

На правах рукописи

ШЕРСТНЕВА АЛИНА АНАТОЛЬЕВНА

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА РЕШЕНИЙ  
ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦОВ

Специальность 05.12.13  
Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Новосибирск 2016

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

Научный руководитель (консультант) Шувалов В.П. доктор технических наук, профессор  
Фамилия, имя, отчество, учёная степень, учёное звание

Официальные оппоненты: \_\_\_\_\_  
Фамилия, имя, отчество, уч. степень, уч. звание, место работы, должность

\_\_\_\_\_

Наименование ведущей организации \_\_\_\_\_

Дата и время проведения защиты диссертации \_\_\_\_\_

Шифр диссертационного совета \_\_\_\_\_

Наименование и адрес организации,  
при котором создан совет \_\_\_\_\_

Место ознакомления с диссертацией до защиты \_\_\_\_\_

Дата рассылки автореферата диссертации \_\_\_\_\_

Учёный секретарь  
диссертационного совета \_\_\_\_\_  
Фамилия, имя, отчество

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**1. Актуальность темы исследования.** Согласно общим техническим требованиям, утвержденными Минсвязи РФ по связи информатизации, центр обработки вызовов (ЦОВ) является современным универсальным многофункциональным комплексом оборудования, построенного с использованием телекоммуникационных систем. Согласно правилам его применения оборудование ЦОВ состоит из входящих в него функциональных элементов, объединенных в отдельный функциональный узел с использованием оборудования коммутации и средств связи.

Среди зарубежных ученых, активно занимающихся исследованием функционирования ЦОВ, следует отметить таких авторов, как А. Rosenberg, Р. Anderson, А. Mandelbaum, R. Stollitz, W. Whitt, M. Reiman и др. Отечественные исследования представлены работами А.В. Рослякова, Б.С. Гольдштейна, А.П. Пшеничникова, А.А. Зарубина, А.Б. Самолюбовой, М.С. Степанова, Ю.А. Савостицкого и др.

При теоретическом исследовании функционирования ЦОВ преобладают «классические» подходы теории массового обслуживания, основанные на использовании формул Эрланга. Предложен ряд математических моделей ЦОВ и произведен их сравнительный анализ с целью определения возможности их практического применения. Наряду с этим, в ряде работ предлагается альтернативный подход к расчету показателей ЦОВ, основанный на замене формул Эрланга В и С приближенными формулами для определения требуемого числа соединительных линий и числа операторов.

Однако значения показателей ЦОВ, рассчитанные по предлагаемым формулам, служат лишь ориентиром при проектировании или развертывании новых ЦОВ. Они не позволяют выявлять конкретные причины снижения производительности ЦОВ, а также осуществлять прогнозирование эффективности его работы при сезонных колебаниях нагрузки. Актуальной является задача расчета значимых ключевых показателей эффективности функционирования ЦОВ (KPI, Key Performance Indicators) в оперативном режиме на основе статистических данных системы мониторинга. Знание значений этих показателей позволит дать оценку производительности ЦОВ как с позиции руководителя ЦОВ, так и с позиции пользователя предоставляемых услуг. Для вывода формул расчета KPI необходимо разработать модели ЦОВ, пошагово отражающие процесс обработки вызовов и обеспечивающие достижение максимальной точности описания алгоритмов его функционирования.

Такой подход позволит принимать соответствующие меры по обеспечению требуемых показателей KPI ЦОВ в процессе эксплуатации путем определения «узких» мест в его организации и, в оперативном режиме, выбирать алгоритм его функционирования.

**Объект исследования.** Процесс обработки вызовов с учетом данных системы мониторинга производительности ЦОВ.

**Предмет исследования.** Принципы и методические основы технологического процесса обработки вызовов в ЦОВ.

**Соответствие паспорту специальности.**

Результаты исследования соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникации»:

Пункт 4. Исследование путей совершенствования управления информационными потоками.

Предложена методика рекомбинации информационных потоков при выборе внутреннего сценария обработки вызовов в ЦОВ.

Пункт 12. Разработка методов эффективного использования сетей, систем и устройств телекоммуникаций в различных отраслях народного хозяйства.

Предложены пути обеспечения требуемой производительности ЦОВ, основанные на использовании статистических данных, собираемых и обрабатываемых телекоммуникационной системой мониторинга, при расчете вероятностно-временных параметров его функционирования.

Пункт 14. Разработка методов исследования, моделирования и проектирования сетей, систем и устройств телекоммуникаций.

Разработан ряд математических моделей, позволивших определить ранее не учитываемые вероятностно-временные параметры, оказывающие влияние на производительность ЦОВ.

**Цель работы и задачи исследования.** Цель диссертационной работы состоит в разработке методик обработки вызовов для расчета ключевых показателей эффективности функционирования ЦОВ на основе данных системы отчетности и управления.

Для достижения поставленной цели в работе:

- представлен анализ системы мониторинга производительности ЦОВ;
- разработан ряд частных моделей обработки вызовов, максимально отражающих алгоритмы функционирования ЦОВ;
- разработана универсальная модель ЦОВ, обобщающая внутрисистемные процессы обработки первичных и повторных вызовов с учетом нормативных рекомендаций;
- исследованы аналитические зависимости между показателями производительности ЦОВ и статистическими данными системы отчетности и управления.

**Методы исследования.** В работе использованы методы теории вероятностей, теории массового обслуживания, вычислительной математики и матричный метод анализа вероятностных систем.

**Научная новизна.** В работе получены следующие новые научные результаты:

- разработана обобщенная модель обработки вызовов, основанная на логическом анализе внутреннего сценария обслуживания вызовов ЦОВ любой направленности. Модель служит основой для разработки частных моделей обработки вызовов, позволяющих получить формулы для расчета вероятностно-временных параметров производительности ЦОВ по статистическим данным системы мониторинга. К частным моделям относятся: модель ЦОВ с учетом квалификации операторов; модель с учетом двухуровневого алгоритма функционирования; модель с учетом расчетного времени ожидания ответа оператора; модель с учетом прогнозируемого времени ожидания ответа оператора и пост-вызывной обработки запроса.

- впервые предложен ряд новых параметров, характеризующих эффективность производительности ЦОВ с позиции пользователя. Параметры используются при оценке уровня квалификации операторов и целесообразности применения разных алгоритмов обработки вызовов;

- впервые с использованием данных системы мониторинга ЦОВ получены формулы для расчета среднего времени работы оператора, приходящегося на один отказ в обслуживании вызова, и среднего числа вызовов, обслуживаемых одним оператором. Указанные параметры служат критерием при формировании требований к квалификации и штатному расписанию операторов ЦОВ;

- разработана универсальная модель ЦОВ, отличающаяся от известных моделей СМО учетом внутрисистемных технологических процессов обработки первичных и повторных вызовов, что позволило получить аналитические зависимости, связывающие множество исходных статистических данных системы мониторинга ЦОВ с основными вероятностно-временными показателями его производительности. Они отражены в новых формулах, учитывающих количественные и качественные показатели функционирования ЦОВ.

**Личный вклад.** Теоретические исследования, аналитические расчеты, выводы и рекомендации получены автором самостоятельно. Вклад автора в опубликованные результаты и их внедрение является основным.

**Практическая значимость работы:**

- полученные алгоритмы, модели, формулы позволяют произвести оценку вероятностно-временных показателей производительности ЦОВ с учетом данных системы мониторинга;

- получены акты об использовании результатов исследований, подтверждающие их эффективность.

Методики расчета показателей производительности ЦОВ, полученные в настоящей работе, могут быть использованы для оценки эффективности его работы в оперативном режиме.

#### **Апробация работы.**

Основное содержание работы докладывалось и обсуждалось на Российских научно-технических конференциях «Информатика и проблемы телекоммуникаций», «Современные проблемы телекоммуникаций» (Новосибирск, 2011- 2015г.г.), XII, XIII Международной конференции-семинаре по микро-нанотехнологиям (Новосибирск, EDM12, EDM13), Международном конгрессе «Коммуникационные технологии и сети» (Москва, МФИ-2012, МФИ-2013), XI Международной Сибирской конференции по управлению и связи (Омск, SIBCON - 2015).

#### **Публикации.**

По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 3 статьи в изданиях из списка, рекомендованного ВАК РФ для публикации результатов диссертационных работ, 4 статьи включены в международную реферативную базу данных Scopus, зарегистрированы 2 программы имитационного моделирования.

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

1. Разработанные частные модели обработки вызовов ЦОВ позволяют получить новые формулы для целенаправленного расчета значимых показателей производительности ЦОВ. Формулы включают параметры, позволяющие оценить эффективность работы ЦОВ любой направленности как с позиции руководителя компании, так и с позиции потребителя предоставляемых услуг. Параметры определяются по статистическим данным системы мониторинга.

2. Состав значимых вероятностно-временных показателей производительности ЦОВ зависит от целей его развертывания, выбранного алгоритма обслуживания вызовов, статистических данных системы мониторинга. На принятие решений по повышению эффективности работы ЦОВ существенное влияние оказывают причинно-следственные связи, устанавливаемые путем выявления аналитических зависимостей между ключевыми показателями функционирования ЦОВ (KPI) и данными системы отчетности и управления.

3. Разработанная универсальная модель ЦОВ является концептуальной моделью, ориентированной на выявление причин снижения производительности ЦОВ и на оценку динамики изменения интересующих показателей производительности в оперативном режиме.

4. Разработанные методики обработки вызовов позволяют без использования формул Эрланга получить формулы для расчета KPI ЦОВ по статистическим данным системы мониторинга. Знание значений этих показателей позволит выявить причины низкой производительности ЦОВ путем определения «узких» мест в его организации, осуществить прогнозирование производительности при сезонных колебаниях нагрузки, выбрать алгоритм обработки вызовов для ЦОВ любой направленности.

#### **Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 140 страниц машинописного текста, 42 рисунка, 8 таблиц. В списке использованных источников 127 наименований.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснован выбор темы диссертационной работы, отмечена актуальность работы, новизна, сформулированы цель и задачи исследования, перечислены основные научные результаты, полученные в диссертации, определены практическая ценность и область применения результатов, дано краткое содержание диссертации.

**В первом разделе** выполнен анализ объекта исследования. Рассмотрены основные принципы построения и функционирования ЦОВ. Выделены основные преимущества и достоинства использования известных «классических» моделей СМО применительно к ЦОВ. Выполнен анализ существующей системы мониторинга производительности ЦОВ, в которой автоматизированы процессы сбора, обработки, передачи и отображения информации, как о техническом состоянии основных подсистем, так и о выполнении целого ряда управленческих функций. Эти сведения необходимы как для оценки качества обслуживания вызовов, так и для выбора и принятия адекватных решений по перенастройке операторского центра, начиная с изменения состава операторских групп в «горячем» режиме и заканчивая переходом на новые алгоритмы обслуживания.

Основным компонентом системы мониторинга является система отчетности и управления (Call Management System, CMS). Разработка алгоритмов обработки вызовов ЦОВ и методик расчета вероятностно-временных характеристик его производительности непосредственно по данным CMS в совокупности с учетом многоуровневого принципа построения ЦОВ, известных прогностических методов маршрутизации вызовов с учетом

первичных и повторных вызовов, а также квалификационного уровня операторов практически не рассматривалась в отечественных и зарубежных публикациях.

Таким образом, была поставлена задача по исследованию алгоритмов функционирования ЦОВ и системы управления процессом обработки вызовов с целью определения показателей производительности ЦОВ в оперативном режиме на основе данных системы мониторинга, а также с целью определения эффективности использования имеющихся телекоммуникационных и информационных ресурсов.

Была сформулирована задача моделирования процесса обработки вызовов в ЦОВ, которую предполагается рассматривать в 2-х аспектах:

- технологическом - определяющем выбор и реализацию программно-технических средств, включая решение задач по централизованному управлению ЦОВ и расчету показателей его производительности по статистическим данным системы отчетности и управления;

- организационном - определяющем выбор алгоритма обработки вызовов в зависимости от целей развертывания ЦОВ и установление причинно-следственных связей, влияющих на показатели его производительности.

**Во втором разделе** диссертационной работы выполнен анализ принципов организации системы мониторинга ЦОВ с целью ранжирования собираемых системой отчетности и управления статистических данных. Это необходимо для определения, во-первых возможностей системы мониторинга и во-вторых для определения пригодности собираемых данных для их дальнейшего использования в математических моделях и методиках расчета показателей производительности ЦОВ без применения формул Эрланга. В разделе приведены примеры отчетов системы мониторинга ЦОВ. Показано, что, несмотря на то, что статистические данные собираются в полном объеме, сделать однозначный вывод о степени производительности ЦОВ, включая и решение вопросов о достаточной/недостаточной квалификации операторов, их численности, целесообразности организации многоуровневого построения ЦОВ и т.п. нельзя. В разделе разработана обобщенная модель обработки вызовов, представленная в виде графа состояний (рисунок 1).

В модели в отдельные состояния выделены состояние входа в систему С (1, Call); состояние обработки первичного вызова Р (2, Call Processing); состояние обработки повторного вызова R (5, Repeated Call); состояние потери вызова из-за отказа в обслуживании или нетерпеливости абонента L (3, Loss); состояние ожидания ответа оператора Q (4, Queue); вызов покидает систему F (6, Fin).

Указанные состояния фиксируются системой мониторинга ЦОВ.



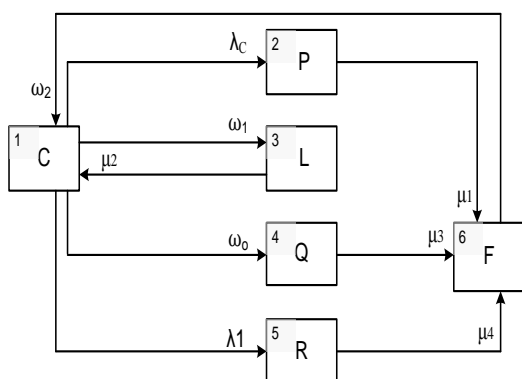


Рисунок 1 – обобщенная модель обработки вызовов в ЦОВ

2, 3, 4, 5 ( $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ ), интенсивность поступления повторных вызовов ( $\lambda_1$ ), интенсивность освобождения операторов ( $\omega_2$ ). Поскольку под интенсивностью завершения процесса пребывания вызова в системе понимается процесс поступления сигнала «отбоя» от абонента или оператора принято допущение: переменные  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  в дальнейших расчетах принимаются равными по значению, т.е.  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ . Это допущение принято и для исключения излишнего дробления технологического процесса при рассмотрении разных алгоритмов обработки вызовов В дальнейшем в работе используется обозначение  $\mu$  без индекса.

Обобщенная модель, в которой логически представлен внутренний сценарий обработки вызовов в ЦОВ любой направленности, послужила основой для разработки ряда алгоритмов и частных моделей обработки вызовов в ЦОВ, ориентированных на расчет показателей КРІ на основе данных системы мониторинга и, как следствие, выработку комплекса целенаправленных решений по повышению эффективности работы ЦОВ.

**В третьем разделе** разработаны частные модели обработки вызовов ЦОВ.

К частным моделям относятся:

- модель с учетом уровня квалификации операторов;
- модель с учетом двухуровневого принципа построения ЦОВ;
- модель с учетом расчетного времени ожидания ответа оператора;
- модель с учетом прогнозируемого времени ожидания ответа оператора и поствызывной обработки запроса.

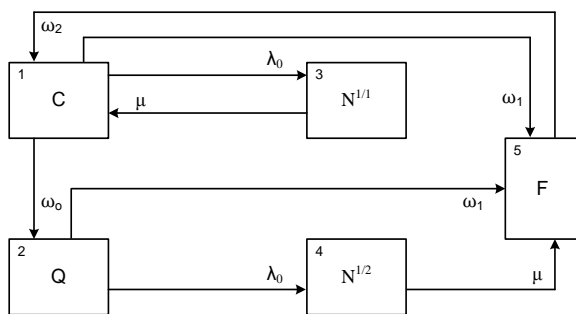
Отличительной особенностью предлагаемых частных моделей является то, что наряду с параметрами, используемыми в известных моделях СМО, в них включены параметры определяющие: уровень квалификации операторов и степень удовлетворенности абонентами обслуживанием; вероятность того, что вызов будет перенаправлен оператору с более высокой квалификацией и параметры, учитывающие расчетное и прогнозируемое время ожидания ответа оператора. Модели разработаны с целью получения аналитических зави-

Переходы между состояниями обозначены через интенсивность поступления первичных вызовов ( $\lambda_c$ ), интенсивность поступления вызовов в очередь на обработку ( $\omega_0$ ), интенсивность потери вызова из-за занятости линии или «нетерпеливости» абонента ( $\omega_1$ ), интенсивность завершения процесса пребывания вызова в системе в состояниях

симостей между указанными параметрами и значимыми показателями производительности ЦОВ.

В качестве примера на рисунке 2 приведена частная модель обработки вызовов в ЦОВ с учетом уровня квалификации операторов. Модель представлена в виде графа состояний. Каждое состояние имеет обозначение в соответствии с обобщенной моделью обработки вызовов, показанной на рисунке 1. Дополнительно введены состояния обработки вызовов операторами с первой и второй степенью квалификации ( $N^{1/1}$ ,  $N^{1/2}$ ), работающими в одной операторской группе. Переходы между состояниями обозначены в соответствии с моделью рисунка 1. Дополнительно введен параметр  $\lambda_0$  – интенсивность поступления вызовов на обработку. Поскольку параметр  $\lambda_0$  символизирует передачу вызова на обработку к оператору, считаем, что интенсивности поступления на обработку первичных, повторных вызовов, а также вызовов, поступивших из очереди, являются равными по значению. Такое допущение принято и для исключения излишнего дробления состояний обработки вызовов в моделях ЦОВ.

Для вывода расчетных формул использовался матричный метод анализа систем, предложенный проф. Б.П. Зеленцовым.



В соответствии с этим методом были составлены матрица интенсивностей, матрица вероятностей прохождения в состоянии и выведены формулы для расчета показателей производительности ЦОВ (таблица 1).

Рисунок 2 - Модель ЦОВ с учетом уровня квалификации операторов

Таблица 1. Показатели производительности ЦОВ с учетом уровня квалификации операторов

Наименование параметров	Формулы расчета
Среднее время работы оператора, приходящееся на один отказ в обслуживании	$t_c = \frac{1}{\omega_0 + \omega_1}$
Среднее время нахождения вызова в очереди ожидания ответа оператора	$t_q = \frac{1}{\omega_0 + \omega_1} \frac{\omega_0}{\omega_1 + \lambda_0}$
Вероятность того, что вызов не будет обслужен оператором (вероятность потерь вызовов)	$P_p = \frac{(\omega_0 + \omega_1) \omega_1 + \lambda_0 + (\omega_0 + \omega_2)}{(\omega_0 + \omega_1) \omega_1 + \omega_2 + \lambda_0 + \lambda_0}$
Среднее число вызовов, обслуженных одним оператором	$n = \frac{(\omega_0 + \omega_1 + \lambda_0) \lambda_0}{\omega_1 + \lambda_0 (\omega_0 + \omega_1)}$

Для определения причинно-следственных связей, устанавливаемых путем выявления аналитических зависимостей между показателями производительности ЦОВ и данными

системы отчетности и управления построены графики зависимости расчетных показателей (таблица 1) от времени суток и общей интенсивности поступающих вызовов  $\lambda = \omega_1 + \omega_0 + \lambda_0$  (рисунки 4, 5, 6). Параметр  $\lambda$  определяется по статистическим данным системы отчетности и управления. На графике рисунка 3 приведены усредненные за три месяца значения числа вызовов, поступивших за каждый интервал длиной в один час в течении суток. Усреднение произведено по всем типам вызовов и принятым в ЦОВ приоритетам.



Рисунок 3 - Изменение поступающей нагрузки

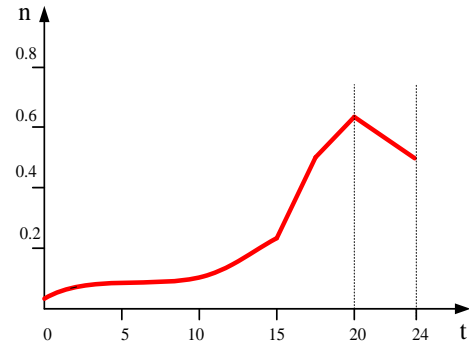


Рисунок 4 - График загрузки операторов (n, %)

График рисунка 4 иллюстрирует загруженность операторов с учетом того, что операторы с разной квалификацией входят в одну операторскую группу и позволяет на основании статистической оценки продуктивности их работы принять решение о необходимости разделения операторов разной квалификации в разные операторские группы (двух-уровневый алгоритм обработки вызовов) в разное время суток. Таким образом, можно изменять алгоритм обслуживания вызовов в динамике, а также формулировать требования, предъявляемые к уровню квалификации операторов.

График среднего времени нахождения вызовов в очереди приведен на рисунке 5.

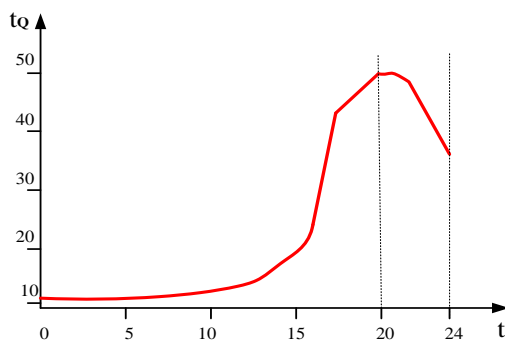


Рисунок 5 - График среднего времени нахождения вызовов в очереди ( $t_q$ , с.)

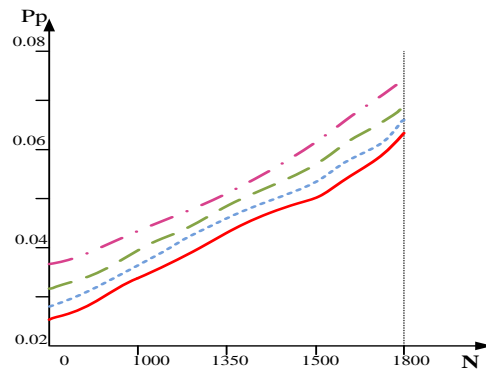


Рисунок 6 - График зависимости вероятности потерь вызовов от N при разных  $\omega_2$

В расчетную формулу среднего времени нахождения вызовов в очереди (таблица 1) введены параметры  $\omega_0$ ,  $\omega_1$ ,  $\lambda_0$ . Знание значений этих параметров позволят супервизорам

определить причину отклонения фактического значения среднего времени нахождения вызовов в очереди от нормированного. Если причиной является время обработки вызова оператором, то следует или, например, повышать квалификацию операторов или вводить в систему интерактивного взаимодействия дополнительные опции, выполнив ранжирование задаваемых вопросов по тематике обращений или вводить двухуровневый алгоритм обслуживания вызовов, изменяя схему маршрутизации вызовов.

Графики рисунка 6 иллюстрируют влияние среднего времени пост-вызывной обработки вызова на вероятность потерь вызовов. На рисунке 6 обозначено:

- $\omega_2 = 0,02$ , среднее время освобождения оператора равно 5с.;
- .....  $\omega_2 = 0,06$ , среднее время освобождения оператора равно 15с.;
- - -  $\omega_2 = 0,05$ , среднее время освобождения оператора равно 20с.;
- · ·  $\omega_2 = 0,03$ , среднее время освобождения оператора равно 30с.

Ориентируясь на полученные графики, можно сделать выводы о загруженности операторов работой по заполнению баз данных информацией о поступающих вызовах. Даже в случае малой интенсивности поступающих вызовов, прослеживается зависимость вероятности потерь от интенсивности пост-вызывной обработки вызова и освобождения операторов. Аналогично исследуются и другие частные модели ЦОВ, разработанные во третьем разделе диссертационной работы. Их особенностью является то, что наряду с параметрами  $\lambda_0, \omega_0, \omega_1, \omega_2, \mu$  в модели введены параметры:

- $\alpha$  - вероятность того, что абонент не удовлетворен обслуживанием;
- $\beta$  - вероятность того, что абонент не удовлетворен ответом оператора второго уровня;
- $\beta_1$  - вероятности того, что вопрос отвечает квалификации второго (экспертного) уровня;
- $\delta$  - вероятность передачи вызова оператору второго уровня.

Задача определения указанных параметров по статистическим данным системы SMS и оценки их влияния на основные показатели производительности ЦОВ в известных работах не рассматривалась. Учет введенных параметров при оценке производительности ЦОВ даст возможность управлять процессом обработки вызовов путем использования количественных показателей SMS, результатов исполнения бизнес-процессов и сопоставления их со стратегическими и тактическими целевыми ориентирами для получения значения отклонения (разницы) между целевыми и фактическими показателями.

**В четвертом разделе** диссертационной работы разработан универсальный алгоритм обработки вызовов в ЦОВ, основу которого составляет прогностический метод маршрутизации вызовов. В универсальном алгоритме учитываются значения расчетного

и прогнозируемого времени ожидания ответа оператора, а также значение коэффициента DL (Delay Level, желаемое время ответа оператора). Предложенный алгоритм учитывает возможность системы мониторинга ЦОВ осуществлять сбор, выборку и обработку статистических данных, необходимых для расчета параметров производительности ЦОВ. В соответствии с алгоритмом разработана универсальная модель обработки вызовов в ЦОВ (Uni-Model), учитывающая повторные вызовы и включающая параметры, определяемые по статистическим данным CMS.

Ее отличие от известных моделей СМО заключается в том, что:

- в предлагаемой модели отражены алгоритмические процессы, происходящие в ЦОВ непосредственно при маршрутизации и обработке вызовов и фиксирующиеся системой мониторинга ЦОВ. К алгоритмическим процессам относится процесс двухуровневого обслуживания вызовов; процесс маршрутизации вызовов на основе данных CMS; процесс маршрутизации вызовов с учетом дополнительных сведений, например, о приоритетности вызова; процесс обслуживания повторных вызовов;

- на отдельные состояния разделен процесс обслуживания первичных и повторных вызовов операторами первого и второго квалификационного уровня, а также процесс организации очереди;

- учтена рекомендация о том, что для разных категорий вызовов (LOW ARPU, MIDDLE ARPU, HIGH ARPU, KEY) коэффициент DL должен быть разным и учитывать вероятность повторного вызова;

- учитывается человеческий фактор, например, нетерпеливость абонента при попадании вызова в очередь ожидания ответа оператора, удовлетворенность обслуживанием операторами первого и второго квалификационных уровней.

Универсальная модель ЦОВ приведена на рисунке 7.

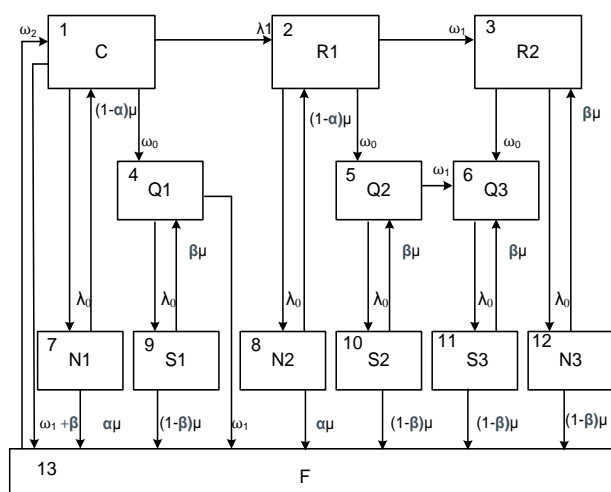


Рисунок 7 - Универсальная модель ЦОВ (Uni- Model)

Обозначения состояний в универсальной модели соответствуют обозначениям, принятым в моделях рисунка 1 и 2. Дополнительно введены состояния: R1 – обработка повторного вызова оператором первого уровня; R2 – обработка повторного вызова оператором второго уровня; N1, N2 – состояния обслуживания первичного и повторного вызовов соответственно;

Q1 - очередь к операторам первого уровня, создаваемая первичными вызовами; Q2 - очередь к операторам второго уровня, создаваемая повторными вызовами; Q3 – очередь к операторам второго уровня, создаваемая повторными вызовами только от абонентов, которые не удовлетворены обслуживанием операторами на первом уровне; S1 – состояние обслуживания первичного вызова операторами первого уровня; S2 – состояние обслуживания повторного вызова операторами первого уровня, вызов поступает в порядке очереди, расчетное и прогнозируемое время ожидания меньше порогового значения; S3 – состояние обслуживания повторных вызовов от абонентов, неудовлетворенных обслуживанием, вызов поступает из очереди, обозначенной в математической модели как состояние Q3; N3 - состояние обслуживания вызовов от абонентов, неудовлетворенных обслуживанием операторами первого уровня вне очереди (по приоритету). Обозначения переходов между состояниями соответствуют обозначениям, принятым на рисунке 1.

Для вывода формул расчета показателей производительности ЦОВ использован матричный метод анализа вероятностных систем. В результате проведенных выкладок получены формулы расчета среднего времени нахождения вызова в точке входа при поступлении первичного ( $t_C$ ) и повторного ( $t_{R1}$ ) вызовов (состояния C и R1 в модели рисунка 7). Получены формулы расчета среднего времени пребывания абонентов в очереди ожидания ответа оператора  $t_Q = t_{Q1} + t_{Q2} + t_{Q3}$  (состояния Q1, Q2, Q3 в модели рисунка 7). Получены формулы расчета среднего числа вызовов, обслуженных одним оператором  $n = n_1 + n_2 + n_3$ , где  $n_1$  соответствует состояниям N1 и S1,  $n_2$  - состояниям N2 и S2,  $n_3$  - состояниям N3 и S3. Для удобства вычислений в расчетных формулах приняты следующие обозначения:

$$a = 1 + \frac{\lambda_1 + \alpha \lambda_0}{\omega_0 + \omega_1}; b = \omega_0 + \frac{\lambda_0(1-\beta)}{\omega_0 + \omega_1}; c = \frac{\omega_1 + \lambda_0(1-\beta)}{\omega_0 + \omega_1}; d = 1 + \frac{b\lambda_0}{\omega_0 + \omega_1}, \text{ где}$$

$\alpha$  – вероятность того, что абонент будет не удовлетворен обслуживанием операторской группой первого уровня;

$\beta$  – вероятность того, что первичный и повторный вызовы, поступившие из очереди, будут обслужены неудовлетворительно.

Тогда:

$$t_C = \frac{\omega_0 + \omega_1}{\omega_2(\omega_0 + \omega_1 + \lambda_1 + \alpha \lambda_0)}; t_{R1} = \frac{\lambda_1}{d} t_C;$$

$$t_Q = t_{Q1} + t_{Q2} + t_{Q3}; t_{Q1} = \frac{\omega_0}{ac(\omega_0 + \omega_1)}; t_{Q2} = \frac{\lambda_1 \omega_0}{acd(\omega_0 + \omega_1)}; t_{Q3} = \frac{\lambda_1}{b} \frac{\omega_1(\lambda_0(1-\beta) + c + \omega_0 \lambda_0 + \omega_0)}{ac b \lambda_0(1-\beta) \omega_0 + \omega_1};$$

$$n = n_1 + n_2 + n_3; n_1 = \frac{\lambda_0(1 + \lambda_0(1-\beta))}{ac}; n_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_0(1 + \lambda_0(1-\beta))}{acd}; n_3 = \frac{\lambda_1 \omega_1(\lambda_0(1-\beta) + c + \omega_1(1 + \omega_1))}{ab cd(1-\beta)}.$$

Вероятность того, что вызов не будет обслужен оператором (вероятность потерь) определяется по формуле:

$$P_p = \frac{\omega_2(\omega_0 b^2 d + \lambda_1 + d\lambda_1 \omega_1 \lambda_0(1-\beta) c + \omega_0 \lambda_0 + \omega_0) + 1}{\omega_2 b^2 d + \lambda_1 c + \omega_0 + d\lambda_1 \omega_1 \lambda_0(1-\beta) c + \omega_0 \lambda_0 + \omega_0 + 1}$$

Для сравнения полученных результатов с результатами, полученными с использованием классических моделей СМО, был применен метод математического моделирования. Моделирование выполнено с помощью программы Mathcad. Основные этапы и условия моделирования приведены на рисунке 8.

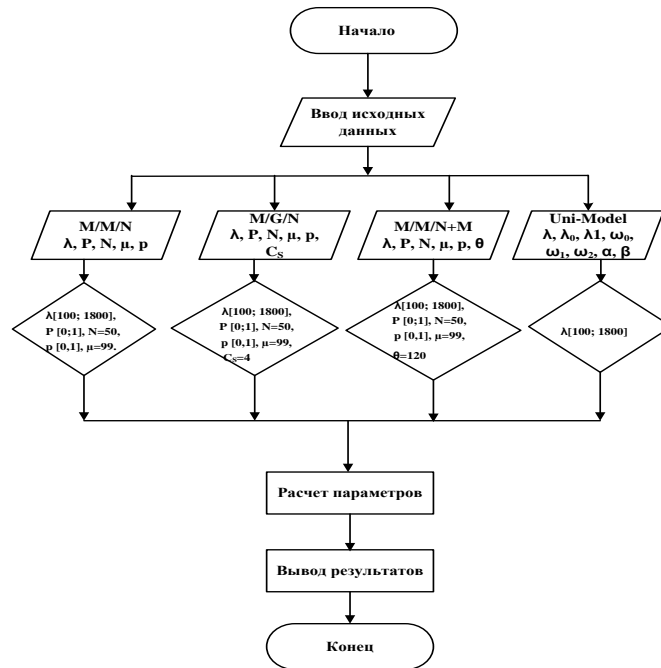


Рисунок 8 – Диаграмма моделирования

На рисунках 9 и 10 в графическом виде представлены результаты математического моделирования.

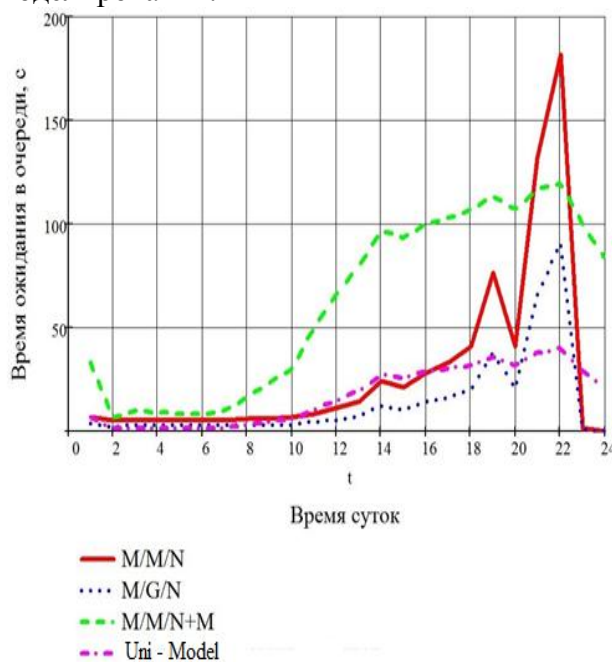


Рисунок 9 – График зависимости среднего времени ожидания ответа оператора от времени суток

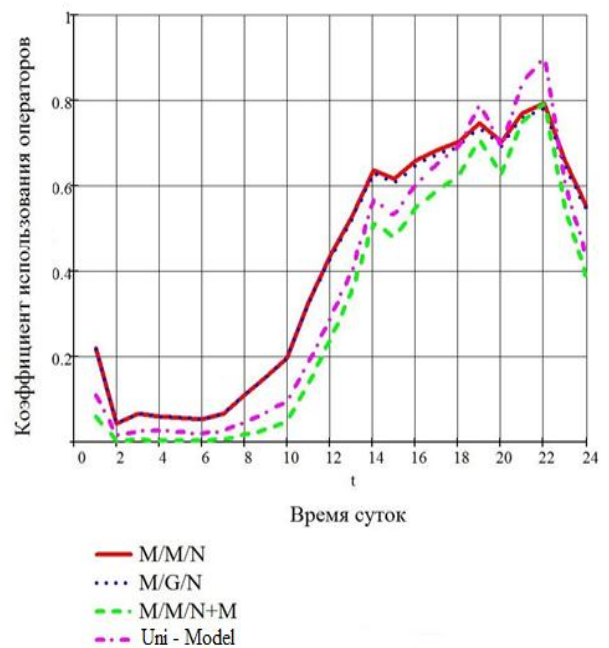


Рисунок 10 – График зависимости коэффициента использования операторов от времени суток

Результаты, полученные при исследовании универсальной модели, приближены к результатам, полученным для модели M/G/N, которая, по мнению авторов занимающихся исследованиями по этой теме, дает наиболее точные, максимально приближенные к эмпирическим данным прогнозы по функционированию ЦОВ. Приблизительное соотношение для расчета среднего времени ожидания ответа оператора для модели M/G/N рассчитывается по формуле для модели M/M/N с учетом коэффициента вариации. Таким образом, Uni-Model показывает результаты наиболее близкие к результатам экспериментальных исследований параметров ЦОВ. Однако, как было отмечено выше, общим недостатком классических моделей СМО при их применении для исследования ЦОВ является невозможность установления точной причины (причин) снижения производительности ЦОВ, и, следовательно, невозможно определить «узкое» место в организации ЦОВ. Универсальная модель (Uni-Model) позволяет это сделать.

В системе CMS производится сегментация абонентов на основе прогнозируемого времени ожидания ответа оператора (PWT, Predicted Wait Time) и рассчитывается коэффициент «уровень обслуживания» (SO, Service Objective) как отклонение PWT от желаемого времени ответа (DL, Delay Level). Uni-Model позволяет произвести расчет показателей производительности ЦОВ с учетом удовлетворенности абонентов уровнем обслуживания в целом. С этой целью в модель введены параметры  $\alpha$  и  $\beta$ .

Значения коэффициента использования операторов (рисунок 10) позволяют оценить не только продуктивность их работы, но и принять решение о том, есть ли необходимость объединения операторов разной квалификации в разные операторские группы, выбирая двухуровневый алгоритм обслуживания вызовов или такой необходимости нет, но нужно организовать экспертную группу для решения конфликтных ситуаций. А также решать задачи целесообразности увеличения/уменьшения штата операторов, оценивать среднее время освобождения операторов в оперативном режиме и выявлять причины его увеличения, формулировать требования, предъявляемые к оператором ЦОВ определенной направленности.

Таким образом, предлагаемая методика расчета показателей производительности ЦОВ по статистическим данным, основанная на рекомбинации информационных потоков позволяет отследить конкретные причины низкой производительности ЦОВ и, впоследствии, принять адекватные меры по перенастройке алгоритма обработки вызовов.

Количественные значения для переменных, используемых в предлагаемых формулах расчета, определяются по статистическим данным системы мониторинга ЦОВ.



## **Заключение.**

Диссертация посвящена исследованию процессов обработки вызовов в ЦОВ с учетом данных системы мониторинга его производительности и системы отчетности и управления, как ее составляющей.

Основные результаты диссертационной работы могут быть сформулированы следующим образом:

1. Разработан ряд частных моделей ЦОВ, отличительной особенностью которых является их соответствие действующим алгоритмам обработки вызовов.

В модели введены параметры, которые можно рассчитать непосредственно по статистическим данным системы мониторинга ЦОВ. Их использование в формулах расчета вероятностно-временных показателей функционирования ЦОВ позволит получить достоверную информацию о его производительности.

2. Предложен ряд новых параметров, характеризующих производительность ЦОВ с точки зрения абонентов. К этим параметрам относятся:

- $\alpha$  - вероятность того, что абонент не удовлетворен обслуживанием;
- $\beta$  - вероятность того, что абонент не удовлетворен ответом оператора второго уровня;
- $\beta_1$  - вероятность того, что вопрос отвечает квалификации второго (экспертного) уровня;
- $\delta$  - вероятность передачи вызова оператору второго уровня.

Знание значений этих параметров позволит определить степень удовлетворенности абонентами качеством предоставляемых информационных услуг.

3. Впервые получены формулы для расчета:

- среднего числа вызовов, обслуженных одним оператором;
- среднего времени работы оператора, приходящегося на один отказ в обслуживании.

Расчет указанных показателей производится на основе статистических данных системы отчетности и управления ЦОВ и позволит менеджерам и супервизорам:

- формулировать требования, предъявляемые к квалификации операторов в зависимости от реальной практической ситуации;
- решать задачи целесообразности увеличения/уменьшения штата операторов, повышения их квалификации;
- регулировать пороговые значения среднего времени ожидания ответа оператора;
- при необходимости вводить в систему интерактивного голосового взаимодействия дополнительные опции.

4. Выведены новые формулы для расчета значимых показателей производительности ЦОВ таких как, вероятность потерь вызовов и среднее время ожидания ответа оператора. А также формулы для расчета производительности операторов при двухуровневом построении ЦОВ.

Отличие полученных расчетных формул от известных заключается в том, что в их состав включены параметры, знание значений которых позволит принять адекватные решения по повышению ключевых показателей производительности ЦОВ. Например:

- регулировать пороговые значения среднего времени ожидания ответа оператора в оперативном режиме;

- при необходимости вводить в систему интерактивного голосового взаимодействия дополнительные опции;

- изменять алгоритм обработки вызовов в зависимости от целей развертывания ЦОВ;

- прогнозировать производительность ЦОВ в период пиковых нагрузок;

- производить сегментацию клиентов ЦОВ с целью повышения уровня обслуживания;

- целенаправленно отслеживать определенные параметры, влияющие на производительность ЦОВ;

5. Разработана универсальная модель ЦОВ (Uni-Model). Ее отличительной особенностью является то, что каждый алгоритмический элемент процесса обработки первичных и повторных вызовов выделен в отдельное состояние, фиксируемое системой мониторинга ЦОВ. В модели при рассмотрении внутреннего сценария обработки вызовов учтена рекомбинация информационных потоков. Целью разработки модели является получение формул для расчета параметров производительности ЦОВ непосредственно по статистическим данным SMS. Такой подход предоставит менеджерам и супервизорам возможность и средства, опираясь на статистические данные системы мониторинга, эффективно управлять ЦОВ с целью максимального удовлетворения большинства запросов клиентов.

**Приложение** содержит акты внедрения результатов диссертационной работы.

**Публикации.**

**По теме исследований опубликованы статьи в изданиях из списка ВАК:**

1. Шерстнева, А.А., Шерстнева, О.Г. Call-центр. Расчет параметров качества функционирования на основе данных системы мониторинга / А.А. Шерстнева, О.Г. Шерстнева // Мобильные телекоммуникации. Москва. - 2010. - №5. – С. 52 - 57.

2. Шерстнева, А.А., Шерстнева, О.Г. Call-центр. Алгоритм функционирования с учетом повторных вызовов / А.А. Шерстнева, О.Г. Шерстнева // Мобильные телекоммуникации. Москва. – 2010. - №8. – С. 33 - 44.

3. Шерстнева, А.А. Математическая модель ЦОВ с учетом повторных вызовов / А.А. Шерстнева // Инфокоммуникационные технологии. Самара. - 2015. – Том 14. - №2. – С. 178 - 183.

**В изданиях, включенных в международную реферативную базу данных Scopus:**

4. Sherstneva, A.A. The Analysis of Mathematical Models Functioning Call Center / A. Sherstneva // IEEE, XIII International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM'2012. - С.57 - 60.

5. Sherstneva, A.A. The Call-center. Development of Algorithm Routings of Calls / A. Sherstneva // IEEE, XI International conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE)-30057 proceedings, APEIE-2012. - С. 196 - 198.

6. Sherstneva, A.A. Rating of Efficiency of Algorithms Functioning of the Call-Center / A. Sherstneva // IEEE, XIII international conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM'2013. - С. 83 - 86.

7. Sherstneva, A.A. Development Call-Center Math Model with Qualification Levels of Operators / A. Sherstneva // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – 2015. <http://ieee.tpu.ru/sibcon>. - С. 67 - 72.

**Зарегистрированы программы имитационного моделирования:**

8. Шерстнева, А.А., Морозов, П.Н., Шерстнева, О.Г. Программа имитации функционирования DWDM сети при динамическом управлении / А.А. Шерстнева, П.Н. Морозов, О.Г. Шерстнева. – М.:2011. - Свидетельство о регистрации 14.04.2011, №16997.

9. Шерстнева, А.А., Шерстнева, О.Г. Программа имитации функционирования телекоммуникационной сети с учетом реальных показателей надежности / А.А. Шерстнева, О.Г. Шерстнева. – М.:2011. - Свидетельство о регистрации 29.12.2011, №17760.

**Опубликованы статьи (РИНЦ):**

10. Шерстнева, А.А., Шерстнева, О.Г. Исследование взаимовлияния параметров надежности телекоммуникационной сети и системы управления / А.А. Шерстнева // Межвуз. темат. сб. науч. тр. Омск. - 2013. - С. 24 - 29.

**Опубликованы статьи:**

11. Шерстнева, А.А., Шерстнева, О.Г., Горяева, Н.Г. Разработка интерфейса программного продукта для повышения эффективности работы системы управления / А.А.

Шерстнева, О.Г. Шерстнева, Н.Г. Горяева // Инфосфера. Новосибирск. - 2011. - №49. - С. 34 - 35.

12. Шерстнева, А.А. Анализ работы системы мониторинга производительности Call-центра / А.А. Шерстнева // Инфосфера. Новосибирск. - 2012. - №54. - С. 58 - 60.

**Опубликованы тезисы докладов (РИНЦ):**

13. Шерстнева, А.А. Анализ алгоритмов функционирования Call-центра на основе данных систем мониторинга / А.А. Шерстнева // Сб. тр. Российской н-т конф. «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск. – 2011. – С.12.

14. Шерстнева, А.А. Исследование математических моделей функционирования Call-центров / А.А. Шерстнева // Сб. тр. Российской н-т конф. «Инновации и научно-техническое творчество молодежи». Новосибирск. - 2012. - С. 54.

15. Горяева, Н.Г., Шерстнева, А.А., Шерстнева, О.Г. Результаты анализа работы системы управления на предприятии связи / Н.Г. Горяева, А.А. Шерстнева, О.Г. Шерстнева // Сб. тр. Российской н-т конф. «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск. - 2012. - С. 18 - 19.

16. Шерстнева, А.А. Исследование математических моделей и разработка обобщенного алгоритма функционирования Call-центров / А.А. Шерстнева // Новосибирская межвузовская научн. конф. «Интеллектуальный потенциал Сибири». Новосибирск. - 2012. - С. 54.

17. Шерстнева, А.А. Call-центр. Исследование методов маршрутизации вызовов / А.А. Шерстнева // Сб. тр. Российской н-т конф. «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск. - 2013. - С. 54.

18. Шерстнева, А.А. Анализ прогностических методов маршрутизации вызовов в операторском центре / А.А. Шерстнева // Сб. тр. Российской н-т конф. «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск. - 2013. - С. 156 - 157.

19. Шерстнева, А.А. Call-центр. Результаты анализа методов маршрутизации вызовов / А.А. Шерстнева // Труды конф. «Телекоммуникации и вычислительные сети». - Международный форум информатизации (МФИ-12) / Международный конгресс (СТN-2012) «Коммуникационные технологии и сети». - 28.11.2012. - С. 68.

20. Шерстнева, А.А. Разработка математической модели ЦОВ с учетом степени квалификации операторов / А.А. Шерстнева // Сб. тр. Российской н-т конф. «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск. - 2015. - С. 54 - 56.