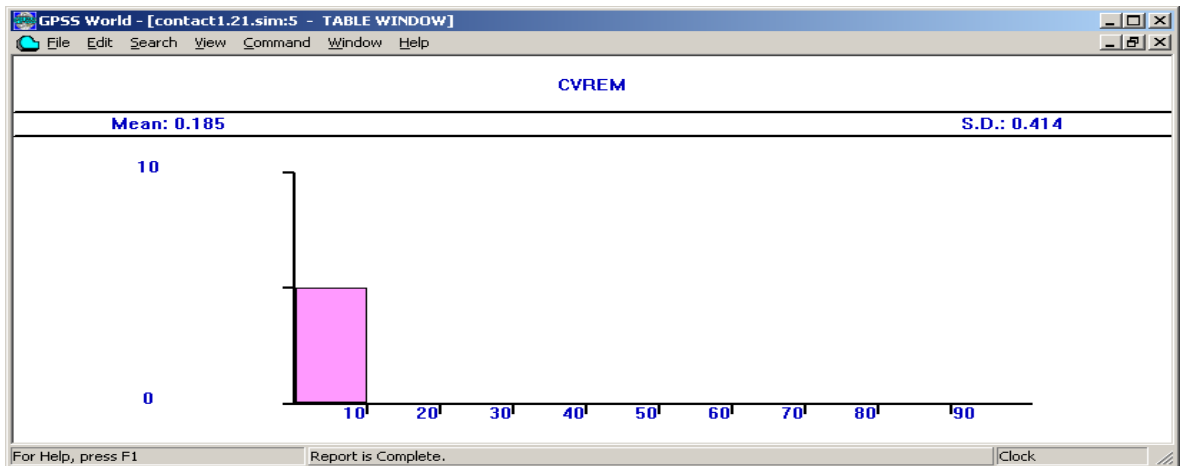


Рисунок 3.20 – Распределение времени ожидания заявок от сети Интернет в очереди при раздельном обслуживании поступающих вызовов и $V_1=18$, $V_2=4$

Все эти значения взяты из экспериментов произведенные только один раз для каждого значения количества операторов, значения отклоняются друг от друга на случайные величины (рисунки 3.14 – 3.16), поэтому чтобы их систематизировать необходимо для каждого значения количества операторов делать эксперимент не менее пяти раз.

При проведении эксперимента необходимо выполнить последовательно несколько прогонов, лишь слегка изменяя версию модели. Было бы удобнее, если бы эти изменения производились за один этап моделирования. В программной среде GPSS World это достигается за счет использования команды CLEAR. Формат записи команды:

CLEAR [A].

Запустим данную модель для 100 заявок. После этого мы получим десять отчетов различного содержания (рисунок 3.22). Они могут отличаться следующими значениями:

- время моделирования;
- количество поступивших, обслуженных и получивших отказ вызовов;
- средняя длина очереди;
- среднее время ожидания заявок в очереди;
- коэффициент использования операторов первой и второй группы и т.д.

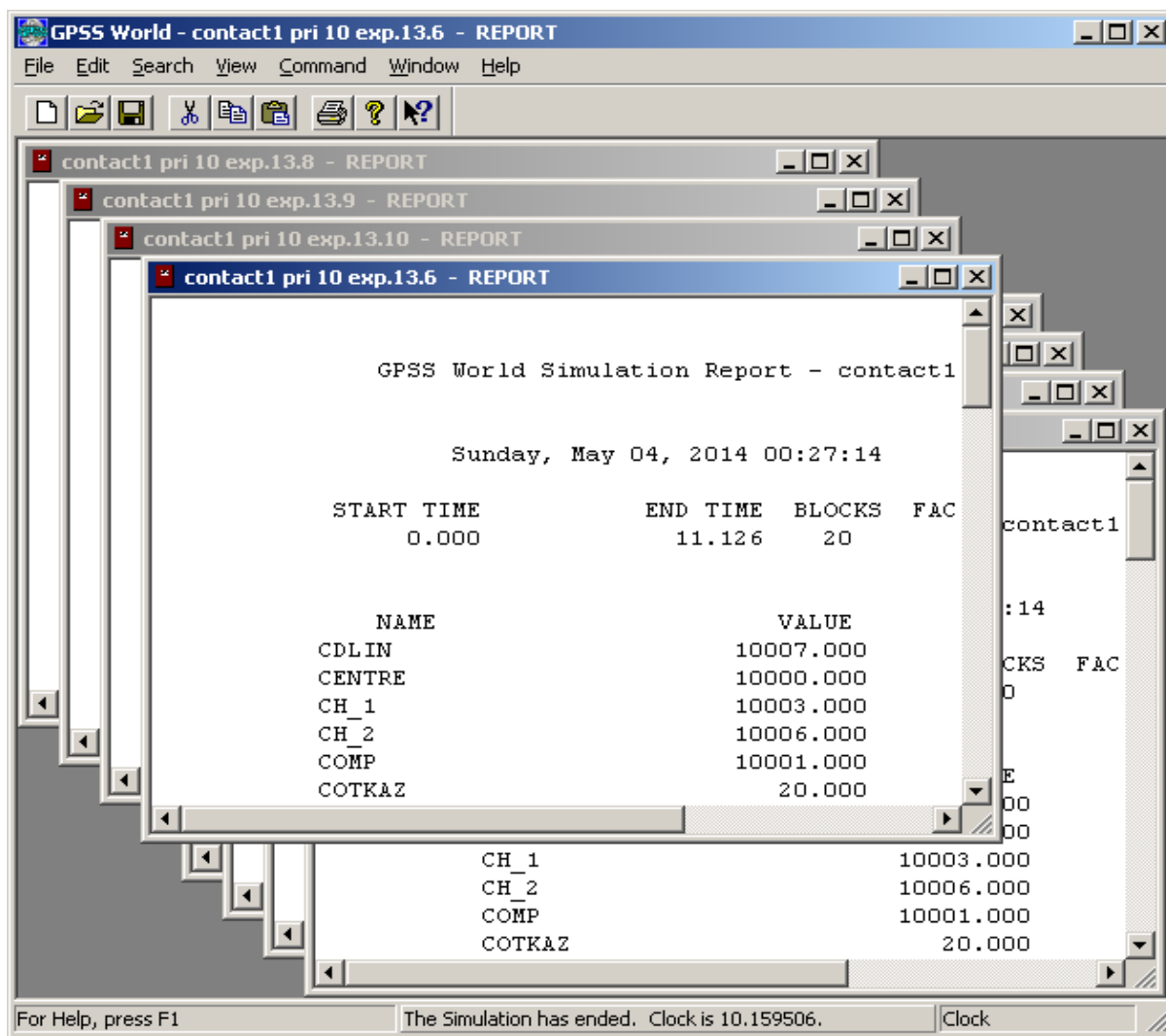


Рисунок 3.22 – Результаты моделирования раздельного обслуживания для 10 экспериментов при $V_1=12$ и $V_2=4$

Для нахождения оптимальных значений параметров СМО изменяем количество операторов СТОП, а количество операторов Интернет оставим равным 4. После обработки результатов заносим их в соответствующие таблицы и строим графики зависимости.

В таблице 3.2 приведены значения доли потерянных вызовов для 10 экспериментов при изменении количества операторов СТОП. В этой таблице

имеются значения отношения потерянных вызовов к поступившим вызовам для 10 экспериментов, а также их математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение.

Таблица 3.2 – Значения доли потерянных вызовов для 10 экспериментов при раздельном обслуживании

кол-во всех опера-торов	Номер эксперимента										мат ожи д	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	0,35	0,25	0,38	0,38	0,58	0,33	0,37	0,35	0,34	0,28	0,36	0,08
15	0,36	0,04	0,37	0,27	0,40	0,23	0,34	0,32	0,31	0,38	0,30	0,10
16	0,20	0,34	0,20	0,24	0,38	0,26	0,22	0,26	0,30	0,41	0,28	0,07
17	0,41	0,04	0,27	0,30	0,33	0,33	0,23	0,25	0,25	0,25	0,27	0,09
18	0,23	0,13	0,17	0,32	0,31	0,29	0,20	0,29	0,26	0,19	0,24	0,06
19	0,21	0,03	0,36	0,19	0,07	0,19	0,00	0,23	0,17	0,13	0,16	0,10
20	0,20	0,04	0,18	0,08	0,15	0,17	0,03	0,17	0,13	0,08	0,12	0,06
21	0,16	0,00	0,29	0,14	0,06	0,03	0,04	0,11	0,06	0,00	0,09	0,09
22	0,06	0,07	0,03	0,21	0,00	0,00	0,22	0,10	0,11	0,00	0,08	0,08

График зависимости математического ожидания доли потерянных заявок СТОП от количества операторов СТОП, построенная в MS Excel, представлен на рисунке 3.23.



Рисунок 3.23 – График зависимости математического ожидания доли потерянных заявок СТОП от изменения количества всех операторов (V) при раздельном обслуживании поступающих заявок

Как видно, из рисунка 3.23, доли потерянных заявок для каждого количества операторов в контакт-центре не изменяется скачкообразно. Это

говорит, о том, что лучше проводить несколько экспериментов в одном прогоне. Для того чтобы быть уверенными в полученных результатах, необходимо построить доверительный интервал. Доверительный интервал – показатель точности полученных значений. Это также показатель того, насколько стабильна полученные результаты, то есть насколько близкое значение (к первоначальному значению), мы получим при повторении эксперимента. Доверительный интервал строится по формуле:

$$m_{\hat{Y}_x} = S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_k - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (3.1)$$

где n – количество наблюдений, $n=10$;

S – остаточная дисперсия на одну степень свободы;

x_k – в нашем случае определенное количество операторов;

\bar{x} – математическое ожидание количества операторов.

Остаточная дисперсия на одну степень свободы S вычисляется как:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 2} \quad (3.2)$$

Интервальная оценка прогнозного значения:

$$y_{Xk} - m_{\hat{Y}_x} \leq y^* \leq y_{Xk} + m_{\hat{Y}_x} \quad (3.3)$$

Здесь коэффициент доверия $t=1$, поэтому вероятность попадания результата в данный интервал равно 0,683. Для увеличения уверенности интервал необходимо расширить. Для этого стандартную ошибку $m_{\hat{Y}_x}$ умножаем на t :

$$y_{Xk} - m_{\hat{Y}_x} \cdot t \leq y^* \leq y_{Xk} + m_{\hat{Y}_x} \cdot t$$

Значения коэффициента доверия t выбирается в соответствии с таблицей 3.3.

Т а б л и ц а 3.3 – Интеграл Лапласа

Вероятность P	0,68	0,95	0,97	0,997
t	1	2	3	4

Фактические значения y могут отклоняться от среднего на величину случайной ошибки, поэтому ошибка прогноза индивидуальных значений включают стандартную ошибку и случайную ошибку. И общая формула для расчета ошибки прогноза:

$$m_{\hat{y}_x} = S \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_k - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (3.4)$$

Выбираем коэффициент доверия доверительного интервала $t=4$, т.е. с вероятностью 0,997 или 99,7 % можно утверждать, что значение доли потерянных заявок СТОП входит в этот интервал. В дальнейшем, построим доверительный интервал для математического ожидания доли потерянных вызовов СТОП (рисунок 3.24).

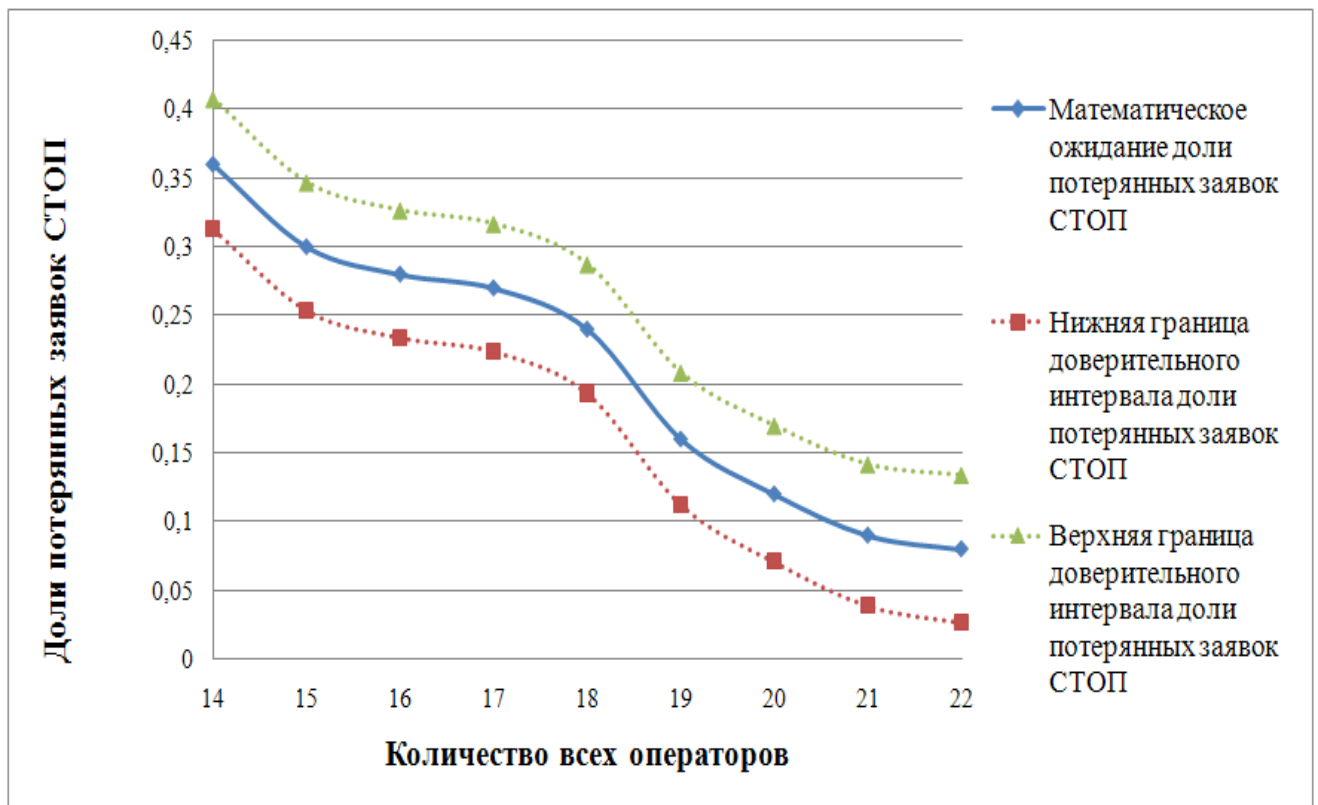


Рисунок 3.24 – Доверительный интервал доли потерянных заявок СТОП при изменении количества операторов СТОП в системе контакт-центра для раздельного обслуживания поступающих вызовов

В таблицах 3.4 и 3.5 приведены значения средней длины очереди двух типов заявок для 10 экспериментов при изменении количества операторов СТОП.

Т а б л и ц а 3.4 – Значения средней длины очереди заявок СТОП для 10 экспериментов при раздельном обслуживании

кол-во всех операторов	Номер эксперимента										мат ожи д	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	7,29	7,45	7,72	7,57	8,27	7,29	7,35	7,82	6,46	6,97	7,42	0,21
15	6,76	3,44	6,26	5,83	6,96	6,29	7,27	7,23	7,67	7,85	6,56	1,45
16	5,95	7,81	5,84	5,94	6,68	6,17	5,84	6,82	6,78	6,42	6,42	0,35
17	5,77	3,48	6,59	6,35	6,64	6,74	5,51	6,18	6,61	6,53	6,04	0,87
18	4,68	5,33	5,07	6,57	6,77	6,38	5,36	6,15	6,37	5,14	5,78	0,50
19	4,89	4,35	5,90	5,35	5,70	6,65	1,63	5,83	5,77	4,87	5,09	1,72
20	4,55	2,72	3,70	2,48	4,88	5,40	2,29	4,47	4,69	4,12	3,93	1,07
21	4,21	1,72	6,08	4,10	4,36	3,05	2,66	3,89	2,87	1,11	3,40	1,85
22	2,97	2,11	3,37	5,05	1,45	1,66	6,59	4,61	3,67	0,34	3,18	3,19

Т а б л и ц а 3.5 – Значения средней длины очереди Интернет заявок для 10 экспериментов при раздельном обслуживании

кол-во всех операторов	Номер эксперимента										мат ожи д	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	0,54	0,67	0,00	0,47	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,37
15	0,52	0,27	0,13	0,15	0,32	0,46	0,32	0,22	0,00	0,14	0,25	0,15
16	0,51	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,13	0,70	0,00	0,18	0,24
17	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,57	0,00	0,54	0,13	0,22
18	0,39	0,15	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,21	0,10	0,00	0,09	0,12
19	0,23	0,06	0,00	0,21	0,14	0,00	0,00	0,15	0,05	0,00	0,08	0,09
20	0,34	0,10	0,00	0,16	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	0,10
21	0,37	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11
22	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,15	0,00	0,07	0,00	0,00	0,04	0,05

График зависимости математического ожидания длины очереди двух типов заявок от количества операторов в системе представлен на рисунке 3.25.



Рисунок 3.25 –График зависимости математического ожидания длины очереди для двух типов заявки от изменения количества операторов

Как видно, из рисунка 3.25, средняя длина очереди для разного количества операторов в контакт-центре не изменяется скачкообразно. Для того чтобы быть уверенными в полученных результатах, необходимо построить доверительный интервал. Выбираем коэффициент доверия доверительного интервала $t=3$, т.е. с вероятностью 0,97 или 97 % можно утверждать, что значение длины очереди входит в этот интервал. В дальнейшем, построим доверительный интервал для математического ожидания длины очереди (рисунок 3.26).

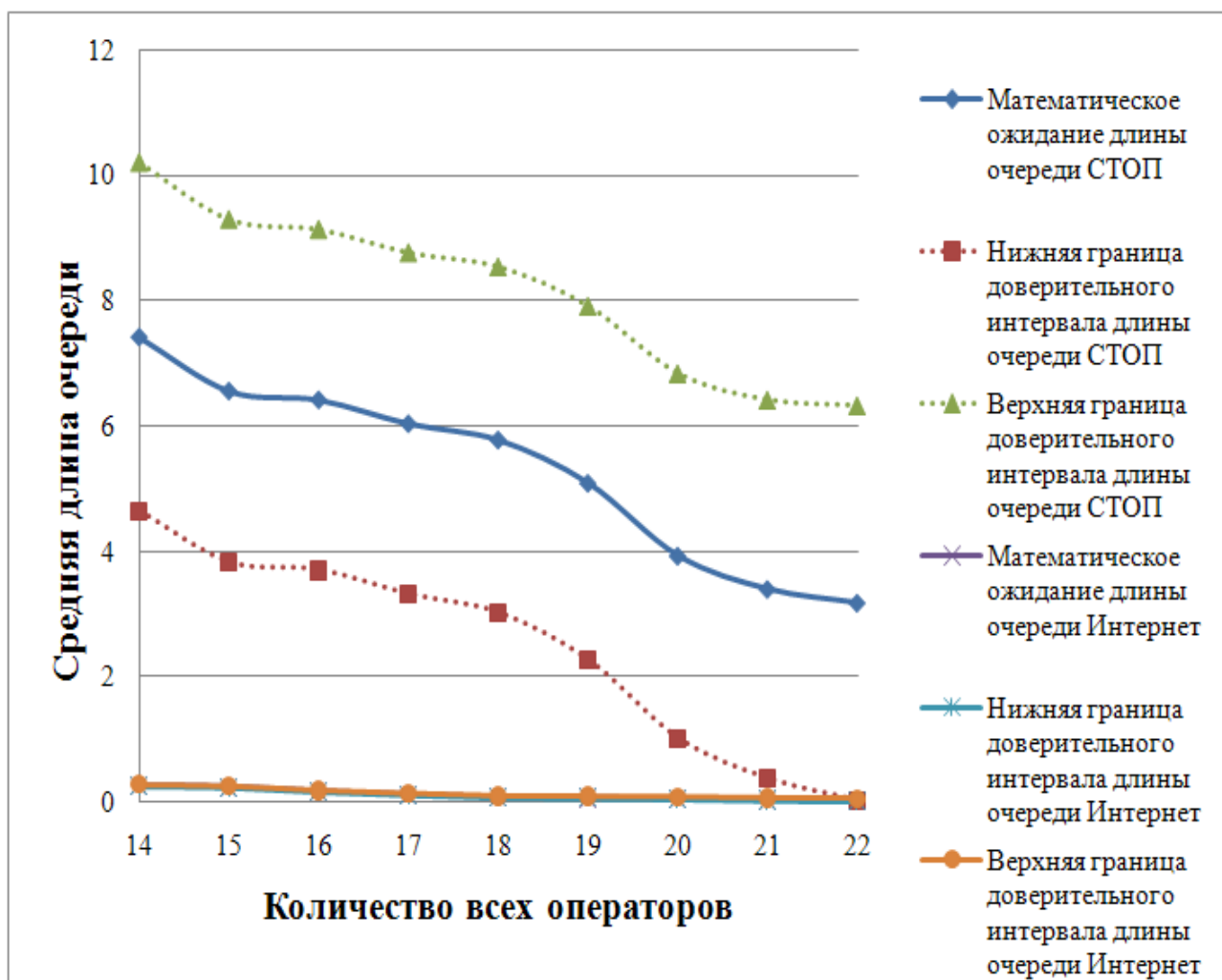


Рисунок 3.26 – Доверительный интервал средней длины очереди для двух типов заявок при изменении количества операторов в системе контакт-центра для раздельного обслуживания поступающих вызовов

Еще одним важным параметром для управления функционирования контакт-центра является среднее время ожидания заявок в очереди.

В таблице 3.6 приведены значения времени ожидания в очереди к операторам СТОП для 10 экспериментов при изменении количества операторов СТОП.

Таблица 3.6 – Значения среднего времени ожидания в очереди к операторам СТОП для 10 экспериментов при раздельном обслуживании

кол-во всех опера- торов	Номер эксперимента										мат ож ид	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	1,16	1,09	1,40	1,23	1,62	1,14	1,15	1,02	1,08	1,07	1,19	0,17
15	1,02	0,42	0,98	0,86	1,10	0,89	0,99	1,16	1,11	1,15	0,97	0,21
16	0,79	1,18	0,78	0,86	1,06	0,80	0,69	1,01	1,05	0,93	0,92	0,15
17	0,85	0,41	0,89	0,90	0,94	0,94	0,67	0,88	0,91	0,80	0,82	0,16
18	0,61	0,66	0,62	0,97	0,85	0,83	0,62	0,93	0,83	0,62	0,75	0,13
19	0,61	0,49	0,83	0,71	0,64	0,73	0,17	0,76	0,70	0,62	0,63	0,17
20	0,56	0,31	0,48	0,29	0,53	0,61	0,25	0,53	0,51	0,47	0,45	0,12
21	0,48	0,19	0,79	0,45	0,45	0,30	0,30	0,45	0,28	0,12	0,38	0,18
22	0,33	0,23	0,36	0,60	0,15	0,17	0,78	0,53	0,37	0,04	0,35	0,22

График зависимости математического ожидания времени ожидания заявок СТОП в очереди от изменения количества операторов СТОП при раздельном обслуживании поступающих вызовов представлен на рисунке 3.27.



Рисунок 3.27 –График зависимости математического ожидания времени ожидания заявок в очереди от изменения количества операторов СТОП при раздельном обслуживании поступающих вызовов

Как видно, из рисунка 3.27, среднее время ожидания в очереди для разного количества операторов в контакт-центре не изменяется скачкообразно. Для того чтобы быть уверенными в полученных результатах, необходимо

построить доверительный интервал. Выбираем коэффициент доверия доверительного интервала $t=3$, т.е. с вероятностью 0,97 или 97 % можно утверждать, что значение времени ожидания заявок СТОП в очереди входит в этот интервал. В дальнейшем, построим доверительный интервал для математического ожидания длины очереди (рисунок 3.28).

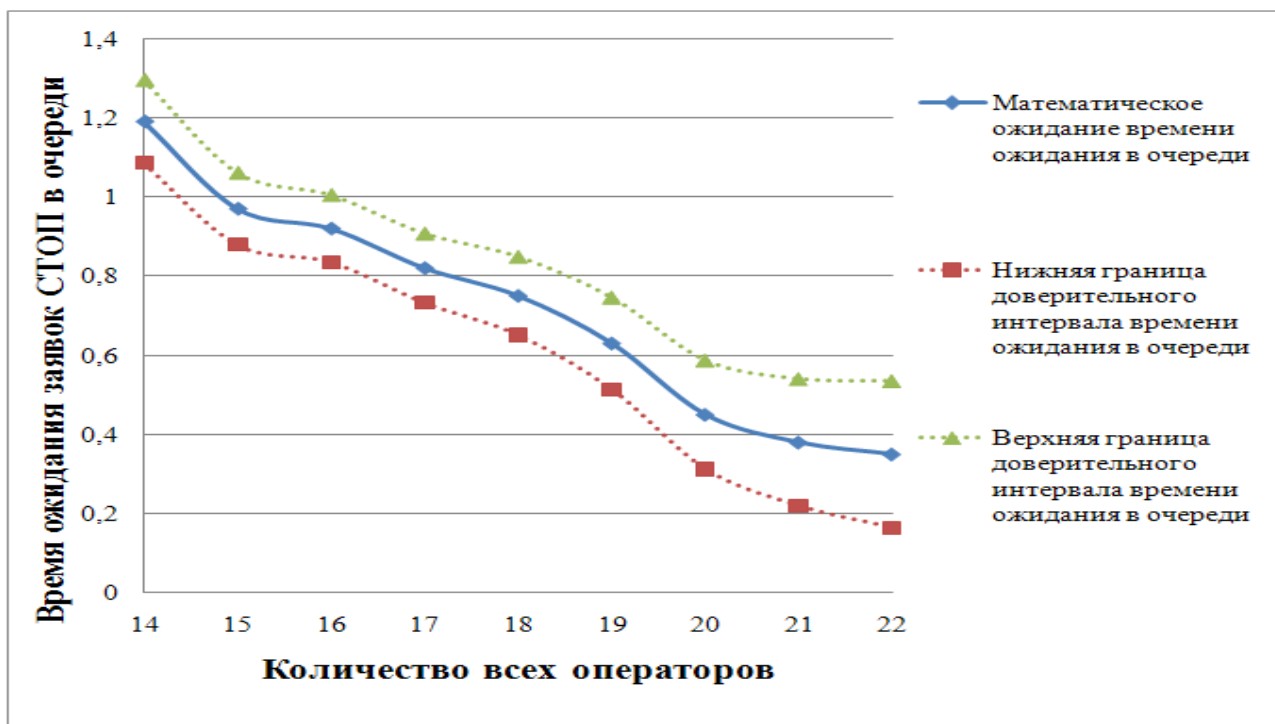


Рисунок 3.28 – Доверительный интервал математического ожидания времени ожидания заявок СТОП в очереди при изменении количества операторов СТОП для раздельного обслуживания поступающих вызовов

Анализируя полученные результаты и графики зависимости, можно с уверенностью сказать, что оптимальным количеством операторов при раздельном обслуживании поступающих заявок от СТОП и сети Интернет для уменьшения вероятности отказа системы до 8%, средней длины очереди и времени ожидания заявок в очереди для двух типов заявок является 18 операторов СТОП и 4 оператора Интернет заявок, т.е. 22 оператора в системе.

3.4 Сравнение и анализ результатов при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания поступающих вызовов

Сравним результаты при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания поступающих вызовов.

На рисунке 3.29 представлен график сравнения доли потерянных заявок СТОП при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания

поступающих вызовов.

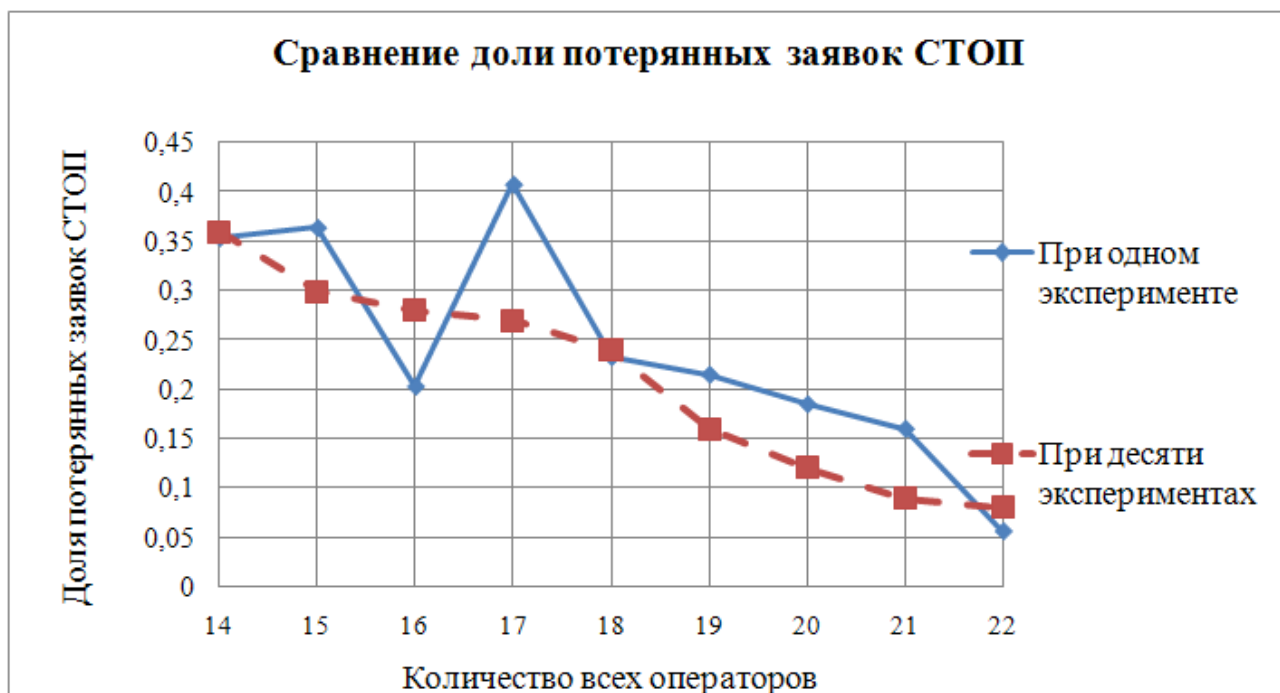


Рисунок 3.29 – Сравнение доли потерянных заявок СТОП при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания поступающих вызовов

На рисунке 3.30 представлен график сравнения средней длины очереди для двух типов заявок при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания поступающих вызовов.

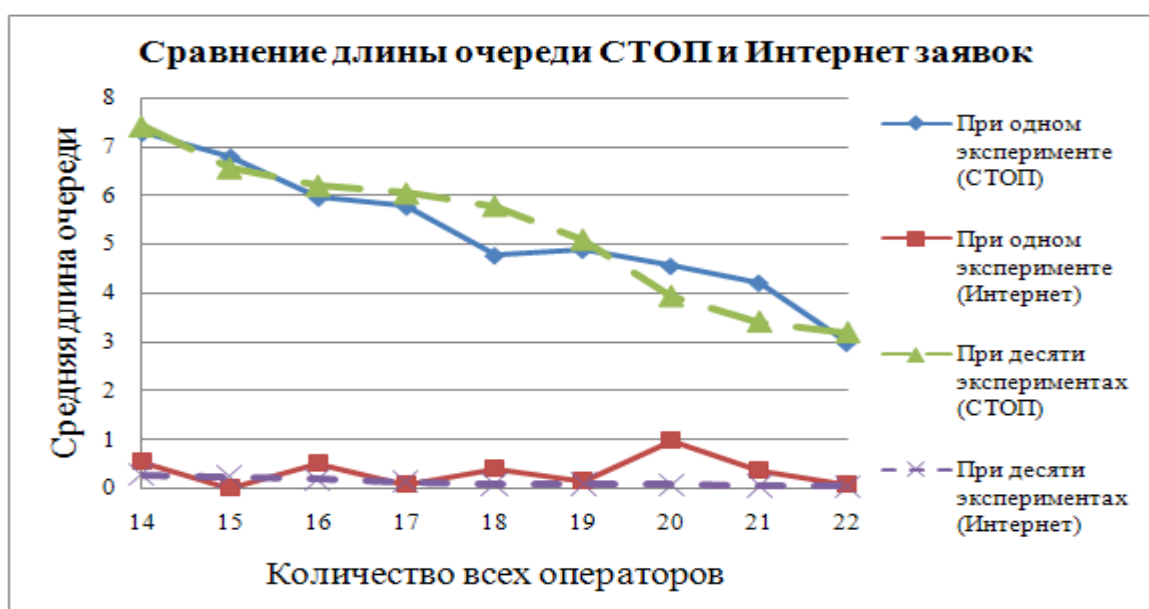


Рисунок 3.30 – Сравнение средней длины очереди для двух типов заявок при одном и десяти экспериментах для раздельного обслуживания поступающих вызовов

На рисунке 3.31 представлен график сравнения среднего времени ожидания заявок СТОП в очереди к операторам при одном и десяти экспериментах для отдельного обслуживания поступающих вызовов.

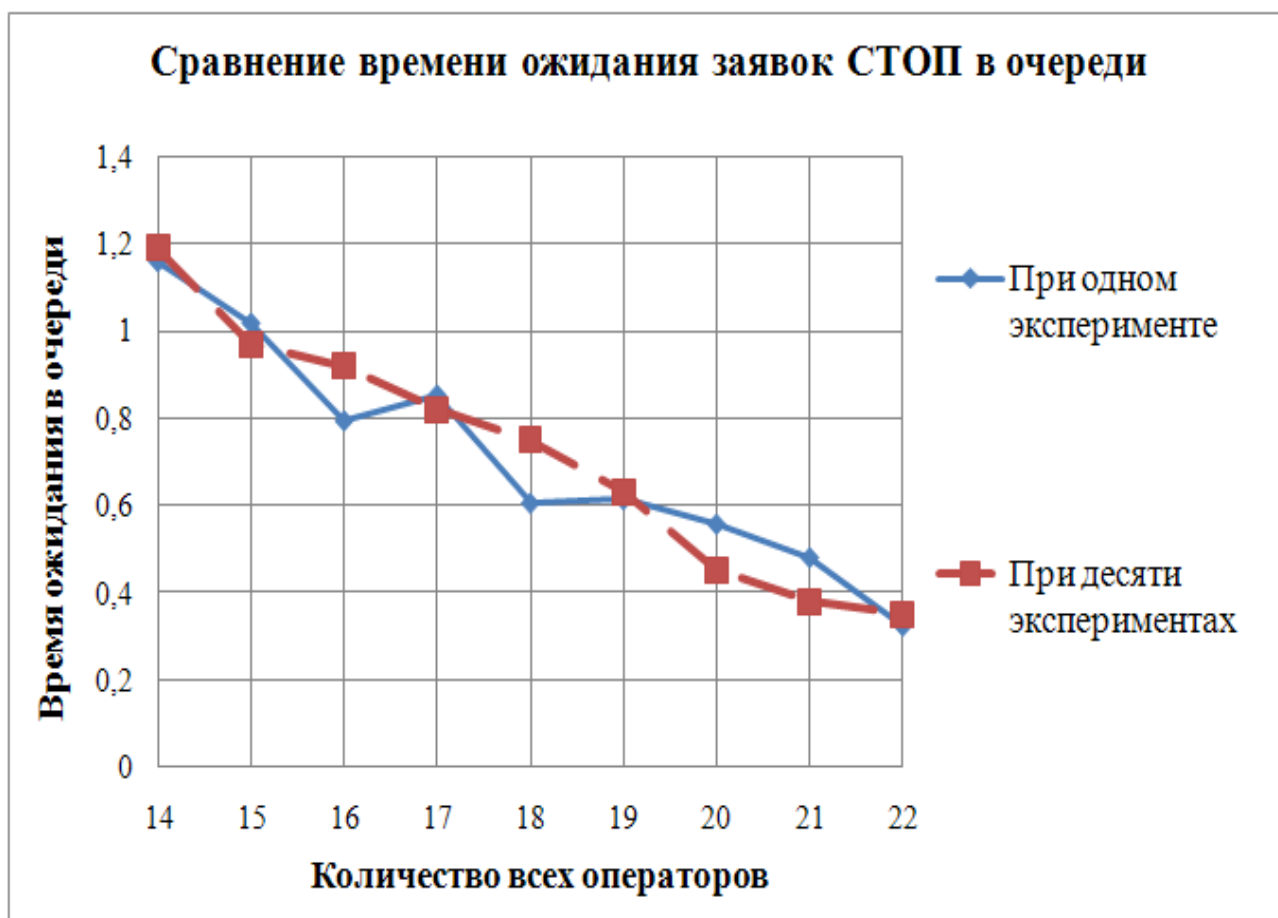


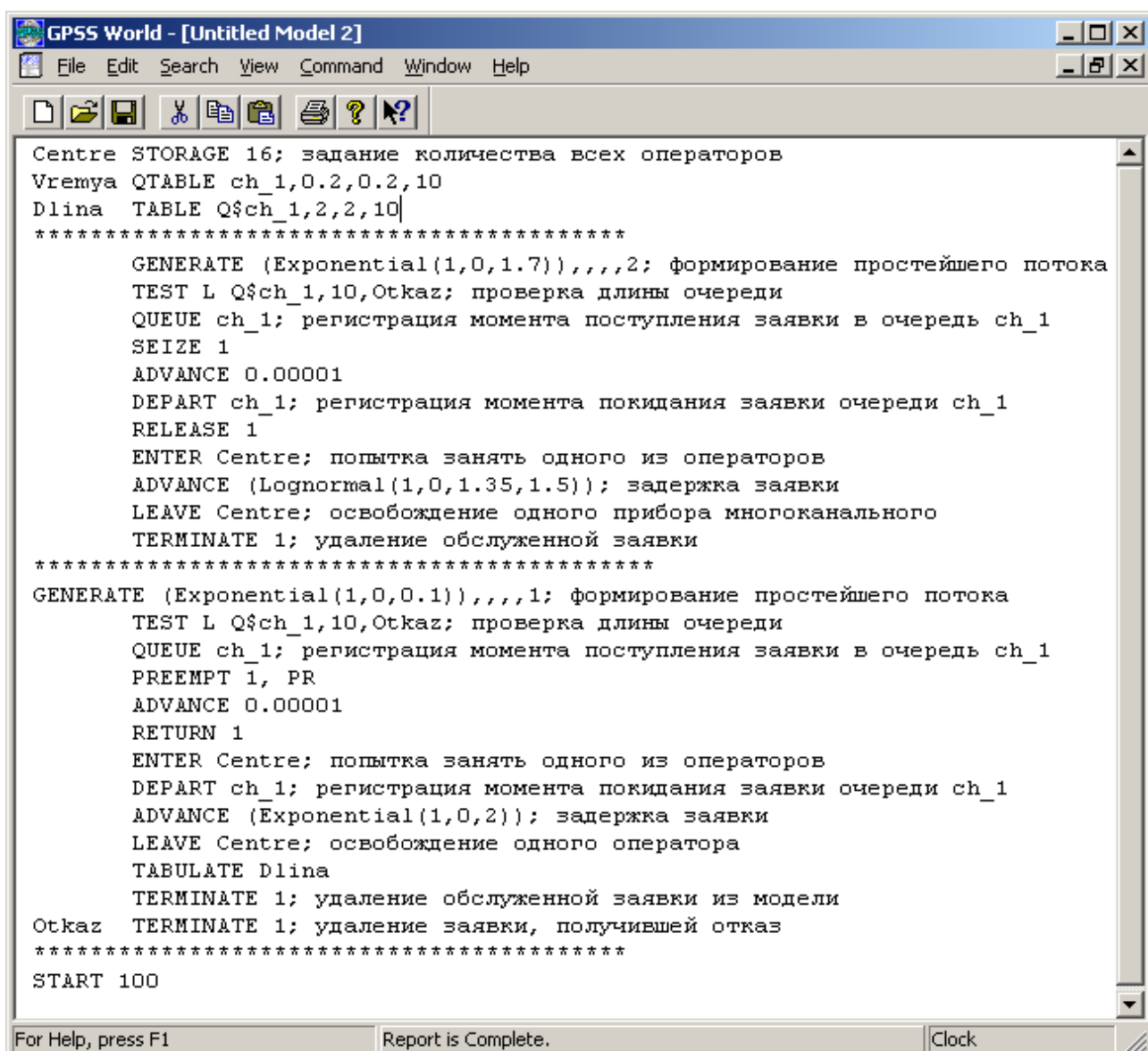
Рисунок 3.31 – Сравнение среднего времени ожидания заявок СТОП в очереди при одном и десяти экспериментах для отдельного обслуживания поступающих вызовов

Сравнивая и анализируя графики зависимости, можно с уверенностью сказать, что лучше проводить несколько экспериментов для каждого количества операторов. При проведении нескольких экспериментов можно избежать отклонений и резких скачков, а также можно находить среднее квадратическое отклонение от средних значений того или иного параметра управления функционирования контакт-центра. Оптимальным количеством операторов при отдельном обслуживании поступающих заявок от СТОП и сети Интернет для уменьшения вероятности отказа системы до 8%, средней длины очереди и времени ожидания заявок в очереди для двух типов заявок является 18 операторов СТОП и 4 оператора Интернет заявок, т.е. 22 оператора в системе.

3.5 Проведение экспериментов для совместного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет

Как говорилось ранее, во втором способе все операторы отвечают на вызовы двух потоков, но вызовы от абонентов телефонной сети обладают абсолютным приоритетом. При поступлении вызова СТОП, оператор прерывает обработку Интернет заявки (текстовое сообщение) и отвечает на телефонный вызов, после этого возвращается к обработке текстового сообщения. Длина очереди ограничена (10 вызовов), если при поступлении любого вызова очередь переполнена, то вызов теряется. Возьмем $V=16$.

Листинг программы для совместного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет показано на рисунке 3.32.



```
Centre STORAGE 16; задание количества всех операторов
Vremya QTABLE ch_1,0.2,0.2,10
Dlina TABLE Q$ch_1,2,2,10|
*****
GENERATE (Exponential(1,0,1.7)),,,,2; формирование простейшего потока
TEST L Q$ch_1,10,Otkaz; проверка длины очереди
QUEUE ch_1; регистрация момента поступления заявки в очередь ch_1
SEIZE 1
ADVANCE 0.00001
DEPART ch_1; регистрация момента покидания заявки очереди ch_1
RELEASE 1
ENTER Centre; попытка занять одного из операторов
ADVANCE (Lognormal(1,0,1.35,1.5)); задержка заявки
LEAVE Centre; освобождение одного прибора многоканального
TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки
*****
GENERATE (Exponential(1,0,0.1)),,,,1; формирование простейшего потока
TEST L Q$ch_1,10,Otkaz; проверка длины очереди
QUEUE ch_1; регистрация момента поступления заявки в очередь ch_1
PREEMPT 1, PR
ADVANCE 0.00001
RETURN 1
ENTER Centre; попытка занять одного из операторов
DEPART ch_1; регистрация момента покидания заявки очереди ch_1
ADVANCE (Exponential(1,0,2)); задержка заявки
LEAVE Centre; освобождение одного оператора
TABULATE Dlina
TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки из модели
Otkaz TERMINATE 1; удаление заявки, получившей отказ
*****
START 100
```

Рисунок 3.32 – Листинг программы для совместного обслуживания поступающих вызовов в контакт-центр

Модель состоит из трех сегментов: первый сегмент описывает многоканальное устройство и сбор статистических данных о длине очереди и времени ожидания заявки в очереди, второй сегмент описывает моделирование Интернет заявок, а третий сегмент – телефонных вызовов.

В модели оператор STORAGE описывает многоканальное устройство (МКУ). Емкость многоканального устройства определяется количеством операторов в контакт-центре для совместного обслуживания заявок поступающих от сети телекоммуникации общего пользования (СТОП) и сети Интернет. Поступающие заявки в контакт-центре образуют одну очередь: ch_1. Для того чтобы смоделировать проверку длины очереди к операторам воспользуемся блоком TEST [67,69,85], который позволяет моделировать проверку состояния накопителя с ограниченной ёмкостью или очередь к многоканальному устройству.

Блок TEST в программе записан в следующем виде:

TEST L Q\$ch_1,10,Otkaz – для проверки длины очереди к операторам.

где: L – условный оператор (в нашем случае, L означает «little – меньше»);

Q\$ch_1 – стандартный числовой атрибут, значение которого проверяется в соответствии с заданным условным оператором (в нашем случае, Q\$ch_1 означает проверку длины очереди с именем ch_1);

10 – ограниченная длина очереди, с которой сравнивается значение стандартного числового атрибута Q\$ ch_1;

Otkaz – имя альтернативного блока, которому передается транзакт, если указанное условие не выполняется (в нашем случае, транзакт будет передан оператору TERMINATE с именем Otkaz).

Таким образом, заявка, попав в указанный оператор TEST, перейдет к следующему по порядку оператору при условии, что длина очереди ch_1 меньше 10, а если длина очереди больше 10, то оператор TEST считает что очередь переполнена и направляет заявку СТОП или Интернет к оператору TERMINATE с меткой Otkaz. Операторы ENTER и LEAVE, моделируют занятие и освобождение многоканального устройства. Заметим, что в операторах ENTER и LEAVE могут использоваться два операнда A и B, где второй операнд B определяет количество занимаемых или освобождаемых операторов контакт-центра, причем при отсутствии операнда B его значение по умолчанию равняется 1.

В блоке ADVANCE реализуется время обслуживания заявки как случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону со средним значением в 2 минуты (одна единица модельного времени равна одной минуте) для вызовов, поступающих от СТОП и время обслуживания заявки как случайная величина, распределенная по логнормальному закону со средним значением в 1,5 минуты (одна единица модельного времени равна одной минуте) для вызовов, поступающих от сети Интернет.

Особенностью этой модели является наличие оператора PREEMPT в сегменте поступления и обслуживания заявок СТОП. Этот блок означает что

при поступлении телефонного вызова, оператор прерывает обработку Интернет заявки (текстовое сообщение) и отвечает на телефонный вызов, после этого возвращается к обработке текстового сообщения.

Еще одной особенностью данной модели является наличие двух блоков TERMINATE для каждого вида заявок. Первый блок TERMINATE удаляет из модели обслуженные заявки, при этом из «Счетчика завершений» вычитается единица, потому что в операнде А блока TERMINATE стоит единица. Второй блок TERMINATE удаляет из модели необслуженные вызовы, то есть заявки, заставшие при поступлении в контакт-центр очередь заполненным и получившие отказ в обслуживании операторами, при этом из «Счетчика завершений» также вычитается единица. В этой модели второй блок TERMINATE нужен для того, чтобы получить информацию о доле обслуженных и потерянных (не обслуженных) вызовов.

Таким образом, составлена имитационная модель контакт-центра для совместного обслуживания поступающих заявок: простейший поток вызовов с интенсивностью $\lambda = 10$ выз/мин, время обслуживания случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону со средним значением 2 мин., т.е. интенсивность обслуживания $\mu = 0,5$ для вызовов, поступающих от СТОП и простейший поток вызовов с интенсивностью $\lambda=0,588$ выз/мин, время обслуживания случайная величина, распределенная по логнормальному закону со средним значением 1,5 мин., т.е. интенсивность обслуживания $\mu = 0,67$ для вызовов, поступающих от сети Интернет.

Запустим данную модель для 100 заявок. Для этого при запуске программы зададим команду START 100, означаящем, что моделирование завершается после прохождения через систему 100 заявок.

Рассмотрим стандартный отчет моделирования (рисунок 3.33). В отчете показано, что количество поступивших заявок от СТОП и сети Интернет составляет (блок GENERATE) 115 и 10, а количество не обслуженных (потерянных) заявок, прошедших через второй блок TERMINATE с меткой Otkaz, равно 36. Таким образом, доля потерянных вызовов в моделируемой системе составляет $36/(115+10)=0,288$, то есть 28,8% вызовов теряются.

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.1.1					
Monday, May 05, 2014 01:27:24					
START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	
0.000	11.805	24	1	1	
	NAME		VALUE		
	CENTRE		10000.000		
	CH_1		10002.000		
	DLINA		10003.000		
	OTKAZ		24.000		
	VREMYA		10001.000		
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY

	1	GENERATE		10		0		0	
	2	TEST		10		0		0	
	3	QUEUE		5		0		0	
	4	SEIZE		5		0		0	
	5	ADVANCE		5		0		0	
	6	DEPART		5		0		0	
	7	RELEASE		5		0		0	
	8	ENTER		5		0		0	
	9	ADVANCE		5		4		0	
	10	LEAVE		1		0		0	
	11	TERMINATE		1		0		0	
	12	GENERATE		115		0		0	
	13	TEST		115		0		0	
	14	QUEUE		84		0		0	
	15	PREEMPT		84		0		0	
	16	ADVANCE		84		0		0	
	17	RETURN		84		9		0	
	18	ENTER		75		1		0	
	19	DEPART		74		0		0	
	20	ADVANCE		74		11		0	
	21	LEAVE		63		0		0	
	22	TABULATE		63		0		0	
	23	TERMINATE		63		0		0	
OTKAZ	24	TERMINATE		36		0		0	
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	
1	89	0.000	0.000	1	0	0	0	0	
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY	
CH_1	10	10	89	0	5.897	0.782	0.782	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
CENTRE	16	0	0	16	80	1	14.264	0.892	0
TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE		RETRY		FREQUENCY	CUM.%	
VREMYA	0.772	0.771			0				
				-	0.200		35	44.30	
			0.200	-	0.400		1	45.57	
			0.400	-	0.600		5	51.90	
			0.600	-	0.800		1	53.16	
			0.800	-	1.000		2	55.70	
			1.000	-	1.200		3	59.49	
			1.200	-	1.400		7	68.35	
			1.400	-	1.600		8	78.48	
			1.600	-	1.800		10	91.14	
			1.800	-			7	100.00	
DLINA	6.714	4.221				0			
				-	2.000		17	26.98	
			2.000	-	4.000		2	30.16	
			4.000	-	6.000		0	30.16	
			6.000	-	8.000		6	39.68	
			8.000	-	10.000		38	100.00	

CEC XN	PRI	M1	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
108	1	10.152	108	18	19		
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
127	1	11.812	127	0	12		
58	1	11.985	58	20	21		
107	1	12.047	107	20	21		
66	1	12.416	66	20	21		
100	1	12.581	100	20	21		
105	1	13.083	105	20	21		
111	2	13.231	111	0	1		
36	1	13.859	36	20	21		
92	1	14.065	92	20	21		
99	1	15.368	99	20	21		
95	1	15.814	95	20	21		
23	2	16.075	23	9	10		
69	2	16.633	69	9	10		
1	2	17.501	1	9	10		
97	1	19.646	97	20	21		
59	1	20.332	59	20	21		
6	2	38.752	6	9	10		

Рисунок 3.33 – Результаты моделирования для $V=16$ при совместном обслуживании поступающих заявок

Так как в модели с помощью оператора TABLE мы задали собрать статистику о длине очереди и времени ожидания заявок в очереди, то эту статистику удобнее представить в виде гистограмм (рисунок 3.34 и 3.35).

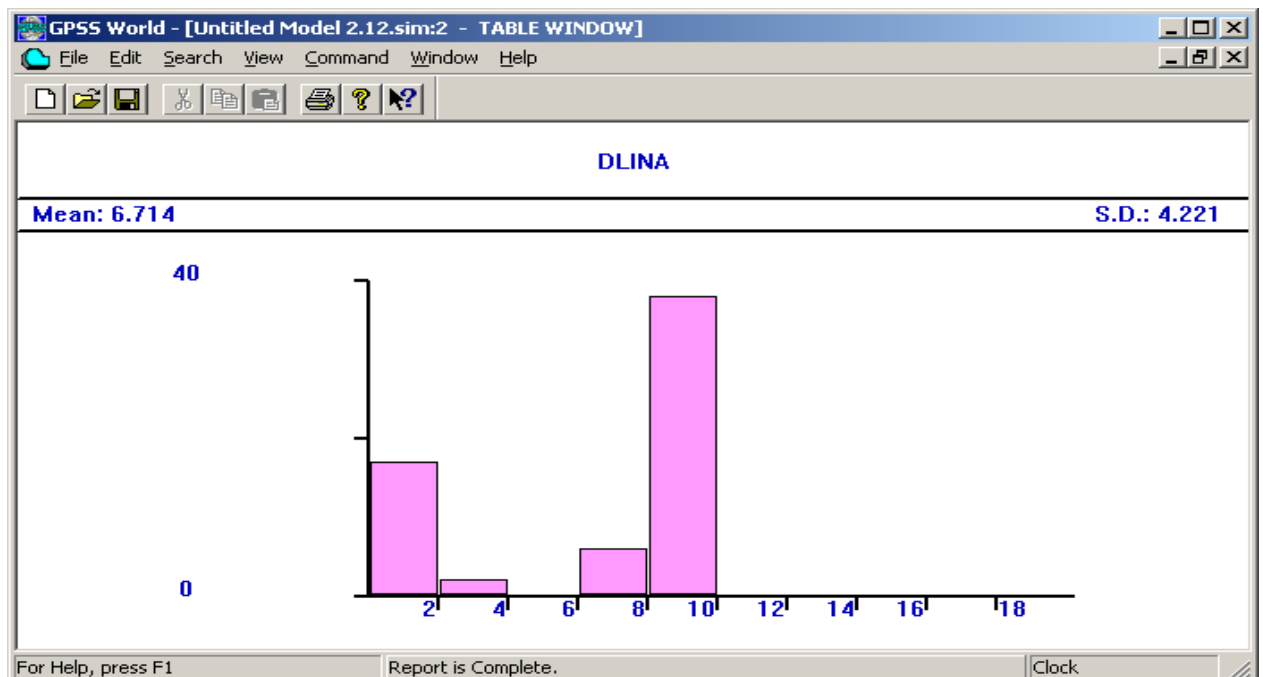


Рисунок 3.34 – Распределение длины очереди при совместном обслуживании поступающих вызовов и $V=16$

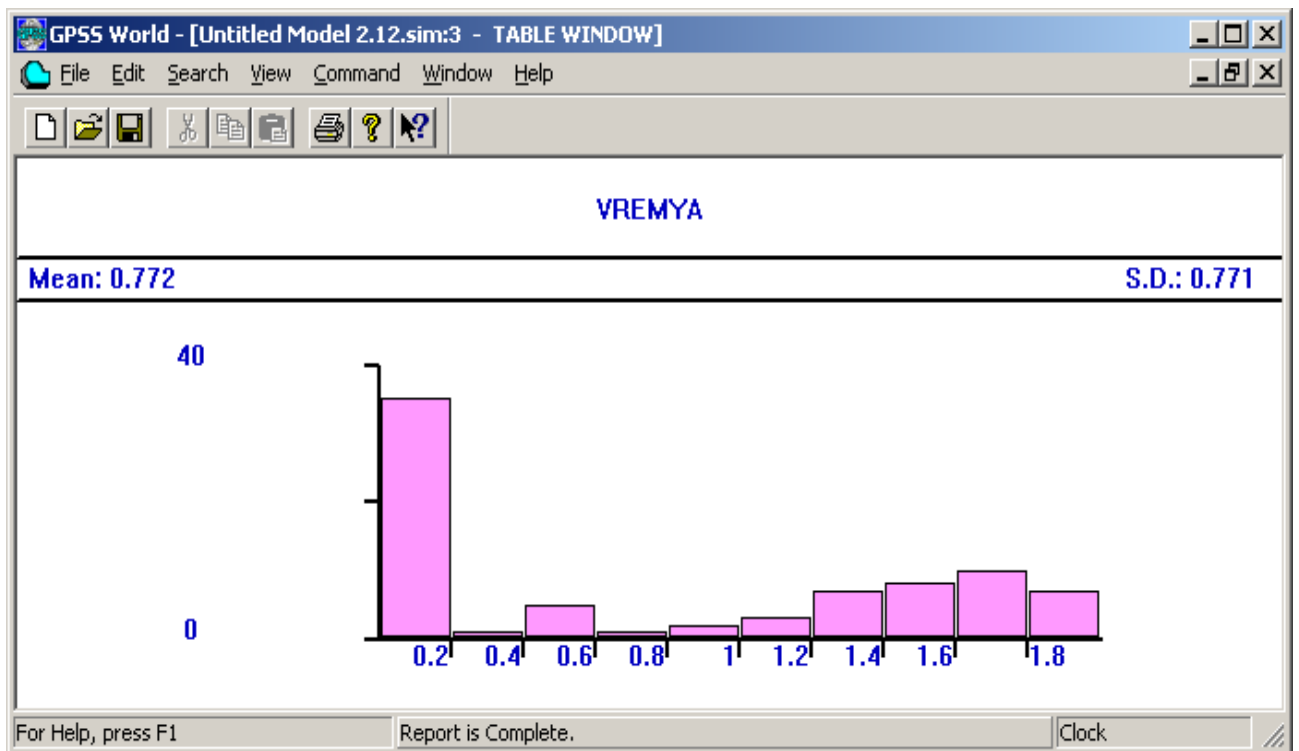


Рисунок 3.35 – Распределение времени ожидания заявок в очереди при совместном обслуживании поступающих вызовов и $V=16$

Изменим количество операторов на 17, и посмотрим, как это отразится на длину очереди и время ожидания в очереди (рисунок 3.36 и 3.37).

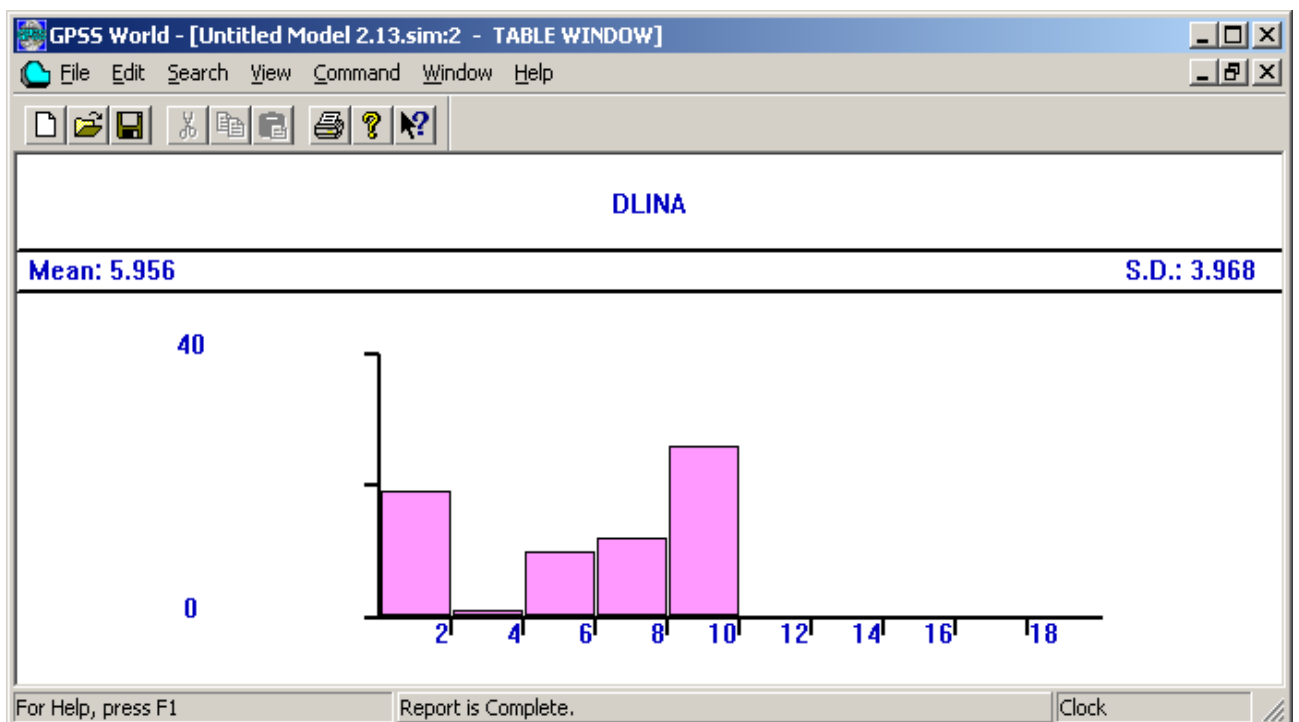


Рисунок 3.36 – Распределение длины очереди при совместном обслуживании поступающих вызовов и $V=17$

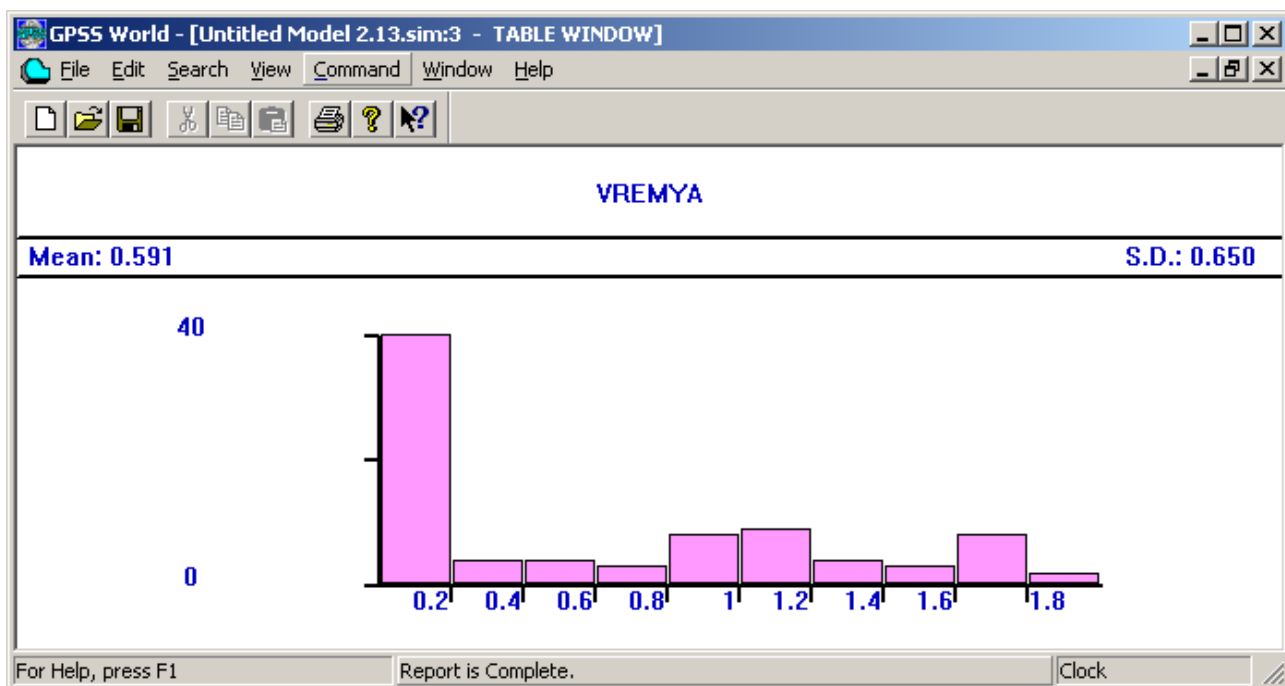


Рисунок 3.37 – Распределение времени ожидания заявок в очереди при совместном обслуживании поступающих вызовов и $V=17$

Сравнивая рисунки 3.34 и 3.36, 3.35 и 3.37 можно обнаружить, что при увеличении количества операторов уменьшается математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение того или иного показателя качества работы контакт-центра.

Для нахождения оптимальных значений параметров СМО изменяем количество операторов в системе и полученные результаты в таблицу 3.7.

Т а б л и ц а 3.7 – Результаты при изменении количества операторов для совместного обслуживания поступающих заявок

Количество всех операторов	Доля потерянных заявок	Средняя длина очереди	Среднее время ожидания заявок в очереди
14	0,407	6,311	0,948
15	0,296	5,695	0,772
16	0,288	5,897	0,782
17	0,246	5,088	0,633
18	0,181	5,247	0,637
19	0,240	3,940	0,468
20	0,205	3,739	0,439
21	0,148	3,046	0,320
22	0,031	1,872	0,198

Как видно из таблицы 3.7, количество работающих операторов при их увеличении с 14 до 22 оказывает значительное влияние на долю потерянных заявок, среднюю длину очереди, время ожидания заявок в очереди снижая их с 40,7% до 3,1 %, с 6,311 вызовов до 1,872 вызовов, с 0,948 минут до 0,198 минут,

соответственно.

График зависимости доли потерянных заявок от количества всех операторов, построенная в MS Excel, представлен на рисунке 3.38.



Рисунок 3.38 – График зависимости доли потерянных заявок от изменения количества всех операторов (V) при совместном обслуживании заявок

Из рисунка 3.38 видно, что изменение количества операторов контакт-центре хорошо влияет на вероятность отказа системы. Чем больше операторов, тем ниже вероятность отказа системы.

Построим графики зависимости длины очереди и времени ожидания заявок в очереди от количества операторов в контакт-центре. График зависимости средней длины очереди от количества операторов в системе представлен на рисунке 3.39.

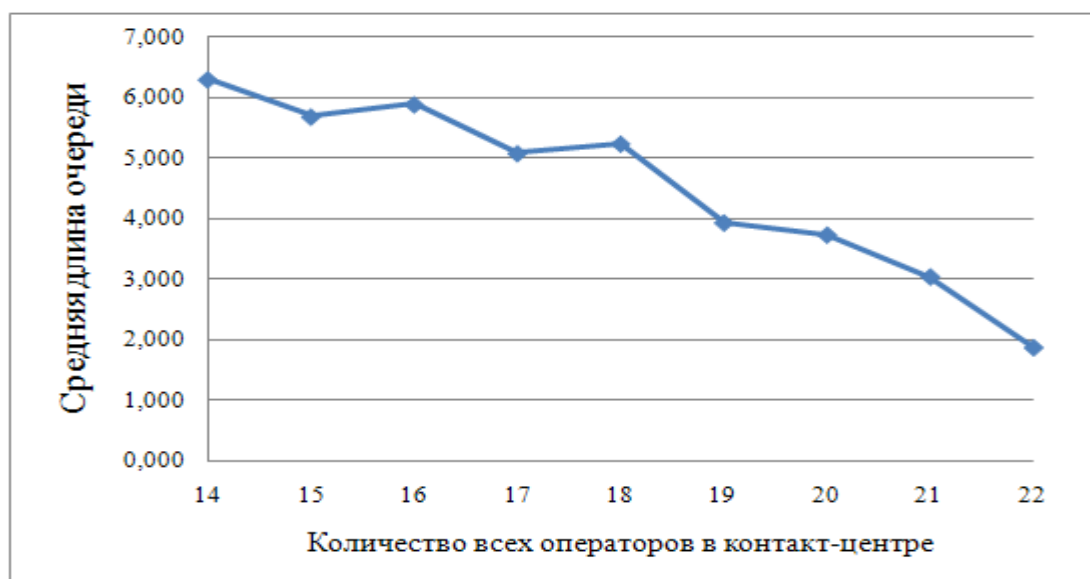


Рисунок 3.39 – Зависимость средней длины очереди от изменения количества операторов при совместном обслуживании поступающих заявок

График зависимости среднего времени ожидания заявок в очереди от количества операторов в системе представлен на рисунке 3.40.

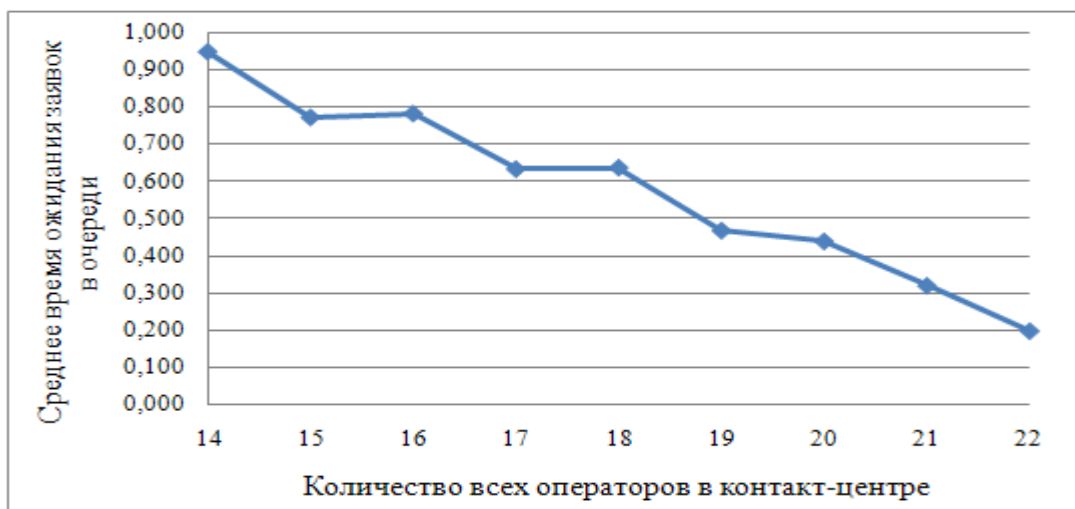


Рисунок 3.40 – Зависимость среднего времени ожидания заявки в очереди от изменения количества операторов при совместном обслуживании

Из таблицы 3.7, рисунков 3.38, 3.39, 3.40 можно увидеть, что оптимальным количеством операторов для уменьшения вероятности отказа системы до 3,1%, средней длины очереди и времени ожидания заявок в очереди является 22 оператора в контакт-центре.

Так как мы установили что, 22 оператора в контакт-центре является оптимальным количеством операторов, справедливо будет предоставить соответствующие гистограммы длины очереди и время ожидания заявок в очереди (рисунки 3.41 – 3.42).

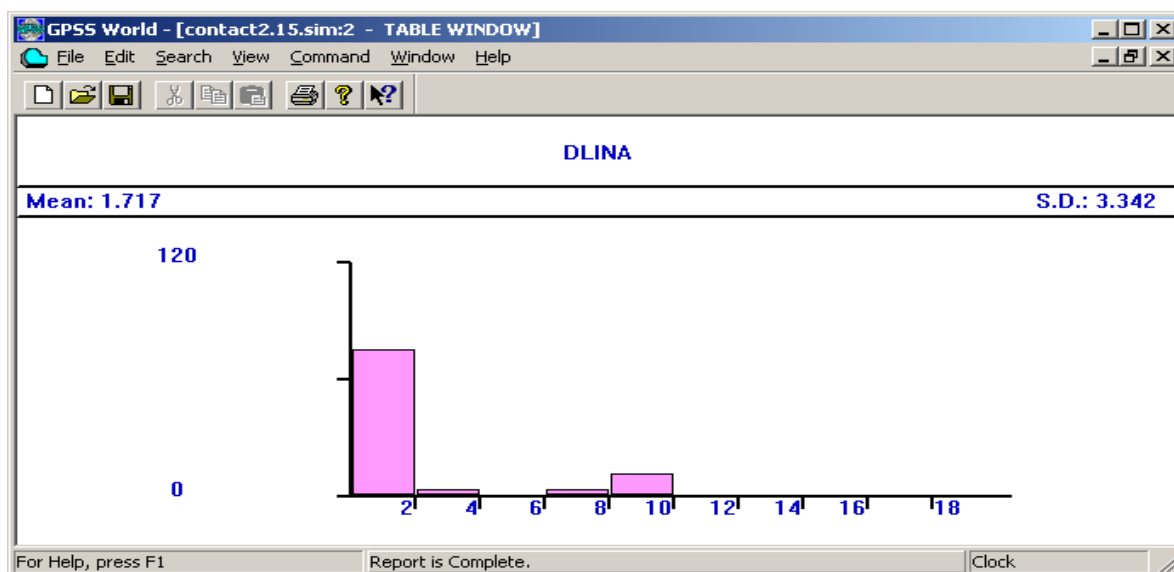


Рисунок 3.41 – Распределение длины очереди при совместном обслуживании поступающих вызовов и $V=22$

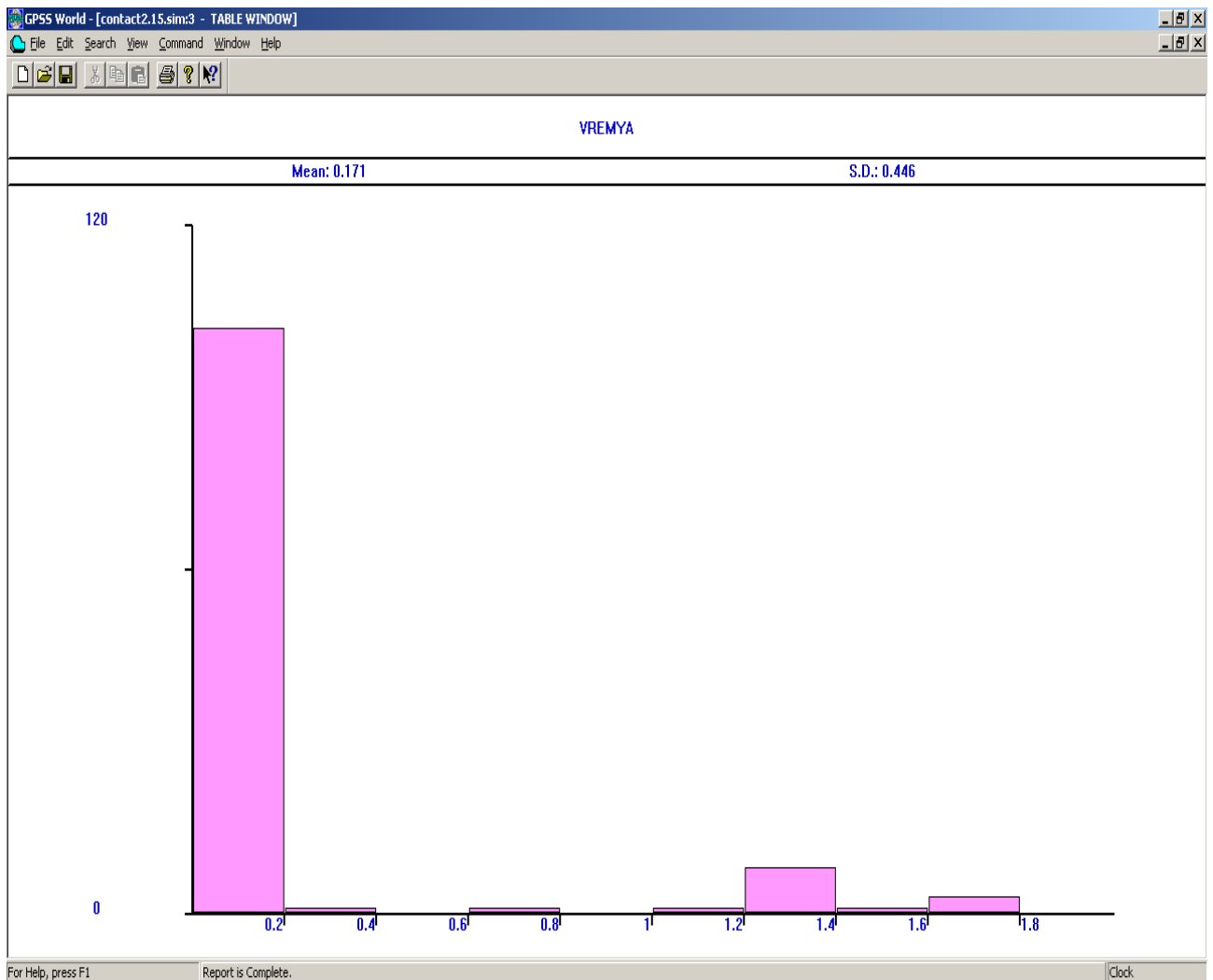


Рисунок 3.42 – Распределение времени ожидания заявок в очереди при совместном обслуживании поступающих вызовов и $V=22$

Все эти значения взяты из экспериментов произведенных только один раз для каждого значения количества операторов в контакт-центре. Как видно из рисунков 3.38-3.40 значения параметров СМО отклоняются друг от друга на случайные величины. Чтобы систематизировать эти значения необходимо произвести не один, а несколько экспериментов, причем, если мы хотим получить меньшее значение отклонения, нам нужно провести не менее пяти экспериментов. Ограничимся десятью экспериментами.

При проведении экспериментов необходимо выполнить последовательно несколько прогонов, лишь слегка изменяя версию модели. Как было сказано выше, для этой цели в программной среде GPSS World применяется команда CLEAR.

Листинг программы с применением оператора CLEAR для совместного обслуживания заявок СТОП и Интернет при 10 экспериментах выглядит следующим образом (рисунок 3.43):

```

GPSS World - [contact2 pri 10 exp.gps]
File Edit Search View Command Window Help
[Icons]

Centre STORAGE 16; задание количества всех операторов
Vremya QTABLE ch_1,0.2,0.2,10
Dlina TABLE Q$ch_1,2,2,10
*****
GENERATE (Exponential(1,0,1.7)),,2; формирование простейшего потока
TEST L Q$ch_1,10,Отказ; проверка длины очереди
QUEUE ch_1; регистрация момента поступления заявки в очередь ch_1
SEIZE 1
ADVANCE 0.00001
DEPART ch_1; регистрация момента покидания заявки очереди ch_1
RELEASE 1
ENTER Centre; попытка занять одного из операторов
ADVANCE (Lognormal(1,0,1.35,1.5)); задержка заявки
LEAVE Centre; освобождение одного прибора многоканального
TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки
*****
GENERATE (Exponential(1,0,0.1)),,1; формирование простейшего потока
TEST L Q$ch_1,10,Отказ; проверка длины очереди
QUEUE ch_1; регистрация момента поступления заявки в очередь ch_1
PREEMPT 1, PR
ADVANCE 0.00001
RETURN 1
ENTER Centre; попытка занять одного из операторов
DEPART ch_1; регистрация момента покидания заявки очереди ch_1
ADVANCE (Exponential(1,0,2)); задержка заявки
LEAVE Centre; освобождение одного оператора
TABULATE Dlina
TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки из модели
Отказ TERMINATE 1; удаление заявки, получившей отказ
*****
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

CLEAR ON
START 100

For Help, press F1 Results

```

Рисунок 3.43 – Листинг программы с применением оператора CLEAR для совместного обслуживания заявок для 10 экспериментов при V=16

Запустим данную модель для 100 заявок. После этого мы получим десять отчетов различного содержания (рисунок 3.44). Они могут отличаться следующими значениями:

- время моделирования;
- количество поступивших, обслуженных и получивших отказ вызовов;
- средняя длина очереди;
- среднее время ожидания заявок в очереди;
- коэффициент использования операторов первой и второй группы и т.д.

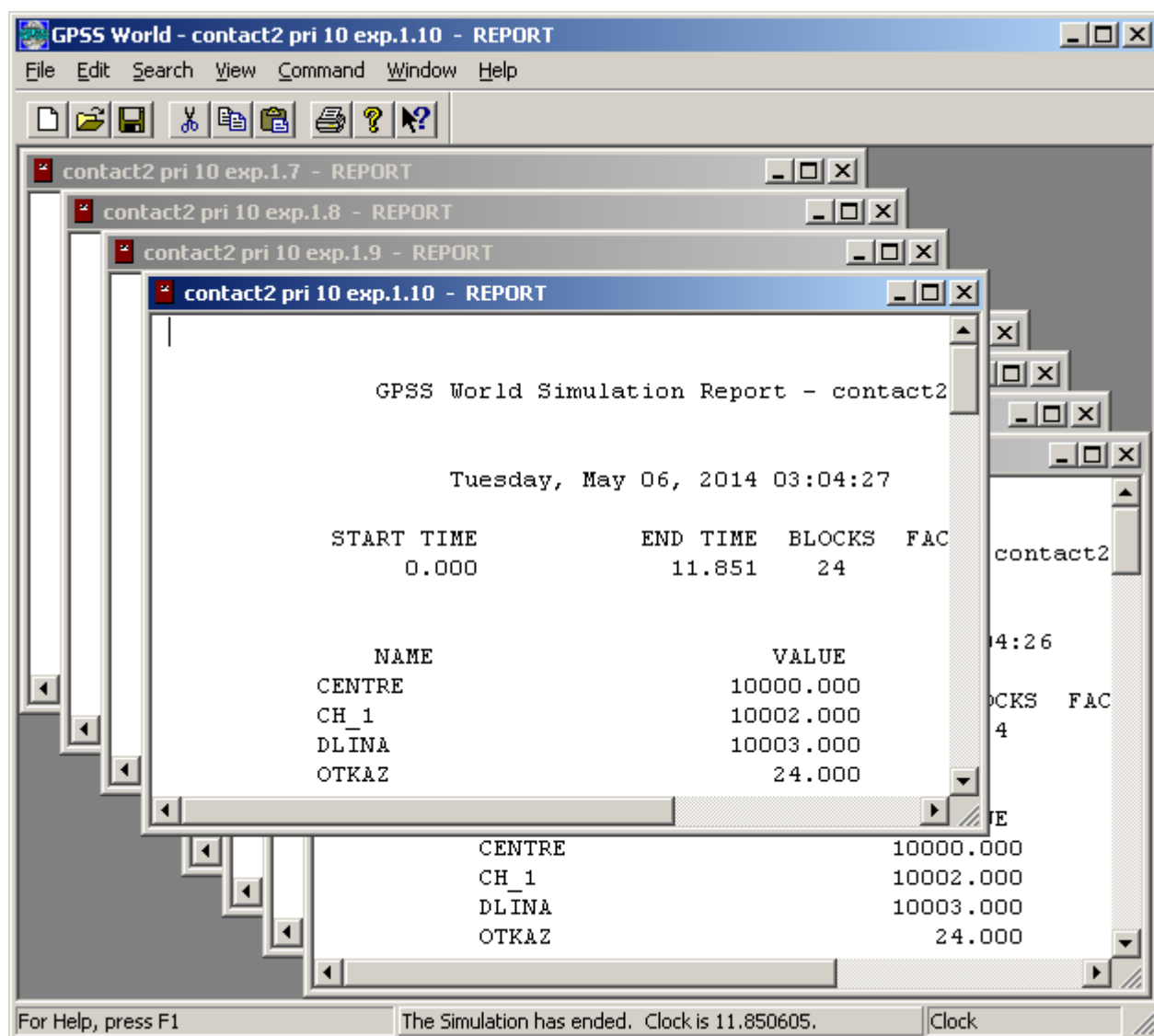


Рисунок 3.44 – Результаты моделирования совместного обслуживания для 10 экспериментов при $V=16$

Для нахождения оптимальных значений параметров СМО изменяем количество операторов в системе. После обработки результатов заносим их в соответствующие таблицы и строим графики зависимости.

В таблице 3.8 приведены значения доли потеранных вызовов для 10 экспериментов. В этой таблице имеются значения отношения потеранных

вызовов к поступившим вызовам для 10 экспериментов, а также их математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение.

Таблица 3.8 – Значения доли потерянных вызовов для 10 экспериментов при совместном обслуживании

кол-во всех операторов	Номер эксперимента										мат. ожид.	Ср. кв. ОТК
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	0,41	0,20	0,25	0,25	0,22	0,28	0,36	0,23	0,23	0,19	0,26	0,07
15	0,30	0,10	0,23	0,32	0,31	0,22	0,11	0,26	0,32	0,35	0,25	0,08
16	0,29	0,01	0,16	0,24	0,26	0,25	0,20	0,04	0,10	0,30	0,18	0,10
17	0,25	0,10	0,23	0,15	0,22	0,09	0,08	0,20	0,00	0,14	0,15	0,07
18	0,18	0,06	0,18	0,13	0,00	0,10	0,09	0,14	0,17	0,04	0,11	0,06
19	0,24	0,09	0,12	0,00	0,11	0,08	0,00	0,19	0,19	0,00	0,10	0,08
20	0,20	0,02	0,11	0,12	0,00	0,18	0,00	0,16	0,06	0,03	0,09	0,07
21	0,15	0,00	0,04	0,13	0,05	0,00	0,02	0,03	0,06	0,00	0,05	0,05
22	0,03	0,00	0,12	0,15	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,04	0,05

График зависимости математического ожидания доли потерянных заявок от количества операторов, построенная в MS Excel, представлен на рисунке 3.45.



Рисунок 3.45 – График зависимости математического ожидания доли потерянных заявок от изменения количества всех операторов (V) при совместном обслуживании поступающих заявок

Как видно, из рисунка 3.45, доли потерянных заявок для каждого количества операторов в контакт-центре не изменяется скачкообразно. Это говорит, о том, что лучше проводить несколько экспериментов в одном

прогоне. Для того чтобы быть уверенными в полученных результатах, необходимо построить доверительный интервал. Доверительный интервал – показатель точности полученных значений. Это также показатель того, насколько стабильна полученные результаты, то есть насколько близкое значение (к первоначальному значению), мы получим при повторении эксперимента.

Выбираем коэффициент доверия доверительного интервала $t=4$, т.е. с вероятностью 0,997 или 99,7 % можно утверждать, что значение доли потерянных заявок входит в этот интервал. В дальнейшем, построим доверительный интервал для математического ожидания доли потерянных вызовов (рисунок 3.46).

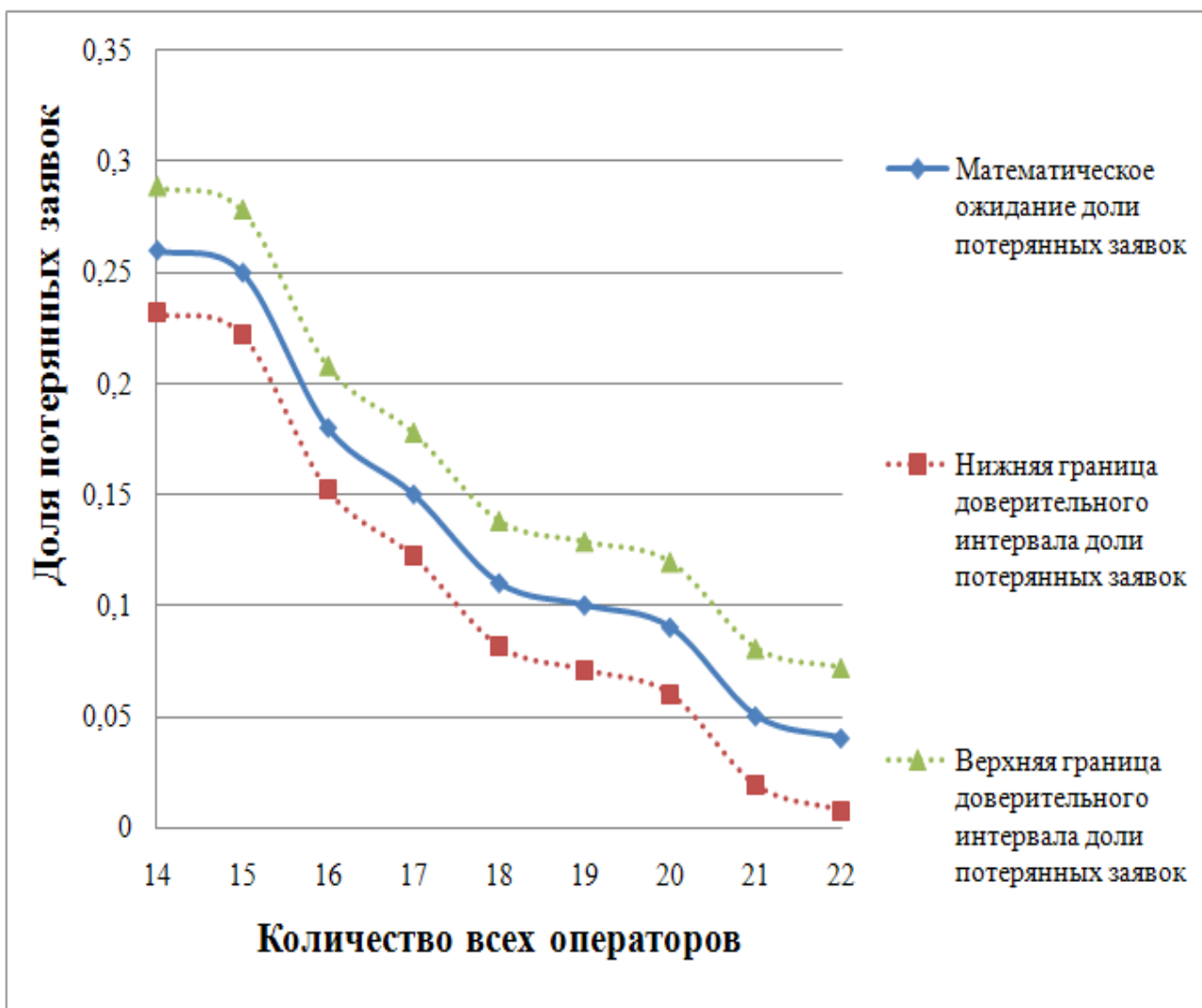


Рисунок 3.46 – Доверительный интервал доли потерянных заявок при изменении количества операторов в системе контакт-центра для совместного обслуживания поступающих вызовов

В таблицах 3.9 приведены значения средней длины очереди для 10 экспериментов при изменении количества операторов.

Таблица 3.9 – Значения средней длины очереди заявок для 10 экспериментов при совместном обслуживании

кол-во всех операторов	Номер эксперимента										мат ожди д	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	6,31	6,03	6,83	6,26	5,77	6,31	6,24	7,30	6,52	5,93	6,35	0,43
15	5,70	5,30	6,60	7,09	6,67	6,64	4,93	5,61	6,58	6,68	6,18	0,69
16	5,90	3,55	5,07	4,92	6,38	7,37	5,68	3,67	4,91	4,89	5,23	1,10
17	5,09	4,54	5,34	4,57	4,99	5,12	4,58	4,79	1,40	5,50	4,59	1,11
18	5,25	4,03	3,86	4,80	0,64	5,93	4,61	5,25	6,19	3,29	4,39	1,52
19	3,94	2,71	5,82	0,25	4,37	3,67	0,49	5,13	6,67	0,70	3,37	2,17
20	3,74	1,61	3,61	4,18	0,10	3,90	1,65	4,19	1,42	2,28	2,67	1,36
21	3,05	0,24	2,56	3,89	3,84	1,51	2,01	4,02	1,85	2,40	2,54	1,14
22	1,87	0,38	4,54	4,54	1,00	2,10	3,02	1,88	0,09	2,74	2,22	1,46

График зависимости математического ожидания длины очереди от количества операторов в системе представлен на рисунке 3.47.

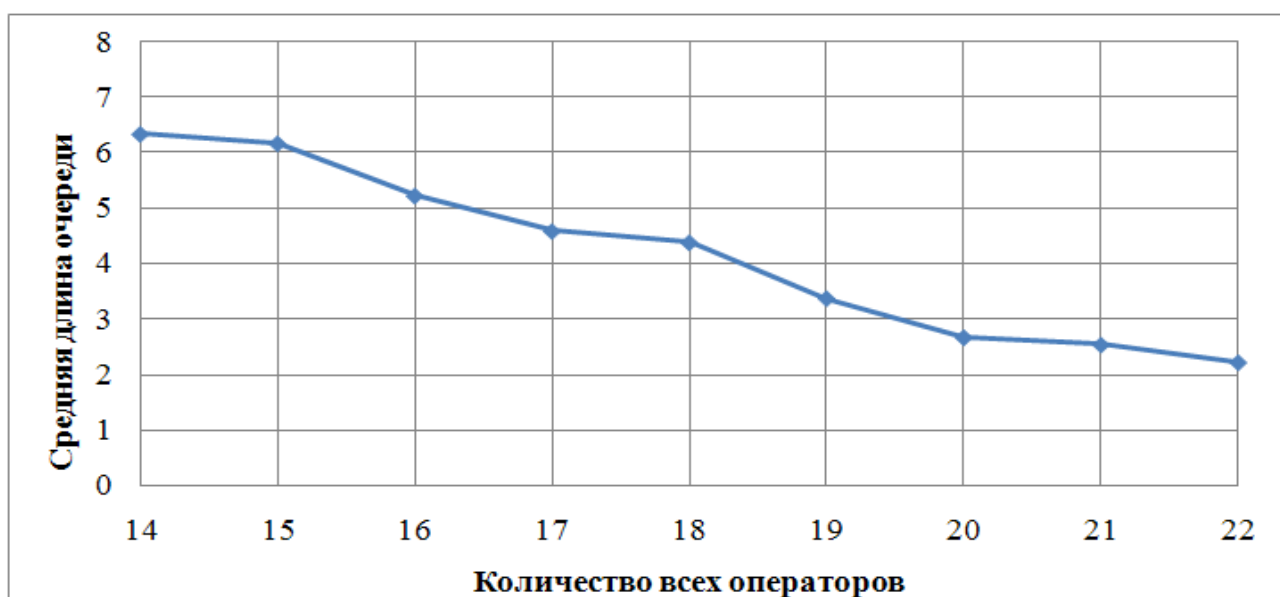


Рисунок 3.47 –График зависимости математического ожидания длины очереди от изменения количества операторов

Как видно, из рисунка 3.47, средняя длина очереди для разного количества операторов в контакт-центре не изменяется скачкообразно. Для того чтобы быть уверенными в полученных результатах, необходимо построить доверительный интервал. Выбираем коэффициент доверия доверительного интервала $t=3$, т.е. с вероятностью 0,97 или 97 % можно утверждать, что значение длины очереди входит в этот интервал. В дальнейшем, построим доверительный интервал для математического ожидания длины очереди (рисунок 3.48).

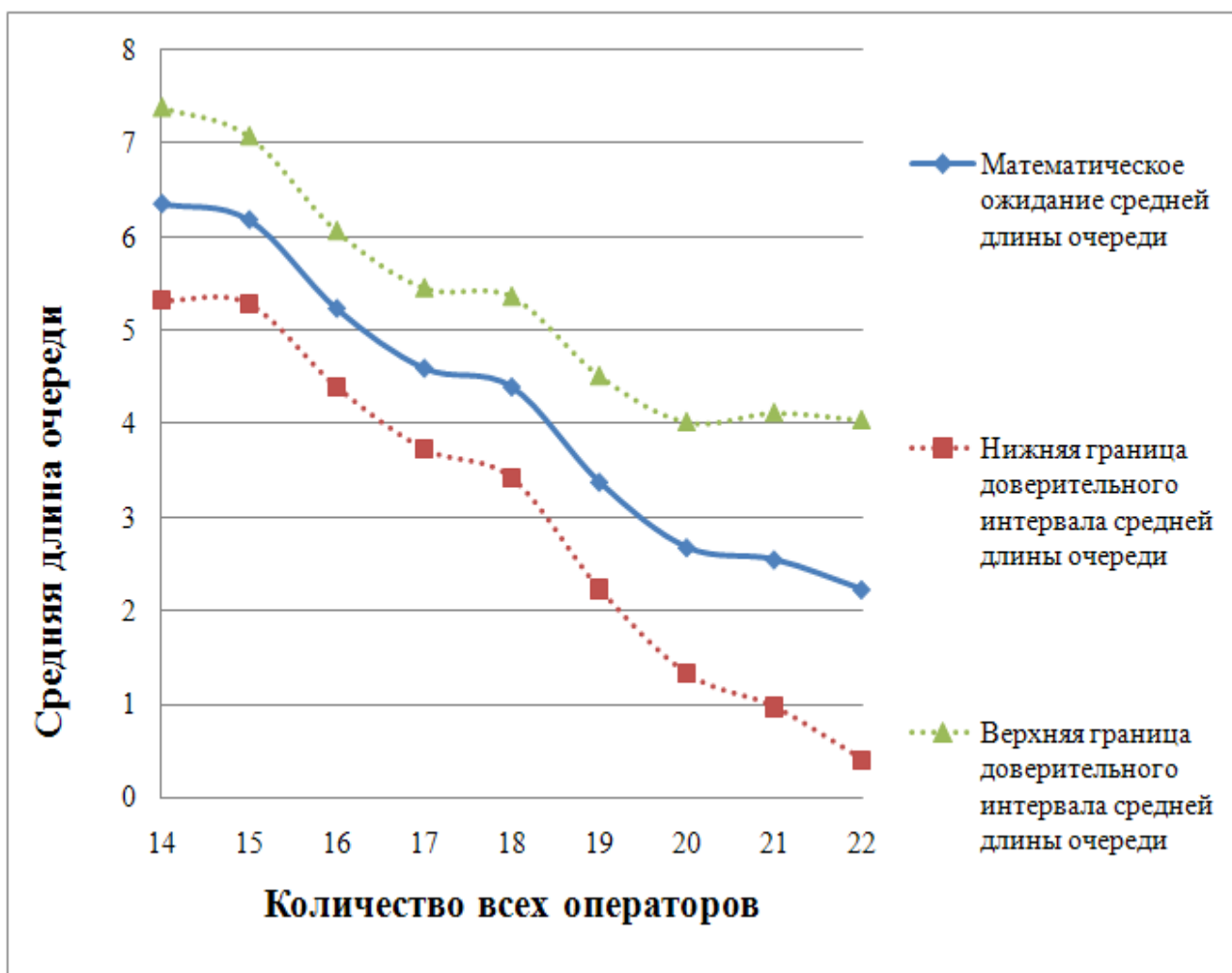


Рисунок 3.48 – Доверительный интервал средней длины очереди при изменении количества операторов в системе контакт-центра для совместного обслуживания поступающих вызовов

Еще одним важным параметром для управления функционирования контакт-центра является среднее время ожидания заявок в очереди.

В таблице 3.10 приведены значения времени ожидания заявок в очереди к операторам для 10 экспериментов при изменении количества операторов.

Т а б л и ц а 3.10 – Значения среднего времени ожидания заявок в очереди к операторам для 10 экспериментов при совместном обслуживании

кол-во всех операторов	Номер эксперимента										матожид	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
14	0,95	0,72	0,91	0,82	0,69	0,81	0,76	0,95	0,80	0,66	0,81	0,10
15	0,77	0,56	0,80	0,99	0,90	0,81	0,53	0,65	0,93	0,94	0,79	0,15
16	0,78	0,36	0,57	0,65	0,76	0,90	0,59	0,45	0,54	0,66	0,63	0,15
17	0,63	0,50	0,61	0,54	0,57	0,53	0,44	0,60	0,15	0,60	0,52	0,14

Продолжение таблицы 3.10

кол-во всех опера- торов	Номер эксперимента										мат ож ид	Ср кв отк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
18	0,64	0,41	0,46	0,57	0,06	0,63	0,47	0,56	0,68	0,35	0,48	0,17
19	0,47	0,29	0,63	0,03	0,44	0,33	0,05	0,58	0,70	0,08	0,36	0,23
20	0,44	0,16	0,38	0,46	0,01	0,39	0,17	0,46	0,13	0,23	0,28	0,15
21	0,32	0,03	0,26	0,42	0,39	0,14	0,21	0,38	0,18	0,23	0,26	0,12
22	0,20	0,04	0,45	0,45	0,10	0,19	0,33	0,18	0,01	0,26	0,22	0,15

График зависимости математического ожидания времени ожидания заявок в очереди от изменения количества операторов при совместном обслуживании поступающих вызовов представлен на рисунке 3.49.

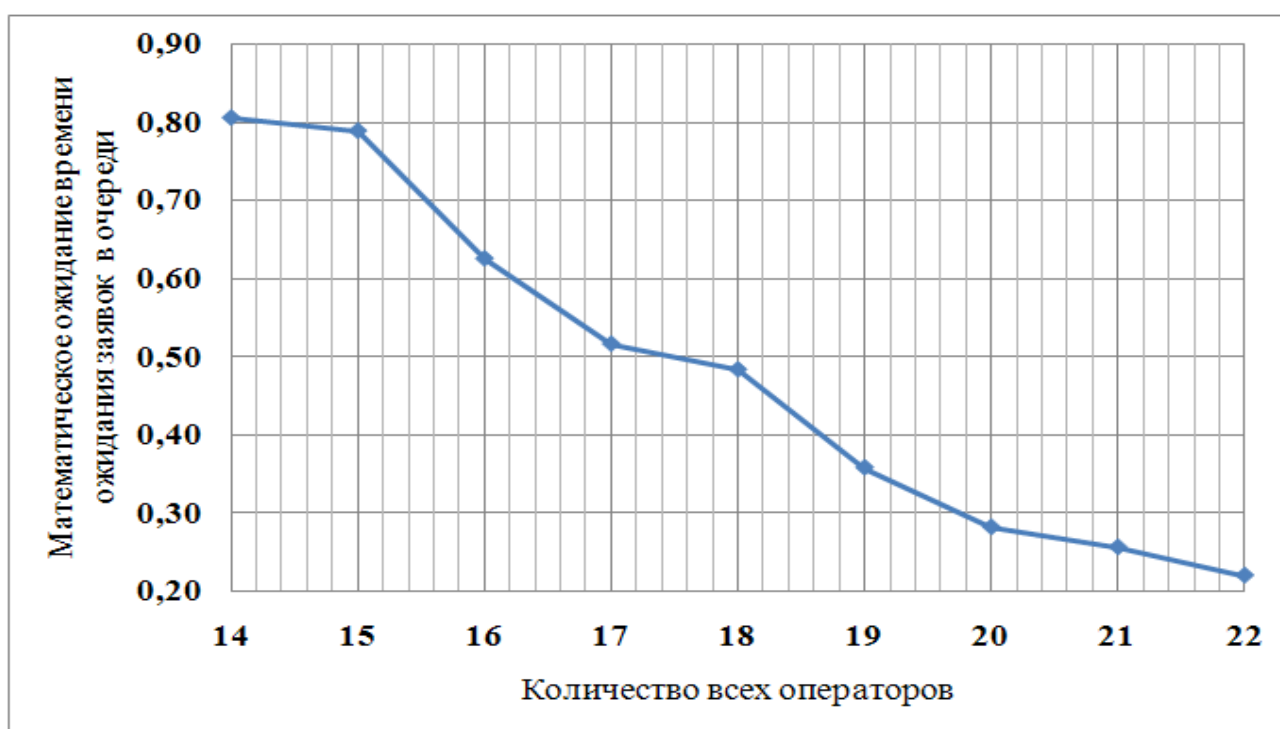


Рисунок 3.49 –График зависимости математического ожидания времени ожидания заявок в очереди от изменения количества операторов СТОП при совместном обслуживании поступающих вызовов

Как видно, из рисунка 3.49, среднее время ожидания в очереди для разного количества операторов в контакт-центре не изменяется скачкообразно. Для того чтобы быть уверенными в полученных результатах, необходимо построить доверительный интервал. Выбираем коэффициент доверия доверительного интервала $t=3$, т.е. с вероятностью 0,97 или 97 % можно утверждать, что значение времени ожидания заявок СТОП в очереди входит в этот интервал. В дальнейшем, построим доверительный интервал для

математического ожидания длины очереди (рисунок 3.50).

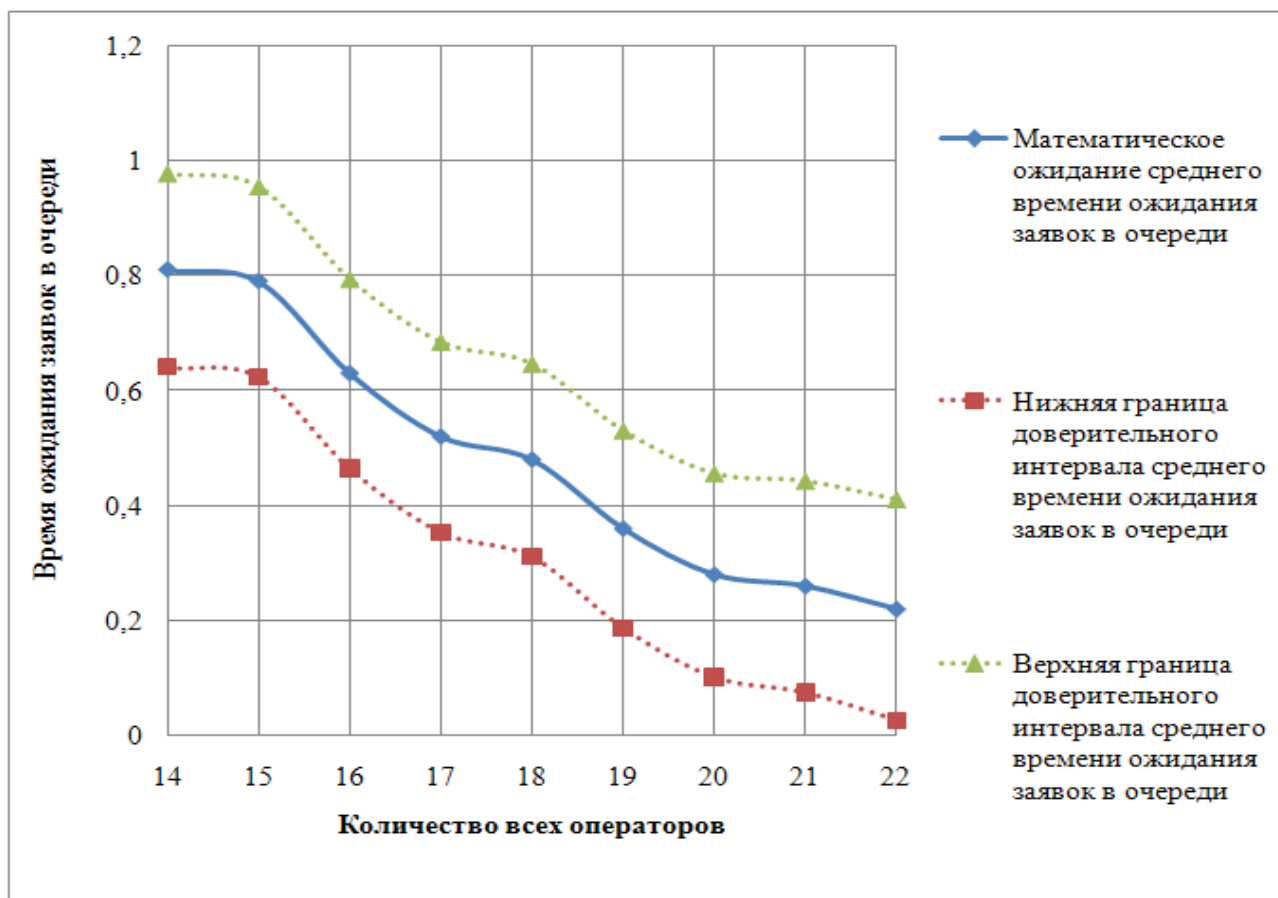


Рисунок 3.50 – Доверительный интервал математического ожидания времени ожидания заявок в очереди при изменении количества операторов для совместного обслуживания поступающих вызовов

Анализируя полученные результаты и графики зависимости, можно с уверенностью сказать, что оптимальным количеством операторов при совместном обслуживании поступающих заявок от СТОП и сети Интернет для уменьшения вероятности отказа системы до 4%, средней длины очереди и времени ожидания заявок в очереди является 22 операторов в системе.

3.6 Сравнение и анализ результатов при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов

Сравним результаты при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов.

На рисунке 3.51 представлен график сравнения доли потерянных заявок при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов.

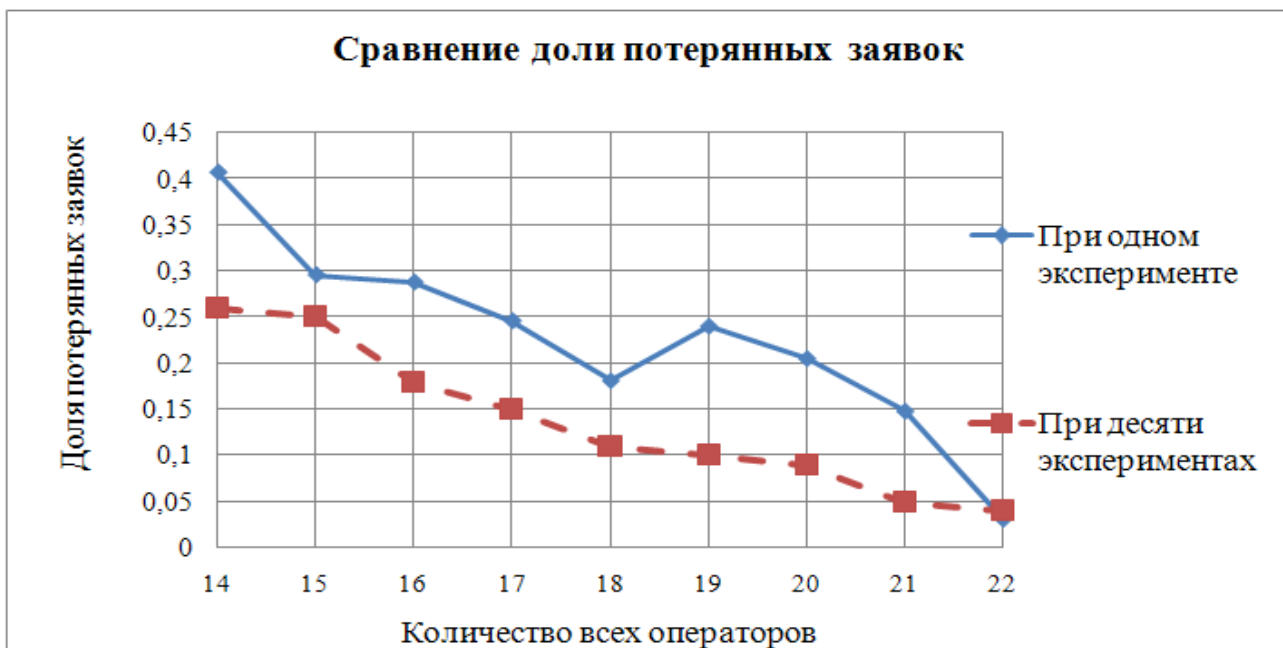


Рисунок 3.51 – Сравнение доли потерянных заявок при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов

На рисунке 3.52 представлен график сравнения средней длины очереди при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов.

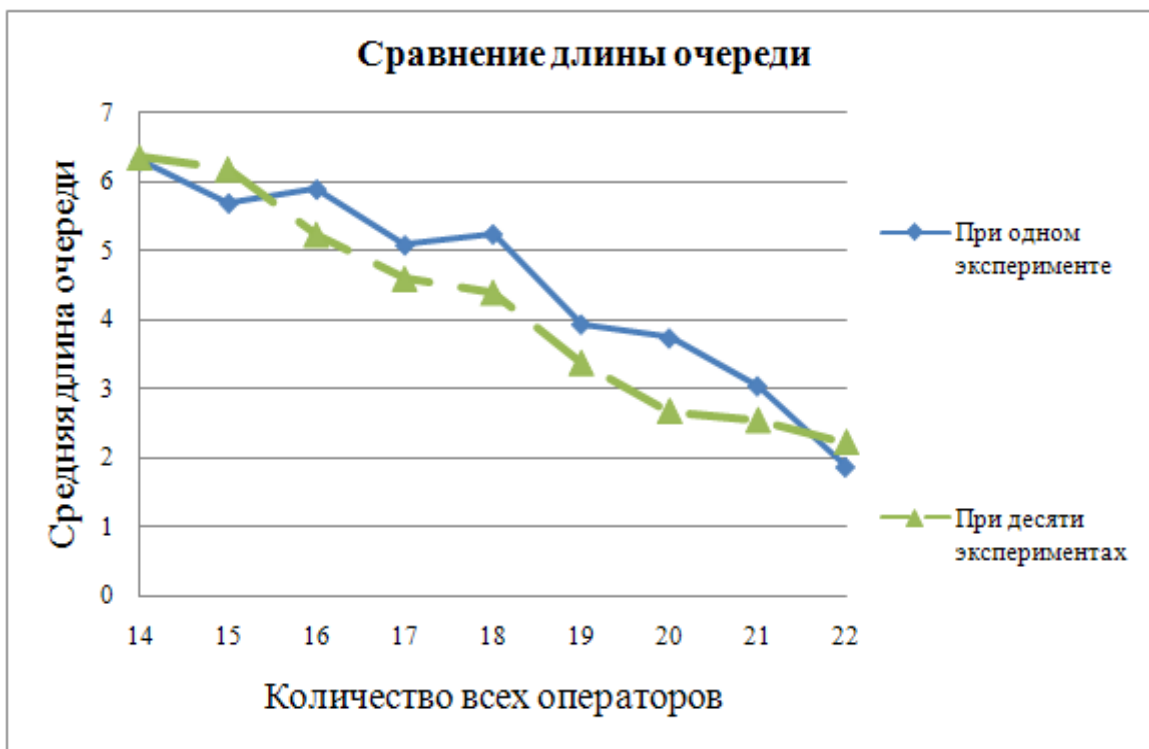


Рисунок 3.52 – Сравнение средней длины очереди при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов

На рисунке 3.53 представлен график сравнения среднего времени ожидания заявок в очереди к операторам при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов.

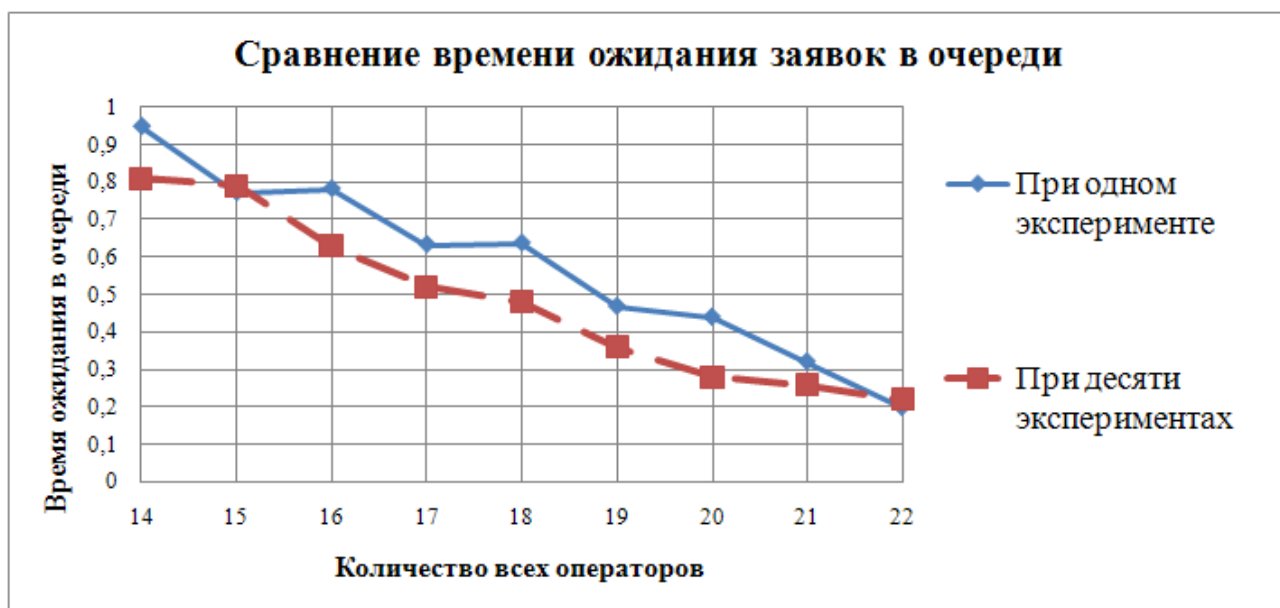


Рисунок 3.53 – Сравнение среднего времени ожидания заявок в очереди при одном и десяти экспериментах для совместного обслуживания поступающих вызовов

Сравнивая и анализируя графики зависимости, можно с уверенностью сказать, что лучше проводить несколько экспериментов для каждого количества операторов. При проведении нескольких экспериментов можно избежать отклонений и резких скачков, а также можно находить среднеквадратическое отклонение от средних значений того или иного параметра управления функционирования контакт-центра. Оптимальным количеством операторов при совместном обслуживании поступающих заявок от СТОП и сети Интернет для уменьшения вероятности отказа системы до 4%, средней длины очереди и времени ожидания заявок в очереди является. 22 операторов в контакт-центре.

3.7 Анализ процесса функционирования контакт-центра

В этой главе мы сравним результаты моделирования при десяти экспериментах для отдельного и совместного обслуживания поступающих заявок: от сети телекоммуникации общего пользования (СТОП) и от сети Интернет.

На рисунке 3.54 представлена зависимость значений доли потерянных заявок от количества всех операторов в контакт-центре. На рисунке 3.54

сплошной линией представлены математические ожидания доли потерянных заявок 1-го потока (СТОП) при первом распределении операторов, а пунктирной линией представлены математические ожидания доли потерянных заявок при втором распределении операторов.

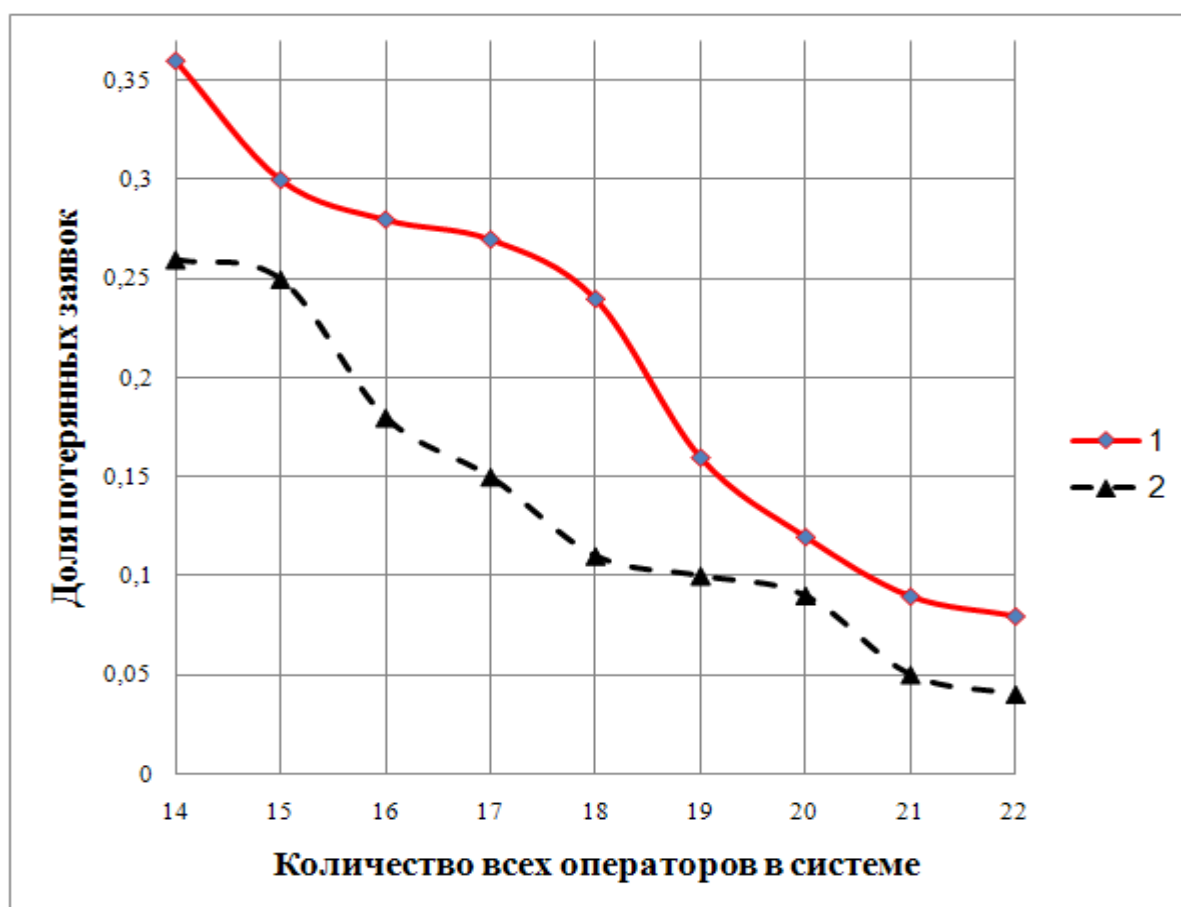


Рисунок 3.54 – Сравнение доли потерянных заявок в контакт-центре при первом и втором способе распределения операторов в контакт-центре

Как видно из рисунка 3.54 при первом способе распределения операторов в контакт-центре доля потерянных вызовов, равная 0,08 (8%) достигается при увеличении количества всех операторов в контакт-центре от 14 до 22. Доля потерянных заявок, во втором способе распределения операторов контакт-центра при количестве всех операторов равным 22, составляет 0,04, что значительно меньше, чем доля потерянных вызовов при первом способе распределения операторов.

На рисунке 3.55 представлена зависимость значений длины очереди от количества всех операторов в контакт-центре. На рисунке 3.55 сплошной линией представлены математические ожидания длины очереди 1-го потока (СТОП) при первом распределении операторов, а пунктирной линией представлены математические ожидания длины очереди при втором распределении операторов.

Из рисунка 3.55 видно, что длина очереди при первом способе

распределения операторов равная 3,18 заявкам достигается при увеличении количества всех операторов в контакт-центре от 14 до 22. Длина очереди во втором способе распределения операторов контакт-центра при количестве всех операторов равным 22, составляет 2,22, что существенно ниже, чем длина очереди при первом способе распределения операторов.



Рисунок 3.55 – Сравнение длины очереди в контакт-центре при первом и втором способе распределения операторов в контакт-центре

На рисунке 3.56 представлена зависимость значений времени ожидания заявок в очереди от количества всех операторов в контакт-центре. На рисунке 3.56 сплошной линией представлены математические ожидания времени простоя заявок в очереди 1-го потока (СТОП) при первом распределении операторов, а пунктирной линией представлены математические ожидания времени простоя заявок в очереди при втором распределении операторов.

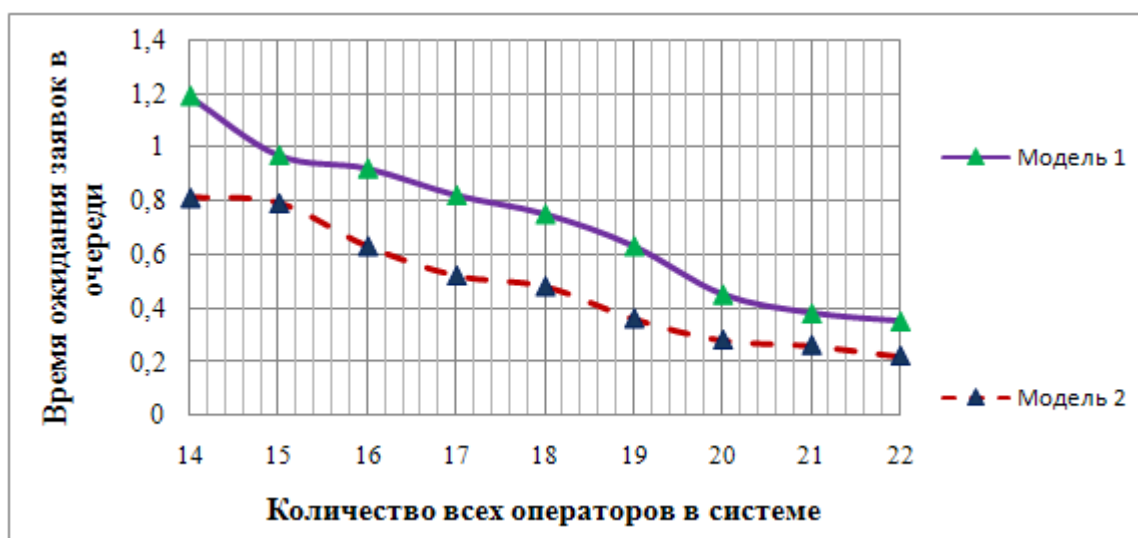


Рисунок 3.56 – Сравнение времени ожидания в очереди в контакт-центре при первом и втором способе распределения операторов в контакт-центре

Из рисунка 3.56 видно, что время ожидания в очереди при первом способе распределения операторов равная 0,35 минутам, достигается при повышении количества всех операторов в контакт-центре от 14 до 22. Время ожидания в очереди во втором способе распределения операторов контакт-центра при количестве всех операторов равным 22, составляет 0,22 минут, что значительно ниже, чем время ожидания в очереди при первом способе распределения операторов.

Результаты проведенных исследований показывают, что при втором способе распределения операторов в контакт-центре параметры СМО гораздо лучше, чем при первом способе распределения операторов в контакт-центре, что свидетельствует о преимуществе совместного обслуживания операторами поступающих вызовов разнородного трафика в контакт-центр.

Заключение

В первой главе анализ процессов функционирования контакт-центра. Рассмотрены вопросы понятия и назначения современных контакт-центров. В работе представлена архитектура контакт-центра, таблиц различий между традиционными Call-центрами и мультисервисными контакт-центрами. Приведены услуги мультимедийного контакт-центра.

Во второй главе произведено управление процессом функционирования контакт-центра. Сформулированы моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания и случайные величины в системе массового обслуживания, определены управляемые параметры контакт-центра, разработано аналитическое моделирование контакт-центра как системы массового обслуживания (СМО).

В третьей главе приведены результаты имитационного моделирования контакт-центра в среде GPSS World. Разработана имитационная модель для двух способов распределения операторов в контакт-центре при обслуживаний разнородного трафика, проведены исследования на данной модели. Проведены эксперименты для отдельного и совместного обслуживания поступающих заявок от СТОП и Интернет, произведено сравнение и анализ результатов при одном и десяти экспериментах для отдельного и совместного обслуживания поступающих вызовов.

Получены зависимости доли потерянных вызовов от количества операторов в системе, гистограмма среднего времени ожидания заявок в очереди при разных значениях r (количества работающих операторов), гистограмма длины очереди.

Сделан анализ процесса функционирования контакт-центра, сделан выбор эффективного способа распределения операторов в системе для обслуживания разнотипного трафика, а также выбрано оптимальное количество операторов в контакт-центре.

Список литературы

- 1 <http://www.newtech.kz/wwwntkz/5/meridian.html>
- 2 Шадурский Е. Отечественный подход. Журнал «Экспресс Электроника», №8-2003, 46 с.
- 3 <http://dvo.sut.ru/libr/skiri/i279gold/4.htm>
- 4 www.enrus.ru/files/249/bill_gates_biznes_so_skorostju_misli.pdf
- 5 <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-razrabotka-metoda-obsluzhivaniya-vyzovov-v-kontakt-tsentrakh>
- 6 <http://www.cnews.ru/reviews/free/call-center/part1/>
- 7 Фролова А. Зачем нужен Call Center? // Корпоративные системы, 2001, №2.
- 8 <http://www.comptek.ru/telephony/solutions/call-o-call/>
- 9 С.В.Кунегин. Системы передачи информации. Курс лекций. М., 1997, - 317 с., с илл.
- 10 <http://mbttc.mtuci2.ru/courses/ost02.htm>
- 11 <http://www.osp.ru/os/1996/02/178824/>
- 12 <http://www.krascult.ru/votes/gos-uslugi>
- 13 Гольдштейн Б.С., Зарубин А.А., Поташов А.И. Центры обработки вызовов для органов внутренних дел: Методическое пособие по проведению практических занятий и лабораторных работ по курсу. СПб., 2005, - 39 с.
- 14 <http://dop.uchebalegko.ru/docs/index-55893.html>
- 15 www.i2r.ru/static/347/out_6158.shtml
- 16 <http://int.genesyslabs.ru/index.php/home/theory/mm-cc-item>
- 17 <http://ct.forte-it.ru/print.php?sub=operator&system=call-o-call>
- 18 http://www.crmonline.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=123
- 19 Rami Atar, Avi Mandelbaum and Martin I. Reimanscheduling A Multi class queue with many exponential servers: asymptotic optimality in heavy traffic// The Annals of Applied Probability, 2004, Vol. 14, No. 3, 1084–1134
- 20 <http://dvo.sut.ru/libr/skiri/i279gold/3.htm>
- 21 http://otherreferats.allbest.ru/radio/00075562_1.html
- 22 Гольдштейн В.С., Фрейнкман В.А. Call-центры и компьютерная телефония, СПб.:БХВ, 2002
- 23 D. V. Efrosinin and V. V. Rykov. Numerical Study of the Optimal Control of a System with Heterogeneous Servers// Automation and Remote Control, Vol. 64, No. 2, 2003, pp. 302-309.
- 24 Рыков, V.V., Controllable Queuing Systems, Itogi Nauki Tekhn., Teor. Veroyatn., Mat. Statist., Tekhn. Kibern., 1975, vol. 12, pp. 45-152.
- 25 <http://vtit.kuzstu.ru/files/growns//78/Khlebnikov.pdf>
- 26 Росляков А.В. Call-центры приходят в ЖКХ / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, С.В. Ваняшин // Connect! Мир связи. – 2006. – №3. – С. 56-59.
- 27 Ваняшин С.В. Особенности функционирования операторского центра при обслуживании заявок из пакетных сетей / С.В. Ваняшин // Тез. докл. Пятой

- Международной научно-технической конференции. – Самара, 2004. – С. 58-60.
- 28 <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=54120>
- 29 Обзор решений для построения центров обработки вызовов. Организация и администрирование. // Компьютерная телефония, 2001, №3.
- 30 http://fulud.ru/Elektronnaya_pochta.html
- 31 <http://www.comnews.ru/index.cfm?id=17969>
- 32 <http://sale.stranzit.ru/business/vatc/description>
- 33 <http://letai.ru/phone/local>
- 34 <http://www.ttl.tj/sip.html>
- 35 <http://ru.sun.com/solutions/bpc1.html>
- 36 <http://www.aprait.ru/consulting/publications/63/>
- 37 www.cisco.com/russian_win/warp/public/3/ru/news/00040.html
- 38 <http://kunegin.narod.ru/ref2/cc/cc6.htm>
- 39 Росляков А. В., Самсонова М. Ю. Центры обслуживания вызовов. М.: Эко-трендз, 2002. 272 с.
- 40 Галямов А. Ф. К вопросу о проектировании центров интегрированного обслуживания абонентов // 6-я Всероссийск. зимн. шк.-сем. аспирантов и молодых ученых: материалы конф. Уфа: УГАТУ, 2011. Т. 1. С. 23–26.
- 41 Галямов А. Ф., Тархов С. В. Моделирование бизнес-процессов контакт-центра для оптимизации его характеристик // Компьютерные науки и информационные технологии: тр. XIII международн. конф. Гармиш-Партенкирхен, Бавария, Германия, 2011. С. 124–126. (Статья на англ. яз.).
- 42 http://www.it.ru/branch/encode.show_article?a_id=3&dpr=&prd=&dz
- 43 <http://www.ixbt.com/comm/ip-aspects.html>
- 44 М.Н. Cohen, J.P. Giangola, and J. Balogh, Voice User Interface Design. Boston: Addison Wesley, 2004.
- 45 A. Gorin, G. Riccardi, and J. Wright, “How may I help you?,” Speech Commun., vol. 23, pp. 113–127, 1997.
- 46 Natarajan, R. Prasad, B. Suhm, and D. McCarthy, “Speech enabled natural language call routing: {BBN} call director,” in Proc. Int. Conf. Spoken Language Processing, Denver, 2002.
- 47 Rami Atar. A diffusion model of scheduling control in queueing systems with many servers. //The Annals of Applied Probability 2005, Vol. 15, No. 1B, 820–852
- 48 Armony, M. and Maglaras, C. (2004). Customer contact centers with multiple service channels. Oper. Res. 52 271–292
- 49 Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. М.: Изд-во РУДН, 1995.
- 50 Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-Телефония. — М.: Радио и связь, 2001. — 336с.: ил
- 51 <http://kunegin.narod.ru/ref5/cc/p06.htm>
- 52 F.C. Pereira and M. Riley, “Speech recognition by composition of weighted finite automata,” in Finite-State Devices for Natural Language Processing, Roche E. and Schabes, Y., Eds. Cambridge, MA: MIT Press, 1997.

- 53 http://www.lucent.ru/files/zip/products/Multicervice_print.zip
- 54 Сети и системы связи. Журнал о компьютерных сетях и телекоммуникационных технологиях. №4(110), 24 марта 2004г.
- 55 <http://www.fortax.ru/about.html>
- 56 <http://www.ihl.ru/about.html>
- 57 <http://www.tadviser.ru/index.php>
- 58 http://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_массового_обслуживания
- 59 Adans, I. and R. Jacques (2002), Queueing Theory, Eindhoven, Netherlands
- 60 Avramidis, A. and P. L'Ecuyer, Modelling and Simulation of Call Centres, Proceedings of 2005 Winter conference
- 61 Khoshmnevis B. Discrete System Simulation, McGraw-Hill, New York, 1994
- 62 Koole, G. and A. Mandelbaum, Queueing Models of Call Centre: An Introduction, Annals of Operations Research, 113, 2002, 41-59
- 63 White, J. A., J. W. Schmodt and G. K. Bennett (1975), Analysis of Queueing Systems, Academic Press, New York
- 64 Erlang, A. K., Solution of some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges, Elektroteknikerer, vol 13, 1917
- 65 Koole, G. and A. Mandelbaum, Queueing Models of Call Centre : An Introduction, Annals of Operations Research, 113, 2002, 41-59
- 66 http://ccc.ru/magazine/depot/07_14/read.html?Wcbbal1a1a7c056.htm
- 67 Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005. - 288 с
- 68 Bhide, M., Negi, S.; Subramaniam, L. V.; Gupta, H., Customer-focused service management for contact centers, IBM Journal of Research and Development, 2009, Volume: 53, Issue: 6, pp.9:1 - 9:12
- 69 Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World Учебное пособие, БХВ-Петербург, 2004. - 368 с.
- 70 Т.И. Алиев Основы моделирования дискретных систем - Санкт-Петербург: , 2009. - 363 с. - экз.
- 71 К. Х. Туманбаева. Теория телетрафика и сети связи. Часть 1. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. - Алматы: АИЭС, 2009.- 44 с
- 72 Ю.Н. Корнышев, А.П. Пшеничников, А.Д. Харкевич. Теория телетрафика: Учебник для вузов – М.: Радио и связь, 1996 – 272 с.
- 73 [http://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_\(unit\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_(unit))
- 74 Захаров Г.П., Варакосин Н.П. Расчет количества каналов связи при обслуживании с ожиданием. Номограммы и таблицы. – М.: Связь, 1967. – 304 с.
- 75 Шнепс М.А. Системы распределения информации. Методы расчета. – М.: Связь, 1979. – 344 с.
- 76 https://www.iitg.ernet.in/skbose/qbook/Slide_Set_12.PDF
- 77 <http://www.avkd.tj/index.php/ru/2011-05-30-07-35-15/5-2011-06-12-09-35-14/detail/91-5-13?tmpl=component>
- 78 <http://www.inauka.ru/analysis/article39959>

- 79 http://kakun.ru/cat552-pervyy_kontakt_s_zakazchikom
- 80 http://lib.ssga.ru/fulltext/УМК/Моделирование%20систем/Лекции/Методичка%20лекции/frames/lection12_frame.html
- 81 <http://www.statistica.ru/local-portals/telecom/vvedenie-v-teoriyu-teletrafika>
- 82 http://materiology.info/ref/imitacionnom_modelirovanii.html
- 83 <http://club-kit.com/affiche/52cd23abf9cd0ed35d89902f>
- 83 <http://www.findpatent.ru/patent/147/1472914.html>
- 84 <http://ru.wikipedia.org/wiki/GPSS>
- 85 Алиев Т.И. Исследование методов диспетчеризации в цифровых управляющих системах. Уч. пособие. – Л.: ЛИТМО, 1986. – 82 с.
- 86 http://primat.org/load/poleznyj_soft/modelirovanie/28
- 87 <http://www.findpatent.ru/catalog/7/114/660/6840/>
- 88 <http://www.gpss.ru/immod05/p/borshev/intro.html>
- 89 <http://gendocs.ru/v25444/?cc=5>
- 90 <http://bib.convdocs.org/v41172>
- 91 <http://bourabai.kz/cm/gpss.htm>
- 92 <http://stud24.ru/information/modelirovanie-dispatcherskogo-punkta-po-upravleniju/466089-1767164-page1.html>
- 93 Туманбаева К.Х., Лещинская Э.М. Анализ и прогнозирование входящего трафика Call- центра/ «Қоғамды ақпараттандыру» III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, 113-115 с.
- 94 Туманбаева К.Х., Терликбаева Г.Б. Моделирование процесса функционирования Call-центра/ Вестник АУЭС, №3 (18), 64-69 с.
- 95 Туманбаева К.Х., Аширбаева С.М. Моделирование процесса обслуживания вызовов в контакт-центре/ Известия научного-технического общества «КАХАК», 2013, №2 (41), 83-87 с.