

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа  
и автоматического управления

**Системы массового обслуживания с приоритетами и их применение для  
исследования интеграции потоков в мультисервисных сетях**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 481 группы  
направления 27.03.03 – Системный анализ и управление  
факультета компьютерных наук и информационных технологий  
Дворядкина Максима Александровича

Научный руководитель  
к. ф.-м. н., доцент

Е.С. Рогачко

Зав. кафедрой  
к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2018

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Теория систем массового обслуживания (СМО), как раздел теории вероятностей, является эффективным инструментом для анализа и оптимизация различного рода систем: информационно-вычислительных, коммуникационных, производственных, транспортных и других. Основными объектами изучения данного раздела теории вероятностей являются СМО – математические модели дискретных систем. Существует большое количество различных систем массового обслуживания: одноприборная и многоприборная с ожиданием, одноприборная и многоприборная с ограниченной очередью, одноприборная и многоприборная с потерями. По теории массового обслуживания существует большое количество учебной литературы [1-7]. В данной работе рассматриваются одноприборные системы массового обслуживания с приоритетами [8,9].

**Цель бакалаврской работы** – изучение СМО с приоритетами и применение СМО с приоритетами для исследования интеграции потоков в мультисервисных сетях.

В соответствии с поставленной целью определены **следующие задачи:**

1. изучение систем массового обслуживания с приоритетами;
2. разработка алгоритма методов анализа систем массового обслуживания с приоритетами;
3. разработка программы для анализа систем массового обслуживания с приоритетами;
4. проведение исследования мультисервисной сети с интеграцией потоков с использованием СМО с приоритетами.

**Практическая значимость бакалаврской работы.** СМО с приоритетами широко используются в качестве математических моделей реальных систем обслуживания со стохастическим характером функционирования, например, информационно-вычислительных систем, производственных и организационных систем [10-14]. В выпускной квалификационной работе в качестве примера

реальной системы, моделируемой СМО с приоритетами, рассмотрена мульти-сервисная сеть с интеграцией потоков.

**Структура и объём работы.** Бакалаврская работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Общий объём работы – 79 страниц, из них 52 страницы – основное содержание, включая 21 рисунок и 4 таблицы, 27 страниц приложения, список использованных источников информации – 20 наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Первый раздел «Анализ систем массового обслуживания с приоритетами»** посвящён описанию методов анализа систем массового обслуживания с приоритетами.

В подразделе 1.1 описываются типы систем массового обслуживания с приоритетами. Рассматривается одноприборная система массового обслуживания типа  $M/GI/1$ . Требования, поступающие и обслуживаемые в системе, принадлежат одному из  $P$  различных приоритетных классов, обозначаемых через  $p$  ( $p = 1, 2, \dots, P$ ). Предполагается, что чем больше индекс класса, тем выше приоритет этого класса; иначе говоря, требованиям из приоритетного класса  $p$  предоставляется в среднем в той или другой форме преимущественное обслуживание перед требованиями из приоритетного класса  $p - 1$ . Рассматривается только установившийся режим функционирования системы. Требования из приоритетного класса  $p$  образуют пуассоновский поток с интенсивностью  $\lambda_p$ . Время обслуживания каждого требования этого класса выбирается независимо в соответствии с распределением  $B_p(x)$  со средним значением  $\bar{x}_p$ .

Вводятся следующие обозначения:

$$\lambda = \sum_{p=1}^P \lambda_p,$$

$$\bar{x} = \sum_{p=1}^P \frac{\lambda_p}{\lambda} \bar{x}_p,$$

$$\psi_p = \lambda_p \bar{x}_p,$$

$$\psi = \lambda \bar{x} = \sum_{p=1}^P \psi_p.$$

В подразделе 1.2 рассматривается метод вычисления среднего времени ожидания для систем типа  $M/GI/1$  с  $P$  классами требований.

В подразделе 1.3 рассматриваются системы массового обслуживания типа  $M/GI/1$  с относительными приоритетами. В СМО требования устанавливаются в очереди в соответствии с их приоритетами и строго разделяются на этой основе на соответствующие классы. Таким образом, требование, поступающее из приоритетного класса  $p$ , присоединяется к требованиям своего класса и становится за всеми требованиями из класса  $p$  и выше и перед всеми требованиями из класса  $p - 1$  и ниже.

Для рассматриваемых систем получены следующие формулы для вычисления основных стационарных характеристик [11]:

1. Математическое ожидание длительности пребывания в очереди требования из приоритетного класса  $p$

$$W_p = \frac{\sum_{p=1}^P \lambda_p \bar{x}_p^{(2)}}{2(1 - \sigma_p)(1 - \sigma_{p+1})}, p = 1, \dots, P,$$

где  $\bar{x}_p^{(2)}$  - второй момент длительности обслуживания,

$$\sigma_p = \sum_{i=p}^P \psi_i.$$

Предполагается, что  $\sigma_{P+1} = 0$ .

2. Математическое ожидание числа требований из приоритетного класса  $p$  в очереди

$$\bar{Q}_p = \lambda_p W_p, p = 1, \dots, P.$$

3. Математическое ожидание длительности пребывания требования из приоритетного класса  $p$  в системе

$$T_p = W_p + \bar{x}_p, p = 1, \dots, P.$$

4. Математическое ожидание числа требований из приоритетного класса  $p$  в системе

$$\bar{N}_p = \lambda_p T_p, p = 1, \dots, P.$$

В подразделе 1.4 рассматриваются системы массового обслуживания типа  $M/GI/1$  с абсолютными приоритетами и дообслуживанием требований. Требование в процессе обслуживания может быть удалено из прибора и возвращено в очередь при поступлении требования более высокого приоритета. Возвращение на дообслуживание осуществляется при отсутствии в очереди требований более высокого класса. Требование, вытесненное из прибора, при возвращении обслуживается с того места, где оно было прервано.

Для рассматриваемых систем получены следующие формулы для вычисления основных стационарных характеристик [11]:

1. Математическое ожидание длительности пребывания в системе требования из класса  $p$

$$T_p = \frac{\bar{x}_p(1 - \sigma_p) + \sum_{i=p}^P \lambda_i \bar{x}_i^{(2)} / 2}{(1 - \sigma_p)(1 - \sigma_{p+1})}, p = 1, \dots, P.$$

Предполагается, что  $\sigma_{p+1} = 0$ .

2. Математическое ожидание длительности пребывания в очереди требования из приоритетного класса  $p$

$$W_p = T_p - \bar{x}_p, p = 1, \dots, P.$$

3. Математическое ожидание числа требований из приоритетного класса  $p$  в очереди

$$\bar{Q}_p = \lambda_p W_p, p = 1, \dots, P.$$

4. Математическое ожидание числа требований из приоритетного класса  $p$  в системе

$$\bar{N}_p = \lambda_p T_p, p = 1, \dots, P.$$

В подразделе 1.5 приводятся формулировка и решение задачи оптимизации для системы с относительными приоритетами, независимыми от времени.

В подразделе 1.6 описываются примеры приоритетов, зависящих от времени.

В подразделе 1.7 рассматриваются системы типа  $M/GI/1$ , в которых существует плата за место в очереди, формулируется и решается задача оптимизации для таких систем.

**Второй раздел «Алгоритм методов анализа систем массового обслуживания с приоритетами»** посвящён описанию алгоритма методов анализа систем массового обслуживания с приоритетами.

Алгоритм состоит из 6 блоков.

В первом блоке описывается процедура выбора типа приоритетов для системы (относительные, абсолютные приоритеты или система без приоритетов) и типа функции распределения длительностей обслуживания (равномерное, Эрланга, экспоненциальное, нормальное или детерминированное распределение).

Во втором блоке описывается ввод исходных данных (параметров системы) в зависимости от сделанного выбора в блоке 1.

В третьем блоке описывается вычисление характеристик распределения длительностей обслуживания в зависимости от сделанного выбора в блоке 1.

В четвертом блоке описывается процедура проверки условия существования стационарного режима.

В пятом блоке описывается вычисление стационарных характеристик СМО в зависимости от сделанного в блоке 1 выбора типа системы.

В шестом блоке описывается вывод результатов (стационарных характеристик системы).

**Третий раздел «Описание программы для анализа систем массового обслуживания с приоритетами»** посвящён описанию программы для анализа систем массового обслуживания с приоритетами.

В подразделе 3.1 описываются назначение и структура программы. Программа предназначена для вычисления основных стационарных характеристик СМО с приоритетами. Программа написана на языке «1С» версии 8.3 [15-19]. В программе используются элементы 1С-разработки такие, как обработка, перечисления, форма. Приводятся основные идентификаторы классов, используемые в программе: реквизиты для ввода и вывода в программе, основные и вложенные процедуры.

В подразделе 3.2 описываются интерфейс и правила использования программы. Программа имеет оконный интерфейс. Приводятся рисунки с изображениями различных окон программы и описывается инструкция для пользователя по работе с программой.

В подразделе 3.3 приводится пример использования программы для анализа систем массового обслуживания с приоритетами.

**Четвёртый раздел «Исследование интеграции потоков в мультисервисных сетях»** посвящён применению СМО с приоритетами в качестве математических моделей мультисервисных сетей с интеграцией потоков.

В подразделе 4.1 описывается интеграция потоков в мультисервисных сетях и определяются основные параметры сетей. В сети объединяются два вида нагрузки (два потока): критичной к задержке – речи, некритичной к задержке, но требующей надежной доставки пакетов, – данных [20].

В подразделе 4.2 приводятся результаты исследования интеграции потоков в мультисервисной сети с заданными параметрами. Данная реальная система моделируется одноприборной СМО типа  $M/GI/1$  с двумя классами требований.

С помощью программы для анализа СМО с приоритетами вычислены стационарные характеристики системы с приоритетами (относительными и абсолютными) и системы без приоритетов. Как следует из сравнения значений характеристик, с точки зрения передачи речи абсолютные приоритеты лучше относительных, однако, при этом увеличивается задержка передачи данных.

Также проведено исследование зависимости стационарных характеристик от интенсивности входящего потока требований второго класса (передачи речи). Установлено, что с увеличением интенсивности передачи речи возрастают значения всех вычисляемых стационарных характеристик мультисервисной сети.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе представлено описание систем массового обслуживания с приоритетами и методов их анализа. Приведено описание разработанных алгоритма методов анализа и программы для анализа систем массового обслуживания с приоритетами. Программа обеспечивает возможность исследования характеристик СМО рассмотренного класса.

Программа позволяет проводить анализ: систем типа  $M/GI/1$  без приоритетов; систем типа  $M/GI/1$  с относительными приоритетами; систем типа  $M/GI/1$  с абсолютными приоритетами с дообслуживанием требований.

С помощью программы проведено сравнение характеристик СМО с относительными приоритетами и СМО с абсолютными приоритетами. Разработанная программа позволяет решать задачи, связанные с анализом реальных систем, математическими моделями которых являются СМО с приоритетами. В качестве примера реальной системы была рассмотрена мультисервисная сеть с интеграцией потоков.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Назаров, А.А. Теория массового обслуживания / А.А.Назаров, А.Ф.Терпугов. Томск: Издательство Научно-технической литературы, 2004. 229 с.
- 2 Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М.Вишневский. М.: Изд-во «Техносфера», 2003. 506 с.
- 3 Бочаров, П.П. Теория массового обслуживания / П.П.Бочаров, А.В.Печинкин. М.: Изд-во РУДН, 1995. 529 с.



- 4 Митрофанов, Ю.И. Анализ сетей массового обслуживания / Ю.И.Митрофанов. Саратов: Издательство «Научная книга», 2004. 175 с.
- 5 Ивченко, Г.И. Теория массового обслуживания / Г.И. Ивченко. М.: Машиностроение, 1982. 375 с.
- 6 Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания: учебник для вузов / В.Г. Карташевский. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 130 с.
- 7 Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л.Клейнрок под редакцией В.И. Неймана. М.: Машиностроение, 1979, 432 с.
- 8 Джейсоул, Н. Очереди с приоритетами / Н. Джейсоул; под редакцией В.В.Калашникова. Москва: Издательство «Мир», 1973. 280 с.
- 9 Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и её приложения / Т.Л. Саати; под редакцией И.И.Коваленко, Р.Д.Когана. М.: Издательство «Советское радио», 1965. 505 с.
- 10 Бронштейн, О.И. Модели приоритетного обслуживания в информационно-вычислительных системах / О.И.Бронштейн, И.М.Духовный. Москва: Издательство «Наука», 1976. 223 с.
- 11 Клейнрок, Л. Вычислительные системы с очередями. В 2 ч. Ч. 2. / под редакцией Б.Г.Цыбакова. М.: Издательство «Мир», 1979. 600 с.
- 12 Новиков О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А.Новиков, С.И.Петухов. М.: Изд-во Советское радио, 1969. 400 с.
- 13 Башарин, Г.П. Модели для анализа качества обслуживания в сетях связи следующего поколения / Г.П. Башарин, Ю.В. Гайдамака, К.Е.Самуйлов, Н.В. Яркина, М.: Российский университет дружбы народов, 2008. 137 с.
- 14 Гайдамака, Ю.В. Модели обслуживания вызовов в сети сотовой подвижной связи / Ю.В. Гайдамака, Э.Р. Зарипова, К.Е. Самуйлов, М.: Российский университет дружбы народов, 2008. 72 с.
- 15 Радченко, М. Разработка управляемого интерфейса / М.Радченко, Е.Хрусталева, В.Ажеронок, А.Островерх. 1С-Публишинг, 2012. 485 с.
- 16 Хрусталёва, Е. 1С: Прелприятие 8.3. Практическое пособие разработчика / Е.Хрусталёва, М.Радченко. М.: Эксмо, 2016. 928 с.

17 Хрусталёва, Е. 101 совет начинающим разработчикам в системе 1С:Предприятие 8 / Е.Хрусталёва. 1С-Паблишинг, 2015. 343 с.

18 Гончаров, Д. Решение специальных прикладных задач в 1С: Предприятия 8.2 / Д.Гончаров, Е.Хрусталёва. 1С-Паблишинг, 2012. 300 с.

19 Кашаев, С. Программирование в 1С:Предприятие 8.3 / С.Кашаев. Питер, 2015. 230 с.

20 Крылов, В.В. Теория телетрафика и её приложения / В.В.Крылов, С.С.Самохвалова. Санкт-Петербург: Издательство «БХВ-Петербург», 2005. 288 с.