

На правах рукописи

Богданова Елена Сергеевна

**ОРГАНИЗАЦИЯ ДВУХУРОВНЕВОЙ СПРАВОЧНО-  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ  
ТРАНСПОРТЕ**

05.02.22 – Организация производства (транспорт)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург — 2009

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС)

**Научный руководитель:** – доктор технических наук  
Неволин Дмитрий Германович

**Официальные оппоненты:** – доктор технических наук, профессор  
Калиниченко Анатолий Яковлевич.

– кандидат технических наук  
Фирстов Сергей Валерьевич.

**Ведущая организация:** – ФГУП «Научный центр по комплексным транспортным проблемам» Министерства транспорта Российской Федерации

Защита состоится «26» июня 2009 года. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д218.013.02 при Уральском государственном университете путей сообщения (УрГУПС) по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, аудитория 283. Тел/факс: (343) 358-47-66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «25» мая 2009 г.

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью организации (в двух экземплярах), просим направлять в адрес диссертационного совета по почте.

Ученый секретарь диссертационного совета

А.Э. Александров

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Для эффективного функционирования работы любого предприятия необходимо обеспечивать клиентов и сотрудников справочной информацией разного типа. Всю предоставляемую информацию, для выдачи которой используются справочно-информационные системы (СИС), можно разделить: на простую справочную; сведения о текущей оперативной работе на местах; специальную, необходимую для принятия управленческих решений. Совершенствование СИС повышает уровень организации производственной деятельности предприятия.

Справочные системы всех предприятий, в том числе и железных дорог, поначалу работали с использованием бумажных носителей. Проблема организации СИС обусловлена возрастающим количеством обращений к информационным ресурсам, имеющим различное описание и представление. Увеличение обращений к СИС инициировало автоматизацию выдачи информации. Одной из актуальных проблем эксплуатации СИС является задача поиска оптимальных параметров работы СИС железнодорожного транспорта.

Проблема эффективности функционирования справочно-информационных систем на железнодорожном транспорте, как и в других видах транспорта (авиационного, речного, морского, автомобильного), обусловлена тем, что характер справочной информации имеет сложный характер (время маршрута следования, в особенности сложного, характер перевозок, стыковка маршрутов, расчет оптимальной стоимости транспортной услуги и т.д.) всё это приводит к увеличению общего времени обслуживания, к снижению лояльности клиента к данному виду транспорта и возможности его ухода для обслуживания на другие виды транспорта. Для снижения данной вероятности необходимо повысить информативность обслуживания клиентов с внедрением новых способов организации СИС, что является актуальной проблемой.

**Объектом исследования** является справочно-информационная система на железнодорожном транспорте.

**Предметом исследований** является организация функционирования справочно-информационной системы.

**Цель диссертационной работы:** организация справочно-информационной системы двухуровневой структуры на железнодорожном транспорте

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи:**

1. Выполнить анализ и классифицировать существующие справочно-информационные системы по способам организации на железнодорожном транспорте.
2. Разработать математическую модель справочно-информационной системы.
3. Разработать имитационную модель для проведения серии численных экспериментов по определению параметров устойчивой работы системы с целью выявления качественных и количественных параметров.
4. Обосновать рациональные параметры модели справочно-информационной системы с учетом отраслевых особенностей.

**Методы исследования:** включают использование математической статистики, теории систем массового обслуживания, имитационного моделирования.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Разработана модель справочно-информационной системы, отличающейся от существующих тем, что имеет два уровня с разными принципами организации их обслуживания.
2. Обоснованы параметры справочно-информационной системы, отличающиеся от существующих тем, что ограничивают время обслуживания на первом уровне и позволяют в целом уменьшить количество отказов в обслуживании и уходов заявок, используя второй уровень.
3. Разработана имитационная модель справочно-информационной системы двухуровневой структуры, позволяющая определить рациональные параметры при решении задачи повышения конкурентоспособности предоставляемых услуг.

**Практическая значимость результатов** заключается в создании модели для обоснования и выбора параметров справочно-информационной системы, имеющей двухуровневую структуру, являющейся универсальной и позволяющей вырабатывать практические рекомендации по внедрению СИС на железнодорожном транспорте.

**На защиту выносятся научные положения:**

1. Двухуровневая модель функционирования справочно-информационных систем в классе марковских процессов.
2. Параметры работы двухуровневой справочно-информационной системы железнодорожного транспорта.

3. Результаты численного эксперимента по реализации справочно-информационной системы, имеющей двухуровневую структуру.

**Реализация результатов работы.** Разработанные теоретические и методические рекомендации приняты к внедрению в СИС Свердловской железной дороги, а также используются при проведении учебных занятий по дисциплинам, связанным с организацией СИС, и при проведении курсов в Институте дополнительного профессионального образования в Уральском государственном университете путей сообщений.

**Достоверность и обоснованность научных положений и выводов** диссертации подтверждена применением современных методов исследования и общепринятых положений математического моделирования с использованием средств вычислительной техники, проверкой полученных результатов с критериями математической статистики, а также апробацией результатов работы на семинарах, конференциях и публикацией работ в открытой печати.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационного исследования докладывались на следующих конференциях и семинарах: Международная научно-практическая конференция «Связь-ПРОМ – 2004», I Евроазиатский международный форум «Связь-ПРОМЭКСПО – 2004» (Екатеринбург, 2004 г.); VI межвузовская научно-техническая конференция «Молодые ученые – транспорту» (Екатеринбург, 2005 г.); Международная научно-практическая конференция «Связь-ПРОМ – 2006», III Евроазиатский международный форум «Связь-ПРОМЭКСПО – 2006» (Екатеринбург, 2006 г.); Международная научно-техническая конференция «Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России» (Екатеринбург, 2006 г.); международная научно-практическая конференция «Связь-ПРОМ – 2007», IV Евроазиатский международный форум «Связь-ПРОМЭКСПО – 2007» (Екатеринбург, 2007 г.); VI Евроазиатский международный форум «Связь-ПРОМЭКСПО – 2009» (Екатеринбург, 2009 г.); Международная научно-техническая конференция «Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России» (Екатеринбург, 2009 г.).

**Публикации.** Основные результаты работы были отражены в 11 печатных работах, в том числе 3 печатных работы опубликованы в изданиях, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций».

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав. Содержит 121 страницу основного текста, 12 таблиц, 24 рисунка. Список литературы состоит из 100 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и основные задачи исследования.

**В первой главе** содержится анализ состояния проблемы.

Для успешной работы на транспортном рынке необходимы эффективность транспортного производства, надлежащая конкурентноспособность транспортных услуг и обеспечение логистических услуг заданного качества с помощью справочно-информационного обслуживания клиентов.

Качество перевозок – это совокупность цены, надежности, гибкости, комплексности, доступности, информативности.

Информативность определяется способностью системы транспортного обслуживания давать клиентам в любой момент времени информацию о тарифах, об условиях проезда, доставки и о месте нахождения груза в процессе транспортирования и хранения. Информативность системы достаточно трудно объективно измерить. Она может быть оценена через достоверность и оперативность предоставляемой информации (сутью связей между различными материальными объектами, проявляющимися в изменении их состояний).

Вопросам работы СИС посвящены труды как российских ученых – А.А. Зарубина, Б.С. Гольдштейна, А.И. Поташова, А.В. Рослякова, М.Ю. Самсонова, И.В. Шибаевой, Е.Н. Шильникова, С.В.Ваняшина и др., так и зарубежных авторов – П. Андерсон, А Розенберг, Тодд Нефф, Л. Браун, Марк Перри, Б. Кливиланд и др.

Автором классифицированы существующие СИС по способу организации на железнодорожном транспорте, которые позволили определить пути разработки и совершенствования СИС на основе моделирования.

Для предоставления справочной информации используются справочно-информационные системы (СИС). При организации таких систем используют практические наработки, которые не в полной мере соответствуют предъявляемым заказчиком требованиям.

**Во второй главе** произведены экспериментальные исследования работы СИС на примере работы информационно-справочной службы предприятия и

предложена двухуровневая структура организации СИС на железнодорожном транспорте, обоснованы её параметры.

Под одноуровневой структурой СИС понимается обслуживание заявки одним любым оператором без учета затрачиваемого времени на её обслуживание.

Под двухуровневой структурой СИС понимается два последовательных этапа обслуживания заявок операторами с фиксированным временем на первом этапе (то есть обслуживание количества заявок, которые предварительно классифицируются по сложности информации и времени её обработки).

Исследуемые параметры: входящий поток заявок за период времени, количество операторов, обслуживающих эти заявки, уровень их сложности (продолжительность времени обслуживания при одинаковой квалификации операторов).

По собранным статистическим материалам были произведены расчеты эффективности работы одноуровневой и двухуровневой СИС: количество потерянных вызовов, средняя продолжительность обслуживания одного вызова, процент отказа в обслуживании (таблица 1).

Таблица 1

Обобщенная статистика работы справочно-информационной системы

Параметр	Справочно-информационная система	
	одноуровневая структура	двухуровневая структура
Количество потерянных вызовов, шт.	81	50
Средняя продолжительность обслуживания одного вызова, с	29	93
Процент отказа, %	63,79	23,51

Проведенный анализ работы справочных служб различных уровней обслуживания, учитывающий специфику работы железнодорожной справочно-информационной системы, показал, что перевод выдачи справочной информации на двухуровневую систему сократит количество отказов в 2,7 раза, количество потерянных вызовов в 1,6 раза при ограниченном времени обслуживания заявки равном 29 секунд.

Достоверность результатов исследований проверена с использованием критерия Пирсона с уровнем значимости 0,05.

В третьей главе разработана математическая модель и обоснованы рациональные параметры модели функционирования СИС в классе марковских

процессов, описывающие её основные закономерности. Для оптимизации работы на основании анализа статистических данных разработан алгоритм, позволяющий учитывать требуемые объемы предоставляемой информации и время для использования необходимых информационных ресурсов (рисунок 1).

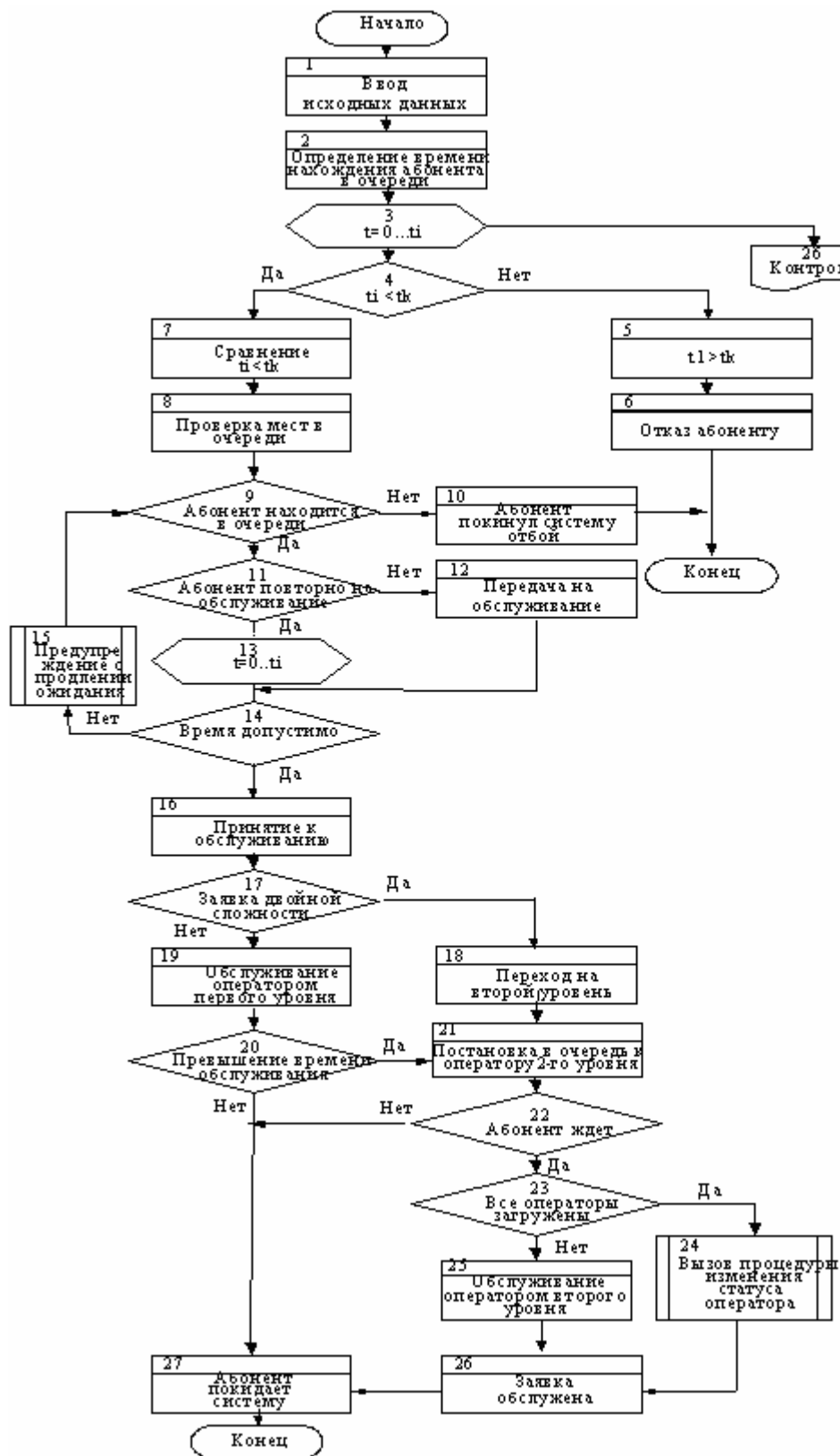


Рисунок 1. Алгоритм обслуживания заявок двойной сложности



Рассмотрим состояния системы, когда нет заявок в очереди, количество операторов неограниченно, как только заявка поступает, она сразу поступает на обслуживание (рисунок 2).

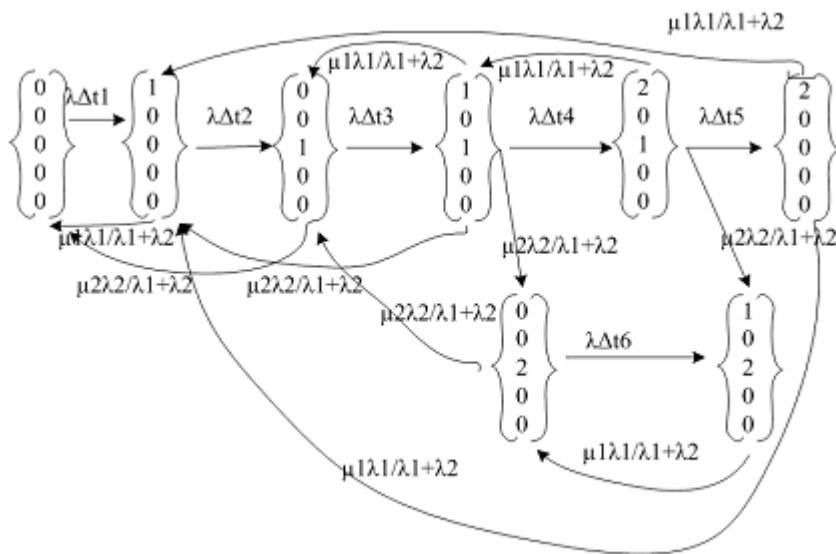


Рисунок 2. Ориентированный граф состояния справочно-информационной системы с возможными циклами, без организации очередей

Рассмотрено состояние системы в общем виде, в классе марковских процессов. Исследован граф СИС с возможными циклами (рисунок 3).

Для рассматриваемой системы возможны следующие состояния:

- 1). Заявка поступила в очередь к оператору первого уровня;
- 2). Обслужена заявка первого уровня;
- 3). Заявка переведена к оператору второго уровня;
- 4). Обслужена заявка второго уровня;
- 5). Изменилось соотношение количества операторов второго и первого уровня, но общее число неизменно;
- 6). Заявка из очереди ушла к оператору первого уровня;
- 7). Заявка из очереди ушла к оператору второго уровня.

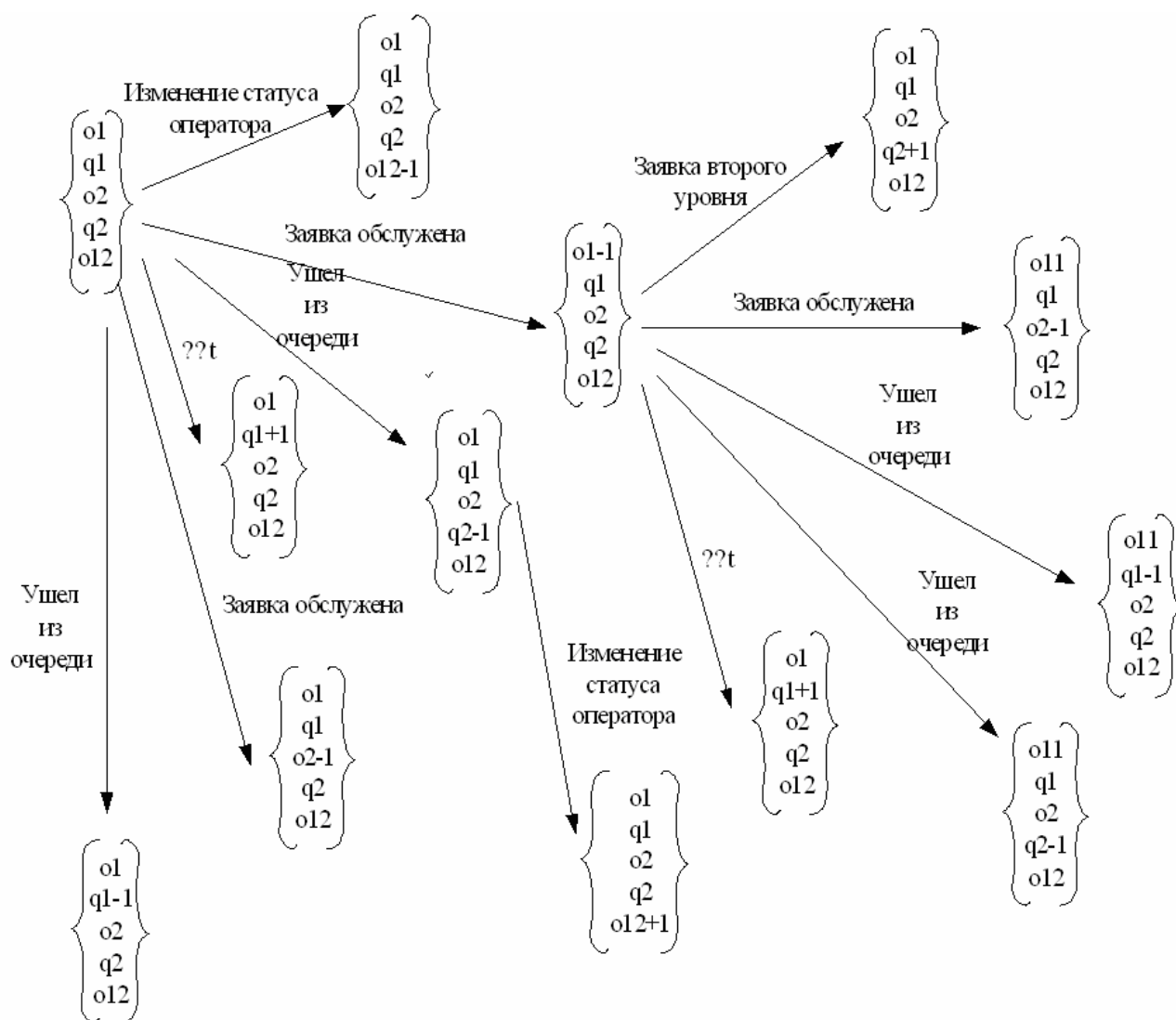


Рисунок 3. Граф состояния справочно-информационной системы

С учетом особенностей функционирования составим систему уравнений, описывающую поведение разрабатываемой модели.

$$\left\{ \begin{array}{l} P(> 0) = \frac{(c\rho)^c}{c!(1-\rho)} p_0 \\ W_n(t) = \int_0^1 W_{n-1}(x) d_x W_0(t-x) = 1 - e^{c\mu t} \sum_{i=0}^n \frac{(c\mu t)^i}{i!} \\ p(n_1, \dots, n_k) = p(0, \dots, 0) \prod_{j=1}^k b(n_j), \\ b(n_j) = \begin{cases} \frac{1}{n_j!} (r_j \rho_j)^{n_j} & n_j < r_j, \\ \frac{1}{r_j!} (r_j \rho_j)^{r_j} (\rho_j)^{n-r_j} & n_j \geq r_j. \end{cases} \\ W = \int_0^\infty t d[1 - P\{\gamma > t\}] = \int_0^\infty P\{\gamma > t\} dt = P_{>0} \int_0^\infty e^{-(\nu\mu - \lambda)t} dt = \frac{P_{>0}}{\nu\mu - \lambda} \\ p(\nu, jk) = \lambda \sum_{k=0}^\infty p(\nu, k) + \sum_{k=0}^\infty k\nu p(\nu, k) + \sum_{j=0}^\nu \sum_{k=0}^\infty j p(j, k) - \lambda \end{array} \right. \quad (1)$$

Первое уравнение в системе определяет вероятность того, что в системе находится  $c$  и более требований, и, следовательно, новое требование, если оно поступит в данный момент, должно будет ожидать:

$$P(> 0) = \frac{(c\rho)^c}{c!(1-\rho)} p_0. \quad (2)$$

Второе уравнение в системе соответствует функции распределения времени ожидания  $(n+1)$ -го требования:

$$W_n(t) = \int_0^1 W_{n-1}(x) d_x W_0(t-x) = 1 - e^{c\mu t} \sum_{i=0}^n \frac{(c\mu t)^i}{i!}, \quad (3)$$

где  $c$  – количество требований;

$\mu$  – интенсивность потока вызовов;

$\lambda$  – плотность вероятности поступления вызовов;

$i$  – число источников заявок.

Третье уравнение позволяет рассчитать две последовательные фазы обслуживания:

$$p(n_1, \dots, n_k) = p(0, \dots, 0) \prod_{j=1}^k b(n_j), \quad (4)$$

$$b(n_j) = \begin{cases} \frac{1}{n_j!} \left( r_j \rho_j \right)^{n_j}, & n_j < r_j, \\ \frac{1}{r_j!} \left( r_j \rho_j \right)^{r_j} (\rho_j)^{n_j - r_j}, & n_j \geq r_j. \end{cases} \quad (5)$$

где  $j$  – число источников повторных вызовов.

Четвертое уравнение определяет выражения среднего времени ожидания (включая «ожидающие» и «неожидающие» вызовы):

$$W = \int_0^{\infty} t d[1 - P\{\gamma > t\}] = \int_0^{\infty} P\{\gamma > t\} dt = P_{>0} \int_0^{\infty} e^{-(v\mu - \lambda)t} dt = \frac{P_{>0}}{v\mu - \lambda}, \quad (6)$$

где  $v$  – параметр потока, создаваемым одним абонентом - источником повторных вызовов;

$\gamma$  – длительность ожидания для поступивших вызовов.

В пятом уравнении, определяющем повторяющиеся попытки, первые два члена учитывают суммарную интенсивность потерянных попыток, третий – интенсивность потока освобождений линий:

$$p(v, jk) = \lambda \sum_{k=0}^{\infty} p(v, k) + \sum_{k=0}^{\infty} k v p(v, k) + \sum_{j=0}^v \sum_{k=0}^{\infty} j p(j, k) - \lambda. \quad (7)$$

Рассмотрение данного вопроса сводится к решению задачи вида  $M/D/N1/LW/M/M/N2/LW$  по классификации Кендалла, когда ограничено время обслуживания заявки на первом этапе.

Первый и пятый символы обозначают вид потока вызовов:  $M$  – простейший поток.

Второй и шестой символы указывают функцию распределения длительности обслуживания:  $D$  – длительность обслуживания постоянна,  $M$  – экспоненциальное распределение длительностей обслуживания.

Третий и седьмой символы соответствуют количеству обслуживающих устройств.

Четвертый и восьмой символы предназначены для указания дисциплины обслуживания:  $LW$  – комбинированная система.

Апробация системы (1) на предельных состояниях верифицирует эту систему и предложенную в работе теорию.

**В четвертой главе** разработана имитационная модель для проведения серии численных экспериментов по определению параметров устойчивой работы системы с целью выявления качественных и количественных параметров. Представлена схема имитационного моделирования СИС (рисунок 4).

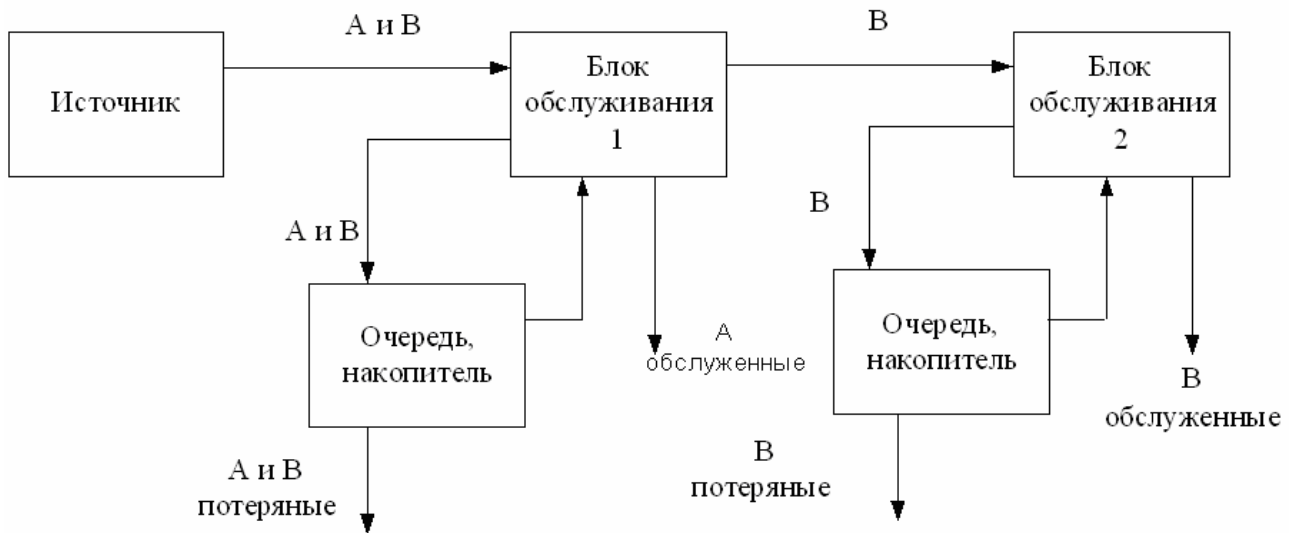


Рисунок 4. Схема имитационного моделирования справочно-информационной системы

Представленная схема состоит из блоков: источник заявок, блок по обслуживанию заявок первого уровня, блок по обслуживанию заявок второго уровня, блок «очередь – накопитель».

Блок – источник заявок. Его назначение – определение случайных моментов времени прихода заявок в систему.

Предусмотрено формирование двух независимых потоков для заявок двух типов  $A$  и  $B$  (зависящих от объема используемых ресурсов) с интенсивностями  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  за единицу времени.

Блок – накопитель (1-я очередь). Заявка попадает в очередь 1, если все каналы уровня 1 заняты. По условию «Свободных каналов нет» фиксируется время прихода, оценивается время ожидания.

Критерии следующие:

1.  $T_{\text{ожидание}}$ , состоящее из среднего времени: обслуживания заявок, находящихся в каналах, и времени заявок, уже стоящих в очереди. Уточнение этого времени было бы слишком жестким условием.

2. Если  $T_{\text{ожидание}} > T_{\text{крит}}$ , то заявка покидает систему.

Суммируется число заявок, получивших отказ.  $T_{\text{крит}}$  подбираем экспериментально, сравнивая с теми данными работы системы, которые можно получить.

3. Если  $T_{\text{ожидание}} < T_{\text{крит}}$ , то заявка встает в очередь. Время, связанное с номером заявки в очереди фиксируется так, чтобы при продвижении очереди можно было корректировать номер. Моделируется время, через которое заявка покидает систему необслуженной (не дождавшись ответа). При достижении модельного времени этого значения заявка уходит; количество ушедших заявок подсчитывается.

Число заявок в очереди корректируется: а) при уходе из очереди, б) при попадании на обслуживание.

Блок обслуживания 1 (первый уровень), где  $N_1$  – число обслуживающих каналов. Заявка попадает в канал из источника, если очереди нет и существует хотя бы один свободный оператор.

При поступлении заявки в канал (напрямую или из очереди) определяется тип заявки ( $A$  или  $B$ ). Заявка  $A$  обслуживается с временем  $t_{\text{к обсл}1}$  и покидает систему. Учитывается число заявок типа  $A$  обслуженных.

Для заявки  $B$  канал 1 является только первой фазой обслуживания со средним временем  $t_{\text{к обсл}2/1}$ . После этого заявки передаются на второй уровень (блок обслуживания 2). Если в блоке 2 нет свободных операторов, то данный канал переходит в состояние канала обслуживания блока 2. Если во втором уровне есть свободный канал, то заявка передается с временем перезаписи  $t_{\text{перезап}}$ .

При поступлении заявки в блок 1 время от поступления сигнала до момента ответа может быть отнесено или к интервалу между заявками, или ко времени обслуживания (статистические экспериментальные данные не могут ответить на этот вопрос). Погрешность модели при любом варианте не увеличивается.

Существует сложный вопрос с поступлением заявки в канал из очереди. Отрезок времени после освобождения канала до прихода заявки из очереди нужно моделировать отдельно либо отнести ко времени обслуживания. Это оправдано, если в реальной системе исключено прохождение заявки напрямую при наличии очереди.

Блок обслуживания 2 (второй уровень): в каналы поступают только заявки  $B$  (после предварительной обработки в блоке 1). Перезапись заявки занимает время  $t_{\text{перезап}}$ , которое моделируется отдельно (равномерное распределение от

(0; 24)). Время обработки показательное, с  $t_{2\text{обсл}}$ , после окончания обслуживания корректируется число заявок типа  $B$ .

Так как количество заявок — число переменное, то изменение происходит или в течение суток, или при «переходе» канала между уровнями (блок обслуживания 1 — блок обслуживания 2), поэтому необходим блок (подпрограмма) регулирования изменений чисел.

Количество каналов регулируется по времени и обмену операторами; текущее модельное время как глобальное изменение «видно» из всех блоков, новые каналы в определенное время подключаются без труда. Отключить канал (при наличии в этот момент свободных каналов) тоже легко. Однако при окончании смены требуется выбор «уходящего канала» (так как в процессе моделирования каналы неразличимы, поскольку все заняты). По обмену операторами — критерий по переходу  $\sigma_1 \rightarrow \sigma_2$  по необходимости (заявка  $B$  обслуживается на уровне 1, на уровне 2 нет свободных операторов; работающий канал становится каналом уровня 2).

Начало моделирования привязано к суточному минимуму интенсивности потоков. Так как заявок поступает мало, то вероятность, что обслуженные, стоящие в очереди заявки не будут учтены, мала.

Точность результатов имитационного моделирования проверяется методом доверительных интервалов.

Расчетные зависимости имитационной модели:

1. На входе поступает поток заявок с интенсивностью

$$\lambda(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t). \quad (8)$$

2. На выходе с учетом двухуровневой системы обслуживания относительная пропускная способность определяется суммой пропускных способностей каждого из уровней:

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (9)$$

Абсолютная пропускная способность системы тоже определяется пропускной способностью каждого из уровней

$$A = A_1 + A_2, \quad (11)$$

$$A = Q_1 \lambda_1(t) + Q_2 \lambda_2(t). \quad (12)$$

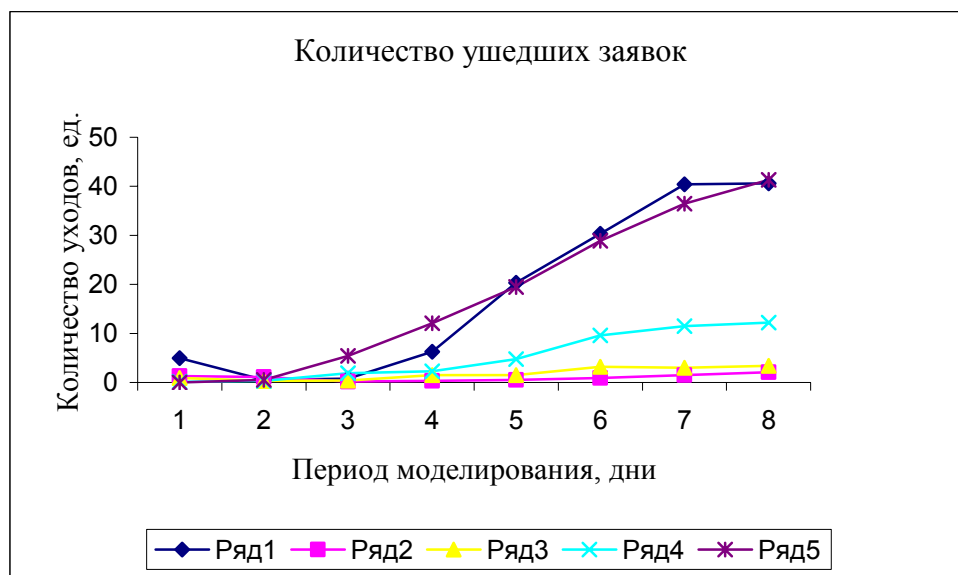


Рисунок 5. Результаты моделирования двухуровневой модели справочной службы  $N = 8$  (ряд 1 –  $n_1 = 8, n_2 = 0$ ; ряд 2 –  $n_1 = 7, n_2 = 1$ ; ряд 3 –  $n_1 = 6, n_2 = 2$ ; ряд 4 –  $n_1 = 5, n_2 = 3$ ; ряд 5 –  $n_1 = 4, n_2 = 4$ )

Таким образом, установлено, что при переводе одного оператора на второй уровень (ряд 2) – для обслуживания «сложных заявок» уменьшает количество ушедших заявок. Когда количество операторов первого и второго уровней одинаково, то получаем зависимости и значения величин подобные при организации одноуровневой СИС.

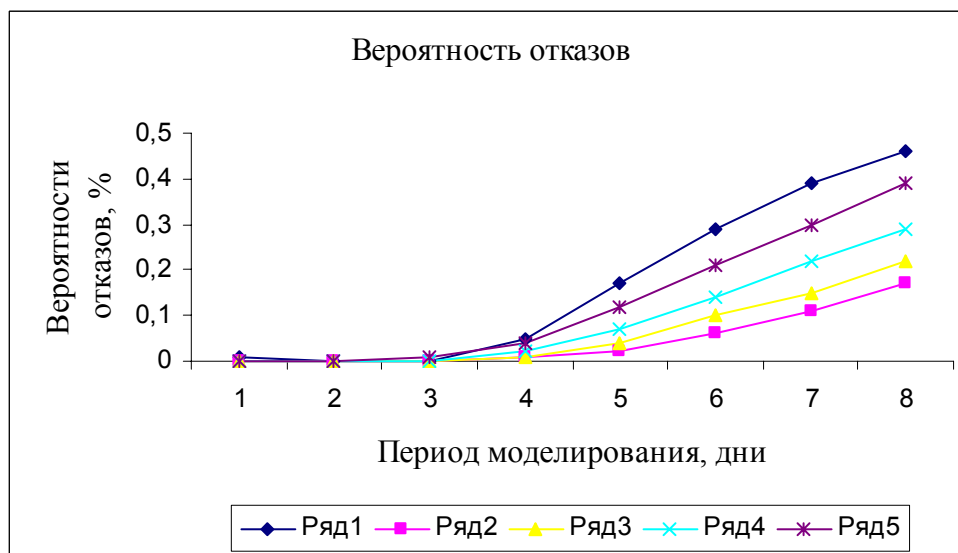


Рисунок 6. Зависимости вероятности отказов при моделировании двухуровневой модели справочной службы,  $N = 8$  (ряд 1 –  $n_1 = 8, n_2 = 0$ ; ряд 2 –  $n_1 = 7, n_2 = 1$ ; ряд 3 –  $n_1 = 6, n_2 = 2$ ; ряд 4 –  $n_1 = 5, n_2 = 3$ ; ряд 5 –  $n_1 = 4, n_2 = 4$ ).



Установлено, что при переводе одного оператора на второй уровень (ряд 2) для обслуживания «сложных заявок», при организации работы справочной службы вокзалов уменьшает вероятность отказов. Когда количество операторов первого и второго уровней одинаково, то получаем зависимости и значения величин, подобные при организации одноуровневой СИС.

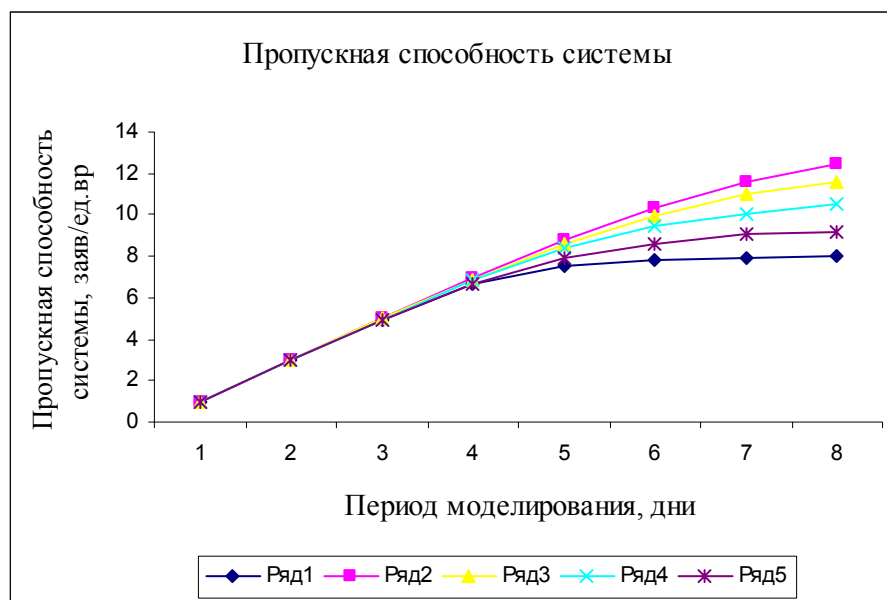


Рисунок 7. Результаты моделирования пропускной способности двухуровневой модели справочной службы вокзал,  $N = 8$  (ряд 1 –  $n_1 = 8, n_2 = 0$ ; ряд 2 –  $n_1 = 7, n_2 = 1$ ; ряд 3 –  $n_1 = 6, n_2 = 2$ ; ряд 4 –  $n_1 = 5, n_2 = 3$ ; ряд 5 –  $n_1 = 4, n_2 = 4$ ).

На основании результатов моделирования установлено, что перевод операторов на второй уровень (ряды 2, 3, 4, 5) для обслуживания «сложных заявок» увеличивает пропускную способность СИС.

### Заключение

В результате проведенного исследования решена научно-практическая задача организации двухуровневой справочно-информационной системы на железнодорожном транспорте, имеющая существенное значение для повышения эффективности функционирования СИС.

Основные результаты диссертации состоят в следующем.

1. Предложена двухуровневая структура справочно-информационной системы на железнодорожном транспорте, время обслуживания заявки, на первом уровне которой ограничено и равно 29 секундам, что позволило сократить в 1,6

раза количество потерянных вызовов по сравнению с СИС одноуровневой структуры.

2. Разработана математическая модель справочно-информационной системы с учетом отраслевых особенностей, решение которой свелось к рассмотрению вопроса её функционирования в классе марковских процессов по классификации Кендалла, вида  $M/D/N1/LW/M/M/N2/LW$ , что позволило рассматривать её структуру как систему.

3. Разработана имитационная модель справочно-информационной системы двухуровневой структуры для проведения численных экспериментов по определению рациональных параметров работы СИС железнодорожного транспорта.

4. Установлено, что при общем количестве операторов равном 8, вероятность отказов в обслуживании при одноуровневой структуре справочно-информационной системы составляет 46%, при двухуровневой структуре – 17%, 22%, 29%, 39% при изменении соотношения количество операторов между первым и вторым уровнем от 7 и 1 до 4 и 4 соответственно.

5. Разработанная методика и модели позволяют проектировать более эффективные и модернизировать существующие справочно-информационные системы на железнодорожном транспорте.

### **Публикации по основным результатам диссертации:**

1. Богданова Е.С. Моделирование работы двухуровневой модели центров обслуживания вызовов. [Текст] // Транспорт Урала. – 2007. – №2. – С. 75 – 78. Входит в перечень ВАК.

2. Богданова Е.С. Исследование имитационной модели корпоративного центра обслуживания вызовов. [Текст] // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. - №4. – Т.4. – С. 30-32. Входит в перечень ВАК.

3. Богданова Е.С. Оптимизация работы справочно-информационной службы железной дороги. [Текст] // Транспорт Урала. – 2008. – №2. – С. 26 – 28. Входит в перечень ВАК.

4. Богданова Е.С. Перспективы использования Call-центров на российских железных дорогах. [Текст] // Международная научно-практическая конференция «Связь-Пром 2004»: Сб. науч. трудов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ. – 2004. – С. 657- 660.

5. Богданова Е.С. Принципы распределения вызовов и организации очередей при устройстве справочных служб. [Текст] // Молодые ученые транспорту: Труды VI межвузовской научно-тех. конф. – Екатеринбург: УрГУПС, 2005. – С. 200 – 203.

6. Богданова Е.С. Обслуживание вызовов в справочно-информационных системах. [Текст] // Теория, техника и экономика сетей связи: Сб. научно-техн. и методических трудов. - Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО СибГУТИ, 2005. – С. 64 – 67.

7. Богданова Е.С. Эффективность использования центров обслуживания вызовов при организации справочных служб. [Текст] / Е.С. Богданова, Д.Г. Неволин // Международная научно-практическая конференция «Связь-Пром 2006»: Сб. науч. трудов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. – С. 381– 384.

8. Богданова Е.С. Методика построения модели центров обслуживания вызовов. [Текст] / Неволин Д.Г., Е.С. Богданова, А.В. Зайцев. // Транспорт Урала. – 2006. – №-4. – С.61 – 66.

9. Богданова Е.С., Анализ работы двухуровневой модели центров обслуживания вызовов. [Текст] / Е.С. Богданова, А.В. Зайцев // Теория, техника и экономика сетей связи: Сб. научно-техн. и методических трудов. – Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО СибГУТИ, 2006. - С. 381 – 384.

10. Богданова Е.С. Человеческий фактор и его оценка в работе справочно-информационной службы. [Текст] // Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России: Материалы международной научно-технической конференции / Под общей редакцией В.М. Сай.- Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та путей сообщения, 2006. – С.477.

11. Богданова Е.С. Учет повторных попыток в работе центров обслуживания вызовов. [Текст] // Международная научно-практическая конференция «Связь-Пром 2007»: Сб. науч. трудов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. – С.398 – 399.

Богданова Елена Сергеевна

Организация двухуровневой справочно-информационной системы на  
железнодорожном транспорте

05.02.22 Организация производства (транспорт)

620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

Издательство УрГУПС

---

Бумага офсетная	Подписано к печати 18.05.09	Усл. печ. л. 1,3
Тираж 100 экз.	Формат 60×84 1/16	Заказ №149

---