

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# **ТЕОРИЯ ТЕЛЕТРАФИКА**

## **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Направление подготовки  
210700.62 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
Профиль подготовки «Сети связи и системы коммутации»

Бакалавриат

Ставрополь  
2014

УДК 004.7 (075.8)  
ББК 32.973.202 я73  
Б 87

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
Северо-Кавказского федерального  
университета

**Б 87    Теория телетрафика:** учебное пособие / авт.-сост. Н. Ю. Братченко. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. – 177 с.

Пособие составлено с учетом требований ВГОС ВПО и включает теории телетрафика, рассматривает вопросы качества обслуживания в телекоммуникационных системах, анализа систем массового обслуживания, а также представлены примеры задач, решаемые методами теории телетрафика.

Предназначено для студентов, аспирантов, преподавателей и специалистов, интересующихся теорией телетрафика.

УДК 004.7 (075.8)  
ББК 32.973.202 я73

**Автор-составитель**  
канд. физ.-мат. наук *Н. Ю. Братченко*

**Рецензенты:**  
д-р техн. наук, профессор *В. П. Мочалов*,  
д-р техн. наук, профессор *Н. В. Кандаурова*  
(Северо-Кавказский гуманитарно-технический институт)

© Издательство Северо-Кавказского  
федерального университета, 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Стремительно растущий спрос на телекоммуникационные услуги и обмен информацией на фоне быстрого процесса в области электроники, волоконной оптики и вычислительной техники привел к тому, что связь стала одной из наиболее динамичных отраслей инфраструктуры современного общества.

На рубеже XX–XXI веков началась и продолжается конвергенция телекоммуникационных, компьютерных и информационных технологий, а также взаимопроникновение и слияние соответствующих отраслей промышленности.

Теория телетрафика сформировалась в последние годы как самостоятельная научная дисциплина, которая представляет собой набор вероятностных методов решения проблем проектирования новых и эксплуатации действующих систем телекоммуникаций. Под понятием «телетрафик» понимают не только классические телефонные и телеграфные сообщения, но и потоки сообщений в новых информационно-вычислительных и телекоммуникационных сетях. При решении возникающих в указанной отрасли инженерной практики проблем широко используются как аналитические, так и численные методы моделирования. Однако здесь области приложения аналитических методов существенно ограничены из-за сложности моделей современных систем телетрафика. Поэтому в современной теории телетрафика особую актуальность приобретает разработка эффективных численных методов исследования. Специфические особенности различных систем телетрафика усугубляют проблемы разработки универсальных численных методов.

Пособие посвящено освоению важной и современной научной дисциплины – «теории телетрафика», и предназначено для студентов направления подготовки 210700.62 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, а также для инженеров, чья деятельность непосредственно связана с проектированием и эксплуатацией информационных систем и сетей. Оно позволит закрепить знания и навыки в области освоения и применения теории телетрафика.

Предметом теории телетрафика является установление зависимостей между характером потока требований, количеством каналов обслуживания, производительностью отдельного канала и эф-

фективным обслуживанием с целью определения наилучших путей управления этими процессами.

Задача теории телетрафика состоит в установлении зависимости результирующих показателей работы СРИ (например, среднего количества требований, которые обслуживаются; среднего количества требований, которые ожидают обслуживания в очереди и так далее) от входных показателей (количества каналов в системе, параметров входного потока требований и так далее). Результирующими показателями или исследуемыми характеристиками СРИ являются показатели эффективности, которые описывают, способна ли данная система справиться с потоком требований.

Методами теории телетрафика можно решать задачи оптимизации, которые направлены на определение такого варианта системы, при котором будет обеспечен минимум суммарных расходов от ожидания обслуживания, потерь времени и ресурсов на обслуживание, а также простоев каналов обслуживания.

Главным содержанием теории телетрафика является исследование пропускной способности телекоммуникационных систем. Кроме того, методами этой теории разрабатываются новые научно обоснованные методы оценки характеристик качества обслуживания. Теория телетрафика обеспечивает оценку всех параметров телекоммуникационных систем, причем в первую очередь учитывается стохастический (случайный) характер потоков требований, которые поступают к системе на обслуживание.

В предлагаемом учебном пособии в виде 14 тем изложены теоретические основы количественного описания многих понятий, связанных с качеством телекоммуникационных услуг. Каждая тема сопровождается контрольными вопросами, ответив на которые, студенты закрепят приобретенные новые знания по данной дисциплине.

# 1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ТЕЛЕТРАФИКА

---

В данной теме представлен для изучения краткий исторический обзор развития теории телетрафика, дана биография основоположника теории телетрафика, датского математика А. К. Эрланга, также дано определение, предмет и задачи теории телетрафика и примеры задач, исследуемых методами теории телетрафика.

## 1.1. Краткий исторический обзор развития теории телетрафика

Базовые результаты теории массового обслуживания были сформулированы в начале XX века. Основоположителем ее прикладной ветви – **теории телетрафика** – считается датский математик А. К. Эрланг, родившийся в 1878 и умерший в 1929 году. Именно на результаты А. К. Эрланга – как на базовые положения теории массового обслуживания – ссылаются специалисты, занимающиеся подобными исследованиями. В настоящее время теория массового обслуживания, помимо инфокоммуникационных систем, эффективно используется для решения задач торговли, транспорта и других сфер экономической деятельности.



Основы теории телетрафика были заложены в работах А. К. Эрланга в 1908–1918 гг. по исследованию пропускной способности полнодуплексного пучка линий, обслуживающего простейший поток вызовов с потерями и с ожиданием. По видимому, под влиянием статистической механики А. К. Эрланг ввел понятие статистического равновесия и использовал его как теоретическую основу для получения своих широко известных формул для вероятности потерь и ожидания. Он рассматривал входящий поток вызовов от беско-

нечного числа источников при показателем и постоянном времени обслуживания.