

На правах рукописи

**Чан Туан Минь**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБСЛУЖИВАНИЯ  
ВЫЗОВОВ В КОНТАКТ-ЦЕНТРАХ**

Специальность 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва-2012

Работа выполнена на кафедре Автоматической электросвязи Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский технический университет связи и информатики» (ФГОБУ ВПО МТУСИ)

Научный руководитель

кандидат технических наук, профессор  
Попова Адина Григорьевна

Официальные оппоненты:

Цым Александр Юрьевич  
доктор технических наук,  
Начальник лаборатории  
ФГУП ЦНИИС

Гольшко Александр Викторович  
кандидат технических наук,  
Главный аналитик департамента  
операторских решений Huawei  
technologies co.,ltd

Ведущая организация

ООО «Научно-технический центр  
ПРОТЕЙ»

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_2012 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 219.001.03 по защите докторских и кандидатских диссертаций при ФГОБУ ВПО «Московский технический университет связи и информатики» по адресу: 111024, Москва, ул. Авиамоторная, дом 8а, ауд. А-448.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МТУСИ.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
Д.219.001.03  
к.т.н., доц.

Ерохин С.Д.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации** определяется растущей потребностью в развертывании современных контакт-центров с привлечением технологий IP и Ethernet как на участке доступа к ресурсам систем, так и для оснащения рабочих мест операторов. Основной технологический процесс в контакт-центрах заключается в сборе информации, её обработке, хранении, обновлении и выдаче по мере необходимости. Первая версия информационных центров – автоматические ступени распределения вызовов, затем появились центры обслуживания вызовов (или Call-center). В настоящее время широко используются контакт-центры-информационные системы, способные взаимодействовать с любыми телекоммуникационными средствами.

Масштаб контакт-центра определяется числом операторских мест. Пропускная способность отдельных групп операторов может регулироваться различными способами с целью повышения производительности труда операторских групп, оптимизации сопряжения контакт-центра с сетью связи общего пользования и обеспечения доступа пользователей к услугам центра с наименьшим временем ожидания. Это достигается рациональной организацией контакт-центра с учетом возможности автоматического распределения вызовов внутри и между группами операторов. Широкий спектр возможностей доступа к перспективным информационным услугам могут обеспечить стремительно набирающие популярность системы компьютерной телефонии. Могут быть задействованы среда автоматического распределения вызовов (Automatic Call Distribution - ACD), интерактивное голосовое меню (Interactive Voice Response - IVR); различные алгоритмы маршрутизации и дисциплины обслуживания вызовов.

Применительно к оценке показателей качества обслуживания пользователей в контакт-центрах можно сослаться на исследования Б.С. Гольдштейна, К. Досона, И.М. Домбрина, И.О. Масленникова, А.В. Рослякова, С.Н. Степанова и других.

Диссертационная работа посвящена исследованию метода обслуживания вызовов в современных контакт-центрах, в которых задействованы среда автоматического распределения вызовов, интерактивное голосовое меню, гибкая маршрутизация и разные дисциплины обслуживания вызовов.

**Целью диссертации** является разработка метода оценки показателей качества обслуживания вызовов в контакт-центрах и рекомендаций по повышению эффективности работы операторов.

Для достижения поставленной цели решены следующие основные задачи:

- на основе метода декомпозиции проведено исследование вероятностных характеристик процесса обслуживания вызовов с помощью математической модели, разработанной для контакт-центра, а также выполнена оценка производительности труда операторов;
- выполнены оценки пропускной способности контакт-центра с учетом использования гибкой маршрутизации вызовов и интерактивного голосового меню;
- проведено имитационное моделирование для оценки влияния защитного интервала времени при поступлении вызовов на рабочие

места операторов.

**Методы исследования.** В основу исследований положены методы теории телетрафика, вычислительной математики и программирования.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Использование метода декомпозиции и математическая модель процесса обслуживания вызовов в контакт-центрах позволили производить аналитическую оценку качества обслуживания вызовов в контакт-центре.

2. Разработанный метод обслуживания вызовов в контакт-центрах позволил оценить пропускную способность операторской системы с учетом следующих факторов влияния:

гибкой маршрутизации вызовов на дополнительные операторские группы контакт-центра;

системы интерактивного голосового меню;

защитного интервала времени при поступлении вызовов на рабочее место оператора.

3. Имитационное моделирование позволило исследовать характеристики и степень влияния защитного интервала времени на пропускную способность системы. Полученные результаты показали, что защитный интервал времени позволяет снижать нагрузку на операторов, но вызывает снижение пропускной способности системы и среднего использования рабочих мест операторов контакт-центра. Отклонение результатов аналитического расчета от результатов моделирования не превышает 10% с доверительной вероятностью 0,95.

**Личный вклад.** Теоретические и практические исследования, расчеты и проведенное моделирование на персональном компьютере, а также выводы и рекомендации получены автором лично.

**Практическая ценность.** Разработанное в диссертации формализованное представление процесса обслуживания вызовов в контакт-центрах позволяет учесть влияние дисциплины обслуживания вызовов на качество их обслуживания. Рекомендации по обеспечению высокой пропускной способности контакт-центра позволяют управлять качеством обслуживания трафика путем изменения параметров системы и дисциплины обслуживания.

**Реализация результатов работы.** Основные теоретические и практические результаты, полученные в работе, использованы в учебном процессе кафедры АЭС МТУСИ, а также в практической деятельности ЗАО «Мастертел», что подтверждено соответствующими актами.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были представлены и обсуждались на Московских отраслевых научно - технических конференциях «Технологии информационного общества» в 2007 и 2010 годах, на конференциях «Телекоммуникационные и вычислительные системы» в 2007 – 2010 годах, на заседаниях кафедры АЭС МТУСИ.

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 10 печатных работах, из них 3 статьи в журнале, рекомендованном ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Она включает 155 страниц машинописного текста, 29 рисунков, 17

таблиц, одно приложение. Список литературы включает 117 наименований.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Анализ опыта построения и эксплуатации контакт-центров показал эффективность использования устройства IVR, аутсорсинга, гибкой маршрутизации поступающих вызовов для повышения качества работы контакт-центров, эффективности и комфортности работы операторов.

2. Проведенное формализованное описание модели при анализе процесса обслуживания вызовов контакт-центра позволяет учесть условия и характер обслуживания вызовов в современных контакт-центрах.

3. Реализация принципа декомпозиции дает возможность рассчитать основные показатели качества обслуживания вызовов в контакт-центре.

4. Оценка пропускной способности контакт-центра, используемого в режиме аутсорсинга, показала, что наиболее выгодным режимом использования рабочих мест операторов является работа большими группами. При помощи гибкой маршрутизации повышается пропускная способность контакт-центра.

5. Разработанная методика расчета многоуровневой операторской системы с гибкой маршрутизацией вызовов позволяет снизить уровень потерь вызовов.

6. Имитационное моделирование работы контакт-центра при введении защитного интервала времени на рабочее место оператора показало, что аналитическая модель позволяет получить нижнюю оценку вероятности потерь вызовов. Отклонение результатов аналитического расчета от результатов имитационного моделирования не превышает 10% с доверительной вероятностью 0,95.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснованы выбор темы диссертации, ее актуальность, новизна, определены цель и задачи исследования, структура и объем диссертации, коротко изложено ее содержание.

**В первой главе** систематизированы тенденции и направления развития контакт-центров в сетях связи следующего поколения - NGN с архитектурой IMS, позволяющей обеспечить совместное обслуживание абонентов мобильной и фиксированной связи с предоставлением им одинакового набора услуг, рассмотрены методы расчета пропускной способности служб контакт-центра.

Постоянно возникающие и развивающиеся информационные и телекоммуникационные технологии обеспечивают рост возможностей и вариантов по созданию контакт-центров, организацию обслуживания пользователей с использованием различных дисциплин.

Целью совместного использования технических и интеллектуальных средств в контакт-центрах является решение задачи обеспечения обслуживания клиентов с высоким качеством в режиме круглосуточного доступа, эффективного распределения входящих вызовов по рабочим местам операторов с установкой части вызовов на ожидание, реализации индивидуального подхода к обслуживанию пользователей и сокращения времени ожидания в очереди. Объемы обслуженного трафика могут регулироваться различными способами для повышения произво-

длительности труда операторских групп, оптимизации сопряжения контакт-центра с телекоммуникационной сетью и обеспечения доступа пользователей к услугам системы с наименьшим временем ожидания.

На основе проведенного анализа тенденций развития контакт-центров сформулированы основные задачи исследования в диссертационной работе.

**Во второй главе** систематизированы перспективные концепции организации информационных центров обслуживания вызовов, исследованы методы оценки характеристик качества обслуживания вызовов в контакт-центрах.

Процесс обслуживания вызовов в контакт-центрах - результат функционирования организационно-технического комплекса, предназначенного для приема и обработки большого потока вызовов от абонентов с помощью операторов.

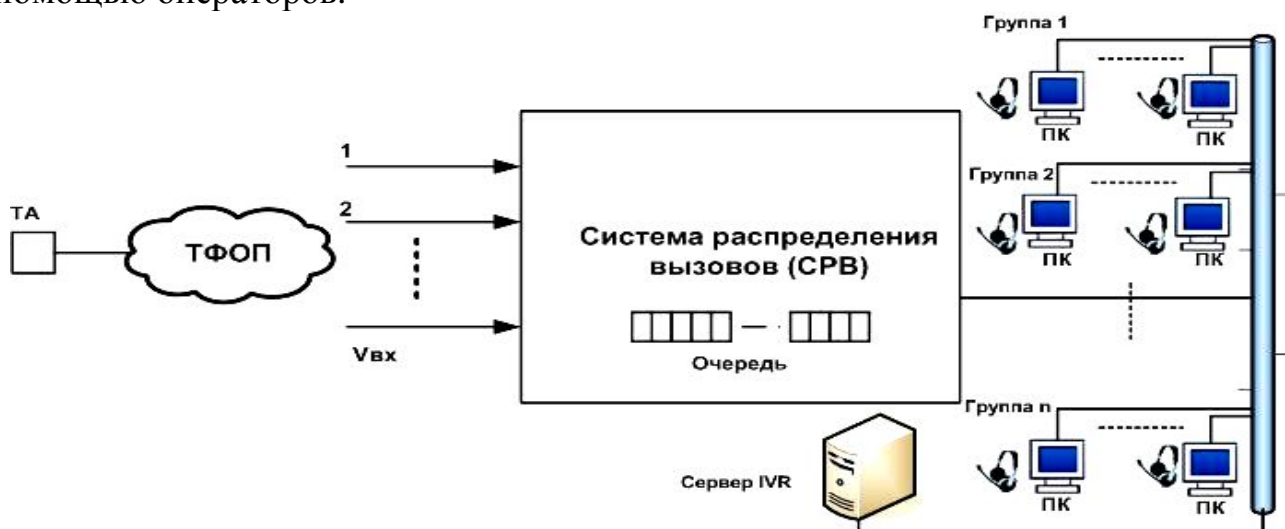


Рис.1. Схема функционирования контакт-центра при обслуживании телефонных вызовов

В соответствии со схемой функционирования контакт-центра предлагается использовать следующую модель для оценки характеристик качества обслуживания вызовов (рис.2).



Рис.2. Формализованное представление модели контакт-центра

Функционирование исследуемой модели задается марковским процессом и исследуется в стационарном режиме. Процесс обслуживания вызовов характеризуется долей потерянных вызовов по причине занятости линий доступа, устройств IVR и мест ожидания освобождения устройств IVR,

операторов и мест ожидания освобождения операторов  $j$ -ой группы,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Соответствующие вероятности обозначены через  $P_{ex}$ ,  $P_{IVR}$ ,  $P_{j,опер}$ . Среднее число одновременно занятых линий доступа, устройств IVR и операторов  $j$ -ой группы обозначены  $Y_{ex}$ ,  $Y_{IVR}$ ,  $Y_{j,опер}$ , соответственно, а через  $W_{IVR}$ ,  $W_{j,опер}$  - среднее число занятых мест ожидания освобождения устройств IVR и освобождения операторов  $j$ -ой группы,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Через  $\Omega$  обозначено пространство состояний. Его границы задаются следующими простыми соотношениями.

$$(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2}) \in \Omega \quad .$$

Значения  $(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2})$  изменяются в следующих пределах:

$$\ell_1 = 0, 1, \dots, V_{BX} \quad , \quad \ell_2 = 0, 1, \dots, V_{IVR} + WL \quad , \quad \ell_3 = 0, 1, \dots, V_{IVR} + WL_1 \quad , \dots, \\ \ell_{n+2} = 0, 1, \dots, v_n + WL_n \quad \text{и} \quad \ell_1 \geq \ell_2 + \ell_3 + \dots + \ell_{n+2} \quad .$$

$(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2})$  соответственно, - число занятых линий доступа, число занятых устройств IVR и мест ожидания к ним, число занятых операторов 1-ой группы и мест ожидания к ним, ..., число занятых операторов  $n$ -ой группы и мест ожидания к ним.  $P(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2})$  - вероятности стационарных состояний модели. Используя значения стационарных вероятностей  $P(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2})$ , приведены формальные выражения для характеристик качества обслуживания вызовов. Значение  $P_{BX}$  - доли потерянных вызовов по причине занятости линий доступа определяется из соотношения

$$P_{BX} = \sum_{\{\ell_1 = V_{BX}\}} P(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2}) \quad . \quad (1)$$

Аналогичным образом определяются значения  $P_{IVR}$ ,  $P_{j,опер}$ .

Выражения для оценки значений  $Y_{ex}$ ,  $Y_{IVR}$ ,  $W_{IVR}$ ,  $Y_{j,опер}$ ,  $W_{j,опер}$  получаются усреднением стационарных вероятностей по соответствующим компонентам состояний. Приведем для примера определения для  $Y_{IVR}$ ,  $W_{IVR}$ . Среднее число одновременно занятых устройств IVR определяется из равенства

$$Y_{IVR} = \sum_{\{(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2}) \in \Omega\}} P(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2}) \times (\ell_2 I(\ell_2 \leq V) + V I(\ell_2 > V)) \quad . \quad (2)$$

В приведенном соотношении и далее выражение  $I(\cdot)$  - индикаторная функция. Ее величина равна единице, если условие, сформулированное в скобках, выполняется, и равно нулю в противоположном случае. Среднее число занятых мест ожидания освобождения устройств IVR определяется из равенства

$$W_{IVR} = \sum_{\{(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2}) \in \Omega\}} P(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \dots, \ell_{n+2}) \times (\ell_2 - V) I(\ell_2 > V) \quad . \quad (3)$$

В общей постановке задачи оценка характеристик качества обслуживания вызовов может осуществляться только средствами имитационного моделирования. К числу достоинств данного подхода следует отнести и то обстоятельство, что при построении процедур имитационного моделирования в полной мере используются возможности вычислительной техники.

Доля потерянных вызовов из-за занятости линий доступа определяется по

следующей формуле:

$$P_{BX} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A_{BX}^{bl}(0, t)}{A_{BX}(0, t)}, \quad (4)$$

где  $A_{BX}^{bl}(0, t)$  - число вызовов, поступивших в интервале времени  $(0, t]$ , заблокированных из-за занятости линий доступа;

$A_{BX}(0, t)$  - общее число вызовов, поступивших в интервале времени  $(0, t]$ .

Аналогичным образом определяются оставшиеся характеристики обслуживания вызовов  $P_{IVR}$ ,  $P_{j,onep}$ . Величина общих потерь  $P_{общ}$  определяется усреднением значений потерь на отдельных фазах обслуживания вызова в контакт-центре

$$P_{общ} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A_{BX}^{bl}(0, t) + A_{IVR}^{bl}(0, t) + \sum_{j=1}^n A_{j,onep}^{bl}(0, t)}{A_{BX}(0, t)}. \quad (5)$$

Величина  $Y_{BX}$  - среднее число одновременно занятых линий доступа определяется по формуле:

$$Y_{BX} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sum_{k=1}^{A_{BX}(0, t)} \ell_{BX}^{t_k}(0, t)}{A_{BX}(0, t)}, \quad (6)$$

где  $\ell_{BX}^{t_k}(0, t)$  - число занятых линий доступа в момент  $t_k$  поступления в контакт-центр в интервале времени  $(0, t]$   $k$ -го вызова. Значение  $k$  изменяется в пределах  $k = 1, 2, \dots, A_{BX}(0, t)$ .

Аналогичным образом определяются оставшиеся характеристики обслуживания вызовов:  $Y_{IVR}$  - среднее число одновременно занятых устройств IVR и  $W_{IVR}$  - среднее число одновременно занятых мест ожидания.

Для оценки качества обслуживания вызовов в исследуемой модели (рис. 2) необходимо составить и решить систему уравнений стационарного равновесия. Понятно, что соответствующая система уравнений стационарного равновесия выглядит достаточно громоздко и имеет сложную структуру, не допускающую нахождения явного решения. В работе использован принцип декомпозиции для исследования характеристик контакт-центра. Реализация метода декомпозиции при обслуживании вызовов в контакт-центрах состоит из трех фаз. На каждой фазе предполагается, что поступление вызовов происходит по пуассоновскому закону, длительность обслуживания имеет экспоненциальное распределение.

Первая фаза. Анализируется процесс занятия линий доступа и решается задача оценки числа линий доступа  $V_{BX}$  в контакт-центр. Процесс поступления и обслуживания вызовов моделируется с использованием системы массового обслуживания вида  $M/M/V_{BX}$ . Дисциплина обслуживания - с явными потерями. Считается известной интенсивность поступающей нагрузки, выраженная в эрлангах.

Вторая фаза. Анализируется процесс ожидания начала обслуживания для



вызовов, занявших линию доступа. Процесс поступления и обслуживания вызовов моделируется с использованием системы массового обслуживания вида  $M/M/V/WL/FF(FIFO)/R$ . Здесь  $V$  – общее число операторов. Дисциплина обслуживания - с ожиданием, число мест ожидания  $WL$  ограничено. Считается известной интенсивность поступающей нагрузки, выраженная в эрлангах.

Третья фаза. Анализируется процесс обслуживания вызовов для выбранной  $i$ -ой группы операторов. Решается задача оценки характеристик качества обслуживания вызовов в зависимости от числа операторов в группе  $V_i$  и числа мест ожидания  $WL_i$ . Процесс поступления и обслуживания вызовов моделируется с использованием системы массового обслуживания вида  $M/M/V_i/WL_i/FF(FIFO)/R$ . Дисциплина обслуживания - с ожиданием, число мест ожидания  $WL_i$  ограничено. Считается известной интенсивность поступающей нагрузки, выраженная в эрлангах.

**В третьей главе** выполнена оценка характеристик качества обслуживания в контакт-центре при помощи системы интерактивного голосового меню-IVR и гибкой маршрутизации вызовов.

Функциональность контакт-центров развивается в направлении стандартизации и унификации обслуживания обращений разного типа при помощи современных средств обработки и хранения информации. Контакт-центр обычно работает как система обслуживания с ожиданием, что позволяет исключить потерю важных вызовов, поступающих от пользователей. В отдельных случаях возможно введение обслуживания с отказами. Существует высокая вероятность того, что при поступлении очередного вызова все операторы окажутся занятыми и вызов будет поставлен в очередь на ожидание ответа оператора.

Повысить пропускную способность контакт-центра позволяют:

- переход к псевдослучайному выбору оператора внутри операторской группы;
- изменение дисциплины обслуживания вызовов - переход к обслуживанию с ожиданием;
- передача ряда рутинных функций взаимодействия с абонентом системе IVR;
- использование маршрутизации вызовов для управления изменением числа доступных пользователю операторов.

Особенностью использования метода декомпозиции применительно к контакт-центрам является наличие взаимосвязи между отдельными фазами обслуживания, а также возможность изменения дисциплины обслуживания и числа доступных операторов.

Информационный центр обслуживания вызовов обычно состоит из нескольких групп операторов, сформированных по видам решаемых задач.

Внутри группы серийного искания (операторской группы) могут быть реализованы различные режимы обслуживания, среди которых можно выделить случайный выбор и режим занятия в заранее заданном порядке. Выбор режима обслуживания существенно влияет на загрузку конкретных операторов.

Случайное или псевдослучайное занятие выходов (рабочих мест операторов) в СМО позволяет обеспечить равновероятное занятие выходов, причем среднее использование линии  $U$  зависит как от интенсивности поступающей нагрузки  $A$ , так и от числа рабочих мест операторов в группе  $V$ . При равновероятном занятии выходов среднее допустимое использование всех рабочих мест операторов одинаково и составляет

$$U_{\text{дон.}} = Y_{\text{проп.}}/V, \quad (7)$$

где  $Y_{\text{проп.}}$  - пропускная способность системы для заданного уровня потерь  $P$  и числа рабочих мест операторов  $V$ , определяемая по модели М/М/В.

Пропускную способность  $i$ -го рабочего места оператора при упорядоченном занятии можно определить как разницу между интенсивностями избыточных нагрузок для группы из  $(i-1)$  и  $i$  рабочих мест:

$$U_i = A\{E_{i-1}(A) - E_i(A)\}, \quad (8)$$

где  $E_i(A)$  - вероятность потерь, определяемая по модели М/М/В для простейшего потока и случайного занятия выходов,  $E_0(A) = 1$ ;  $A$  - интенсивность поступающей нагрузки.

В качестве примера на рис.3 показано изменение пропускной способности  $i$ -го рабочего места оператора для двух значений интенсивности поступающей нагрузки  $A$  при случайном и упорядоченном занятии рабочих мест.

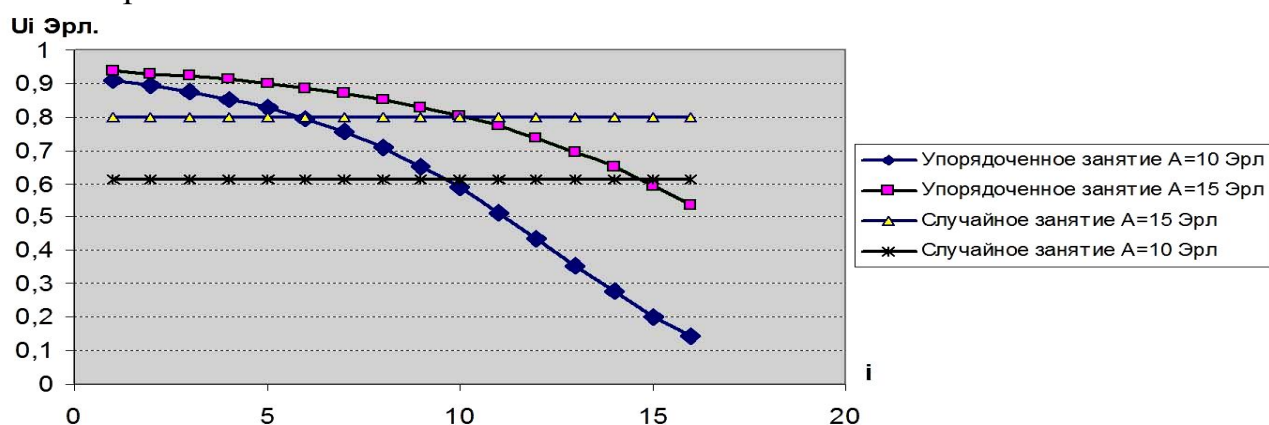


Рис. 3. Зависимость  $U_i$  от номера рабочего места оператора в группе для  $V=16, A=10$  и  $15$  Эрл

Соблюдение принципа равновероятного занятия выходов при увеличении числа рабочих мест операторов  $U_{\text{дон.}}$  обеспечивает гарантированный рост пропускной способности  $Y_{\text{проп.}}$ .

Для режима упорядоченного занятия характерна значительная неравномерность использования рабочих мест операторов  $U_i$  внутри серийной группы. Особенно заметна эта неравномерность при относительно малой величине потерь по вызовам  $P_e$ . Если величина поступающей нагрузки  $A$  будет близка к максимально возможному значению, которое равно числу рабочих мест операторов в серийной группе, неравномерность использования линий снижается, но при этом резко растет вероятность потерь по вызовам.

Среднее использование рабочего места в группе при фиксированной величине  $P_e$  зависит от общего числа рабочих мест операторов в серийной группе, а именно: оно растет с увеличением числа рабочих мест. Режим упорядоченного

занятия следует использовать только в двух случаях:

- когда число операторов в группе составляет два - три человека;
- уже сложились рабочие отношения и система оплаты, приспособленные под неравномерную загрузку операторов в группе.

Во всех остальных случаях более предпочтительным является режим обслуживания со случайным занятием рабочих мест операторов, в рамках которого могут быть использованы дополнительные критерии выбора.

Популярной практикой является аутсорсинг (аренда) ресурсов в контакт-центрах, предполагающей, что для выполнения поставленной задачи может арендоваться некоторое число рабочих мест, объединяемых в группу.

Перед супервизорами центра, ресурсы которого используются в режиме аутсорсинга, стоит актуальная задача выбора такого варианта объединения операторов в группы, чтобы он обеспечивал высокое использование рабочих мест операторов.

Пропускная способность  $j$ -ой группы операторов  $Y_j$  характеризует интенсивность нагрузки в эрлангах, которая может быть обслужена  $V_j$  операторами группы с заданным качеством  $P$ . При общем числе групп операторов, равном  $M$ , пропускная способность контакт-центра может быть рассчитана как

$$Y_{\text{сум.}} = \sum_{j=1}^M Y_j \quad (9)$$

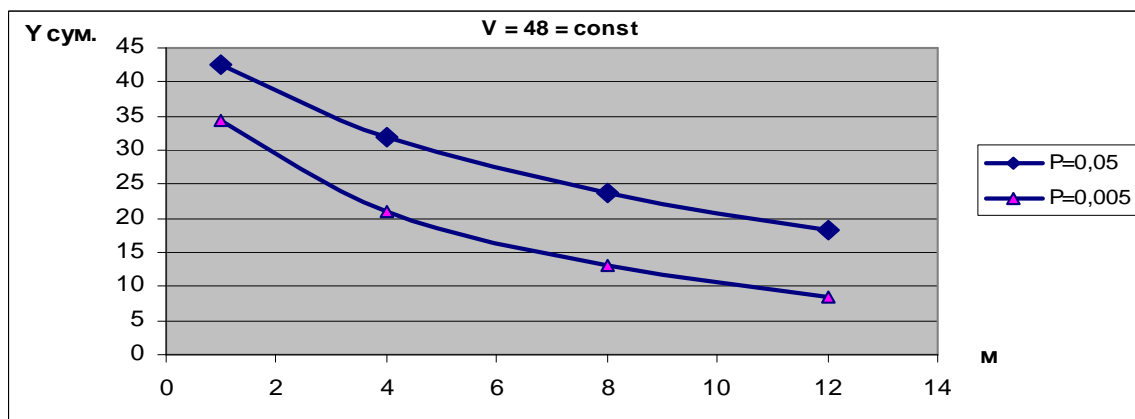


Рис.4. Зависимость пропускной способности контакт-центра

от числа рабочих групп при фиксированном числе рабочих мест

Расчеты, проведенные для значений  $P_e = 0,005$  и  $P_e = 0,05$  показали, что общий характер зависимости сохраняется (рис.4).

Наиболее выгодным режимом использования рабочих мест операторов является работа большими группами. С позиции супервизоров большая группа операторов может быть трудно контролируемой. Перспективен вариант образования групп из 10... 16 операторов.

При аутсорсинге существенное значение имеет принцип распределения операторов по группам. Так, при наличии 48 операторов в контакт-центре формирование четырех рабочих групп операторов (без взаимопомощи) снижает пропускную способность контакт-центра в 1,5 раза, а формирование 12 рабочих групп операторов снижает пропускную способность центра примерно в 2,3 раза.

Для анализа качества работы контакт-центра при функционировании системы IVR использована модель, в которой имеется два потока вызовов.

Вызовы первого типа ( $\lambda_1$ ) могут ожидать своей очереди; вызовы второго типа ( $\lambda_2$ ), застав всех операторов занятыми, уходят из системы и теряются.

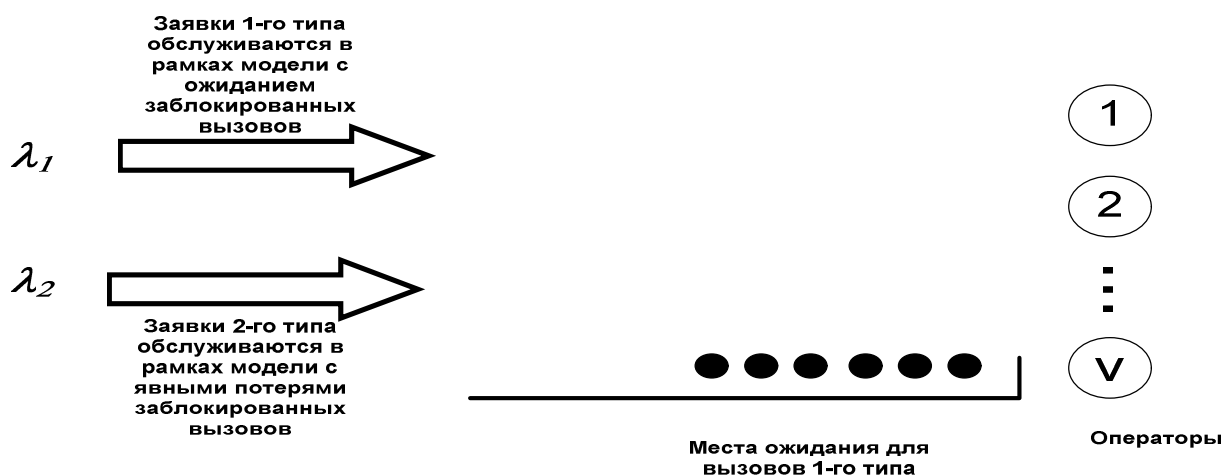


Рис.5. Модель оценки качества работы контакт-центра при использовании системы IVR

Проведен анализ работы контакт-центра, на входе которого установлено интерактивное речевое меню - IVR. Для оценки показателей качества обслуживания телефонных вызовов, прошедших предварительное ориентирование в интерактивной системе IVR, предложено использовать вероятность потерь вызовов второго типа, которая определяется следующей формулой:

$$P_{отк} = \sum_{k=V}^{\infty} P_k = \frac{VE_V(\alpha_1 + \alpha_2)}{V - \alpha_1 + \alpha_1 E_V(\alpha_1 + \alpha_2)}, \quad (10)$$

где  $P_k$  вероятность состояния, при котором  $k$  операторов занято.

Вероятность того, что время ожидания заявки первого типа больше  $t$

$$P(>t) = P_{отк} e^{-(V-\alpha_1)\mu t}. \quad (11)$$

Среднее время ожидания вызовов первого типа:

$$T_{ож} = P_{отк} / \mu (V - \alpha_1). \quad (12)$$

В работе введены следующие обозначения:

$V$  – число операторов;

$\mu$  – параметр интенсивности обслуживания вызовов;

$\alpha_1 = \lambda_1 / \mu$  и  $\alpha_2 = \lambda_2 / \mu$  - интенсивность нагрузки первого и второго типов;

$A = (\alpha_1 + \alpha_2)$ - суммарная интенсивность нагрузки;

$\omega = (\alpha_1 / A)$  - коэффициент, характеризующий долю вызовов первого типа.

Для оценки показателей качества обслуживания телефонных вызовов, прошедших предварительное ориентирование в интерактивной системе IVR, рекомендовано использовать формулы для расчета величин  $T_{ож}$ ,  $P(>t)$  и  $P_{отк}$ .

В качестве исходных данных принято, что интенсивность обслуживания вызовов составляет  $\mu = 40$  [выз./час], что соответствует средней продолжительности обслуживания вызова  $t = 1/\mu = 90$  с. На рис.6 приведены результаты расчетов среднего времени ожидания вызовов первого типа. Определена степень влияния смешанной дисциплины на качество обслуживания телефонных вызовов. Среднее время ожидания вызовов первого типа резко возрастает при изменении коэффициента  $\omega$ . При  $A=8$  Эрл изменение  $\omega$  от 0,5 до

0,9 приводит к увеличению  $T_{ож}$  в 10 раз.

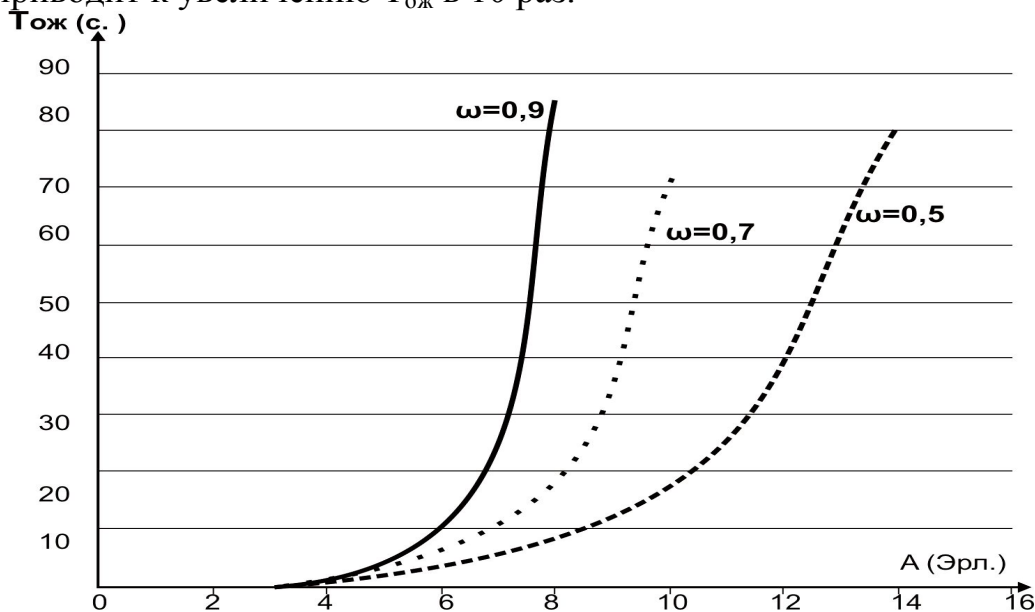


Рис.6. Зависимость среднего времени ожидания вызовов первого типа от интенсивности поступающей нагрузки

Использование гибкой маршрутизации, то есть предоставление задержанному вызову возможности обслуживания не только в  $j$ -ой группе операторов, но и в  $(j+1)$ -ой группе, призвано в условиях перегрузок уменьшить:

- время ожидания начала обслуживания при реализации дисциплины обслуживания с ограниченным временем ожидания;
- вероятность отказов в обслуживании  $P_{отк}$  вследствие занятости всех операторов при использовании дисциплины обслуживания с отказами.

В качестве примера рассмотрен вариант работы контакт-центра экстренной помощи, работающего преимущественно с входящими вызовами по дисциплине обслуживания с отказами.

Рассмотрено две группы операторов с одинаковым числом операторов  $V_1 = V_2$ . Проведены оценки вероятности отказов в обслуживании вызовов первого и второго вида ( $P_{отк1}$  и  $P_{отк2}$ ) в двух режимах: при отсутствии взаимопомощи между группами и при использовании гибкой маршрутизации от одной группы к другой в режиме перегрузки (если в момент поступления нового вызова все операторы конкретной группы оказались заняты). Для проведения оценки использовалась формула вероятности потерь в модели M/M/V. Режим гибкой маршрутизации фактически предполагает образование единой группы. Режим использования гибкой маршрутизации между группами в этих же условиях обеспечивает приемлемую вероятность потери вызовов в объединенной группе.

**В четвертой главе** представлены результаты разработки метода обслуживания вызовов в контакт-центрах и методика регулирования работы многоуровневой системы операторов.

Программа, реализующая алгоритмы маршрутизации, как правило, не имеет ограничений по длине и количеству переменных. По статистике, клиенты ожидают в 2 раза дольше, если получают информацию о предполагаемом времени пребывания в очереди. Для оценки качества использования гибкой маршрутизации вызовов использована модель (рис.7), в которой показаны две возможности по

увеличению числа операторов. Контакт-центр обеспечивает обслуживание вызовов в стационарном режиме.

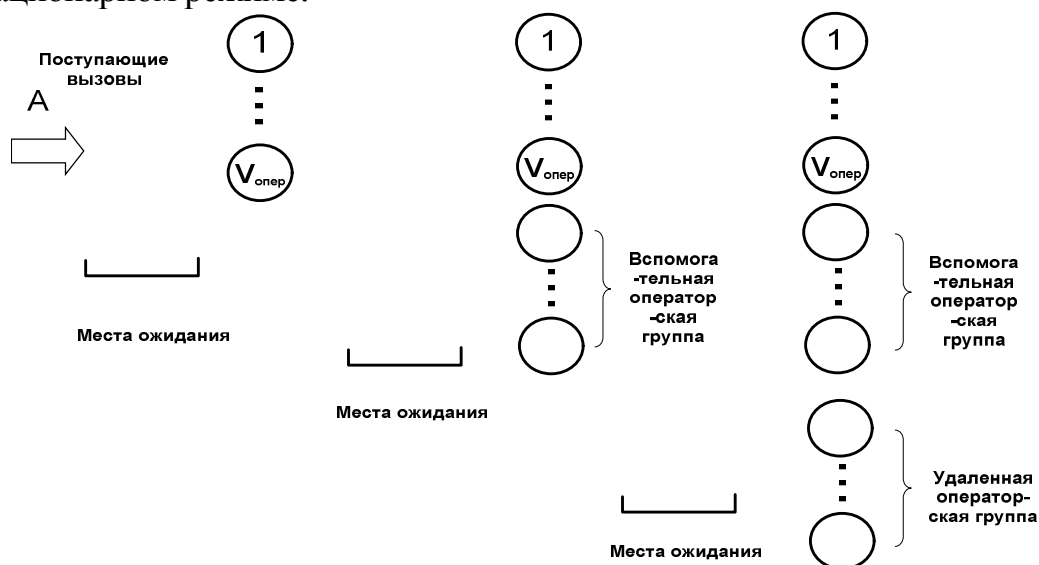


Рис.7. Модель оценки качества использования гибкой маршрутизации вызовов

При возникновении перегрузки часть вызовов маршрутизируется на рабочие места операторов, ранее выполнявших другие задачи. Это могут быть операторы различных групп поддержки, входящие в состав данного контакт-центра, или операторы на значительном удалении от него.

Контакт-центр при этом принимает вид многоуровневой структуры. Изменение алгоритма маршрутизации вызовов производится в реальном масштабе времени без помех и ограничений на работу контакт-центра.

Наличие разнообразной статистической информации, доступной в режиме реального времени, позволяет проводить оперативное управление обслуживанием вызовов, гибко перераспределяя поток вызовов на различные группы.

На рис. 8 представлены результаты оценки показателей качества обслуживания вызовов, полученные для дисциплины обслуживания с ожиданием. При проведении расчетов использовался принцип декомпозиции. В качестве критерия перехода к распределенной структуре центра при обслуживании с ожиданием использовалось расчетное время ожидания в очереди. Предполагалось, что при достижении равенства  $t_{расч} = t_{max}$  к основной группе операторов контакт-центра подключаются операторские группы поддержки, где  $t_{расч}$  - расчетное время ожидания в очереди и  $t_{max}$  - максимальное установленное время ожидания абонента. Расчет вероятности ожидания  $P(>\tau)$  проводился по модели  $M/M/V/L \rightarrow \infty$ . Применение этой модели обусловлено тем, что современные системы коммутации и современные контакт-центры позволяют обеспечить достаточно длинные очереди с числом мест ожидания. На рис. 8 можно выделить момент, когда дополнительные группы операторов подключены к контакт-центру, в результате происходит резкое улучшение характеристик работы центра.

Уменьшение величины  $P(>\tau)$  на несколько порядков в данном примере обусловлено подключением групп, состоящих из четырех операторов. Если подключаться будут один - два оператора, то изменение характеристик будет менее выражено. Кроме того, изменение требований по продолжительности времени ожи-

дания в очереди от  $\tau = 1$  (время пребывания в очереди равно времени обслуживания, в данном случае это 40 секунд) до  $\tau = 2$  (время пребывания в очереди вдвое больше времени обслуживания, то есть составляет 80 секунд), вызывает значительное снижение величины  $P(>\tau)$  при прочих равных условиях.

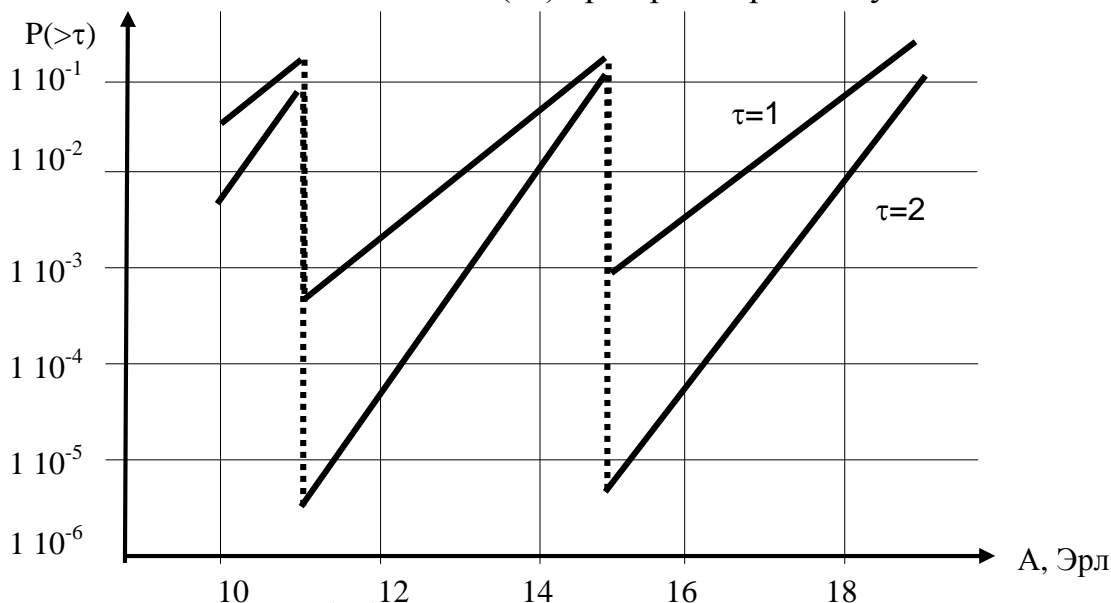


Рис.8. Зависимость  $P(>\tau)$  от интенсивности поступающей нагрузки контакт-центра  $A$  с учетом дополнительных групп операторов

Одной из проблем расчета операторской системы является сложность прогнозирования интенсивности поступления вызовов, которая подвержена значительному изменению в течение суток и в пределах часа наибольшей нагрузки. Последние исследования по организации работы контакт-центра показывают, что в случае значительной загрузки операторов, превышающей 50...60% времени в течение часа, резко возрастает нестабильность трудовых ресурсов. Для исключения этого недостатка в центрах обслуживания вызовов предусмотрено наличие небольшого защитного интервала времени  $t_{\text{защ}}$  между поступлениями вызовов на рабочее место оператора. Обычно этот промежуток  $t_{\text{защ}}$  устанавливается от 20 до 30 с., то есть фактически продолжительность обслуживания вызова оператором специально увеличивается на величину  $t_{\text{защ}}$ . Облегчение работы операторов снижает пропускную способность операторской системы. Значительная часть поступивших вызовов будет получать отказ в обслуживании или может быть направлена к интерактивному голосовому меню.

Для оценки влияния выбора величины  $t_{\text{защ}}$  на качество работы контакт-центра использован метод имитационного моделирования. Моделирование проводилось в среде Turbo С. Проведен анализ системы со следующими параметрами: число операторов – 48; поступивший поток вызовов - пуассоновский с интенсивностью от 2500 до 2800 выз./час; время обслуживания имеет экспоненциальное распределение с средней продолжительностью 20 с.; защитный интервал принимает значения  $t_{\text{защ}} = 20$  с. и  $t_{\text{защ}} = 30$  с. На рисунке 9 показана блок-схема алгоритма имитационной модели.

Были получены результаты аналитического расчета и моделирования. Аналитический расчет вероятности потерь вызовов  $P$  выполнен по модели  $M/M/V$  с интенсивностью поступающей нагрузки  $A^*$ , уменьшенной за счет

введения защитного интервала в работе операторов.  $A^*$  определяется в эрлангах:  $A^* = \lambda \times (t_{\text{обсл}} + t_{\text{защ}}) / 3600$ ,

где  $\lambda$  - интенсивность поступления вызовов;

$t_{\text{обсл}}$  - средняя продолжительность обслуживания вызова оператором.

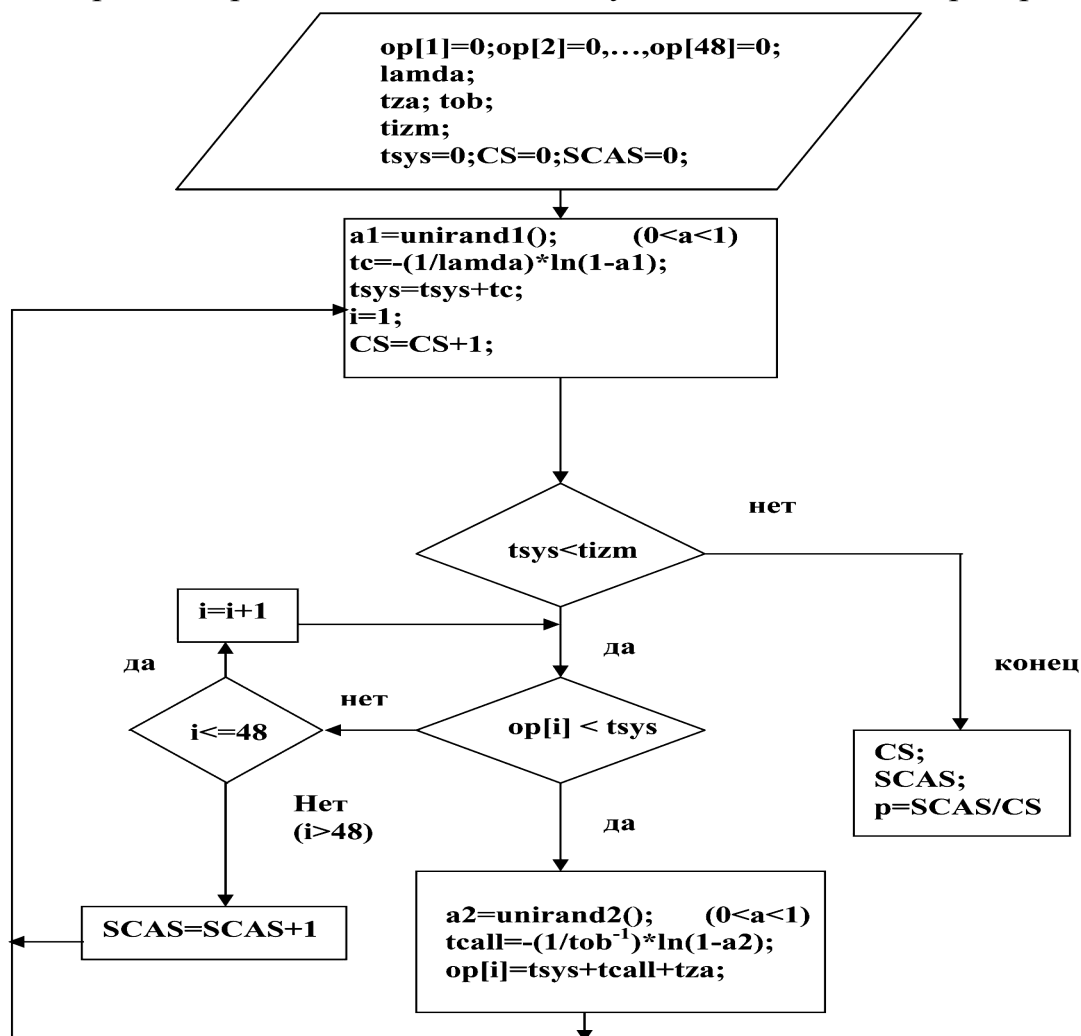


Рис.9. Блок-схема алгоритма имитационной модели

$op[i]$  : время занятия оператора;

$tza$ : защитный интервал;

$tizm$ : время измерения;

$CS$ : число поступивших вызовов;

$unirand()$ : функция генерации случайных чисел;

$lamda$ : число вызовов / час;

$tob$ : среднее время обслуживания;

$tsys$ : текущее время системы;

$SCAS$ : число необслуженных вызовов;

$p$ : вероятность потери вызовов.

Полученные результаты показали, что отклонение результатов аналитического расчета от результатов имитационного моделирования не превышает 10% с доверительной вероятностью 0,95.

Анализ результатов позволил сделать вывод о том, что введение  $t_{\text{защ}}$  существенно снижает нагрузку на операторов. Это особенно актуально при организации работы большой группы операторов, для которой характерна возможность перегрузки операторов. Например, при  $V = 48$  рабочих мест и при допустимой величине потерь  $P_{\text{доп}} = 0,1$  введение  $t_{\text{защ}} = 30$  с снижает полезное использование рабочего места с величины 98,75% до величины 49,4%. Важным



является выбор соотношения между  $t_{\text{обсл}}$  и  $t_{\text{защ}}$ . В рассматриваемом примере равенство  $t_{\text{обсл}} = t_{\text{защ}}$  обеспечило снижение использования рабочего места вдвое.

Основные результаты работы приведены в **заключении**.

1. Анализ развития информационно-справочных служб в современных телекоммуникационных сетях связи показал, что для оптимизации работы контакт-центров необходимо исследовать их характеристики с учетом современных способов обслуживания вызовов, таких, как система IVR, дисциплина занятия операторов, гибкая маршрутизация. Проведена оценка качества обслуживания вызовов с учетом фактора комфортности работы операторов.

2. Характеристики обслуживания вызовов в контакт-центрах исследованы средствами аналитического и имитационного моделирования. Построена математическая модель для исследования характеристик контакт-центра.

3. Анализ результатов расчета сравнения режимов занятия рабочих мест операторов показал, что режим случайного занятия обеспечивает равномерное использование рабочих мест операторов. Режим упорядоченного занятия рекомендовано использовать при небольшой группе операторов или в случае сложившихся рабочих отношений и системы оплаты. При аутсорсинге наиболее выгодным способом использования рабочих мест операторов является работа большими группами.

4. Для оценки качества работы контакт-центра при использовании системы IVR использована модель СМО при поступлении смешанного потока вызовов. Определена степень влияния смешанной дисциплины на качество обслуживания вызовов.

5. Разработанная методика расчета многоуровневой системы операторов в контакт-центре с использованием гибкой маршрутизации вызовов позволяет управлять качеством обслуживания трафика путем регулирования параметров системы при одновременном соблюдении требований по ограничению нагрузки на рабочие места операторов. Проведен анализ работы действующего контакт-центра с целью определения тенденций изменения расчетного времени ожидания в очереди  $t_{\text{расч}}$ , которое определяется системой управления контакт-центра на основании данных о длительности ожидания в очереди. Приведены рекомендации по выбору значения максимальной длительности ожидания, при достижении которой должно происходить подключение дополнительных групп операторов.

6. Проведен анализ влияния защитного интервала поступления вызовов на рабочие места операторов на степень загрузки операторов. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что введение  $t_{\text{защ}} \neq 0$  существенно снижает нагрузку на операторов. Это особенно актуально при организации работы больших операторских групп, для которых возможна перегрузка операторов. Важным является выбор соотношения между  $t_{\text{обсл}}$  и  $t_{\text{защ}}$ . Введение защитного интервала снижает пропускную способность операторской группы на  $t_{\text{защ}} / (t_{\text{обсл}} + t_{\text{защ}}) \times 100\%$ .

### Список публикаций по теме диссертации

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК :*

1. Попова А. Г., Чан Туан Минь. Особенности расчета интегрированных центров обслуживания вызовов// Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. №4 2010- С. 34-36.
2. Попова А. Г., Чан Туан Минь. Анализ результатов расчета операторской системы// Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. № 7. 2010 – С.50-52.
3. Попова А. Г., Чан Туан Минь. Анализ подходов к расчету операторской системы контакт-центра// Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. № 7. 2010 - С.58-60.

*Прочие публикации :*

4. Попова А. Г., Чан Туан Минь. Разработка алгоритмов предоставления услуг в интеллектуальных CallCenters. – Тезисы докладов конференции «Технологии информационного общества» - М.-МТУСИ, 2007 - С. 19.
5. Попова А. Г., Чан Туан Минь. Методы организации и расчета информационных систем обслуживания вызовов // Труды Московского технического университета связи и информатики. – М.: «ИД Медиа Паблишер», 2007 - С.77-82.
6. Попова А.Г., Чан Туан Минь. Методы организации информационных систем обслуживания вызовов //Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы». - М.: - МТУСИ. - 2007 - С. 107.
7. Чан Туан Минь. Принципы построения центров обслуживания вызовов //Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы».- М.: - МТУСИ.-2008 -С.129-130.
8. Попова А.Г., Чан Туан Минь. Математические модели для проектирования центров обслуживания вызовов. Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы».- М.: - МТУСИ.-2008- С.131-132.
9. Чан Туан Минь. Систематизация наиболее востребованных функций Call - центров//Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы».- М.: - МТУСИ. - 2009 -С. 137-138.
10. Чан Туан Минь. Оценка влияния алгоритмов распределения вызовов на пропускную способность Call -центров// Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы».- М.: - МТУСИ. – 2009 - С. 139-140.