

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Института  
проблем управления им. В.А.  
Трапезникова Российской академии наук,  
член-корреспондент РАН



 Д.А. Новиков

» февраля 2015 г.

## ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертацию Кокшенёва Владимира Владимировича «Математические модели процедур управления потоком высоконагруженных транспортных соединений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей**

### **Актуальность темы исследования.**

Диссертационная работа Кокшенёва В.В. посвящена исследованию пропускной способности высоконагруженных транспортных соединений с помощью математического моделирования протокольной логики. Наибольший интерес в данной области имеет задача моделирования процедур управления потоком.

Математическому моделированию транспортного протокола посвящено большое количество работ, но основная часть результатов получена для заметно упрощенной протокольной процедуры, что влияет на точность предсказаний математических моделей, либо не учитываются важные каналные или протокольные параметры, что ограничивает область применения результатов моделирования, либо рассматриваются модели источников пульсирующего трафика.

На основе всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что разработка математических моделей протокола транспортного уровня, позволяющих оценивать пропускную способность транспортных

соединений, является актуальной задачей, так как результаты таких исследований востребованы на практике.

### **Характеристика диссертационной работы по главам.**

Диссертационная работа Кокшенёва В.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и приложения, включающего документы о внедрении. Основной текст работы изложен на 175 страницах, список литературы включает в себя 174 наименования.

Во **введении** описаны актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, цель и основные задачи исследования, а также приведено краткое изложение диссертации по главам.

В **первой главе** рассматривается роль транспортного протокола в сетевом взаимодействии, приводится обзор процедуры управления потоком и стандартизованных алгоритмов управления перегрузкой, проводится анализ существующих методов моделирования и имеющихся моделей транспортного протокола, делаются выводы о направлении исследований.

Во **второй главе** предлагаются модели процедур управления потоком для замкнутых трактов передачи данных в виде цепи Маркова с дискретным временем. При моделировании учтены длина тракта передачи, вероятности потери пакетов, размер окна и длительность тайм-аута ожидания подтверждения. Представлены модели селективной и групповой процедур управления передачей. Получены и проанализированы аналитические выражения пропускной способности транспортного соединения, ее зависимость от протокольных параметров и канальных характеристик.

В **третьей главе** представлена индикаторная модель селективной процедуры управления потоком для открытых трактов передачи данных в виде двумерной цепи Маркова с дискретным временем, позволяющая учесть нагрузку на тракт передачи, создаваемую конкурирующими абонентскими потоками данных, имеющих часть общего пути с исследуемым транспортным соединением. Индикатором нагрузки являются очереди в транзитных узлах тракта. При моделировании учтены распределение

размера очереди, встреченной потоком, длина тракта передачи, вероятности потери пакетов, размер окна и длительность тайм-аута ожидания подтверждения. Получены и проанализированы аналитические выражения пропускной способности транспортного соединения в ряде случаев, ее зависимость от протокольных параметров и канальных характеристик.

В четвертой главе приводятся модели стандартизованных алгоритмов управления перегрузкой. Моделирование выполнено с применением двумерных цепей Маркова с дискретным временем. Модели учитывают режимы медленного старта, обхода перегрузки и быстрого восстановления, селективные и групповые подтверждения, обнаружение потерь сегментов по тайм-ауту и подтверждениям-дублям, время круговой задержки и вероятность потери пакетов между взаимодействующими сторонами. Проводится сравнение предсказаний моделей с результатами натурных измерений. Делаются выводы о точности предсказаний и применимости предложенных методов.

#### **Научная новизна результатов.**

Диссертация содержит новые научные результаты в области математического моделирования транспортного протокола и оценки пропускной способности транспортных соединений. Отличие от ранее известных результатов заключается в следующем:

- впервые предложены модели процедур управления потоком высоконагруженных соединений, обобщающие известные модели и отличающиеся учетом длины тракта передачи и длительности тайм-аута ожидания подтверждения.
- впервые предложена модель селективной процедуры управления передачей, обобщающая известные модели и отличающиеся учетом размера очереди протокольных блоков данных перед потоком исследуемого абонентского соединения.
- впервые предложены модели алгоритмов управления перегрузкой для высоконагруженных транспортных соединений, учитывающие весь

спектр режимов работы процедуры управления передачей, селективные и групповые подтверждения, обнаружение потерь по тайм-аутам и подтверждениям-дублям, а также такие характеристики тракта передачи данных, как время круговой задержки и уровень потери пакетов.

**Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций,** содержащихся в диссертации Кокшенёва В.В., подтверждается строгими математическими выкладками, использованием методов теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории цепей Марков, а также согласованностью результатов моделирования с результатами натурных измерений.

#### **Практическая значимость результатов работы.**

Разработано программное обеспечение, основанное на результатах моделирования и позволяющее прогнозировать среднюю пропускную способность транспортного соединения в зависимости от заданных протокольных параметров и характеристик тракта передачи данных. Результаты диссертационной работы внедрены в компании «Ф5 Нетворкс», а предложенное программное обеспечение используется в процессе тестирования сетевого программного обеспечения комплексов BIG-IP. Также результаты работы внедрены в фирме ООО «Интант» в процесс проектирования сетей передачи данных для обоснования выбора сетевого оборудования и оптимизации его настроек. Кроме того материалы исследований используются в учебном процессе при чтении курса лекций «Математические модели вычислительных систем и компьютерных сетей» в Томском государственном университете. Практическую значимость работы подтверждает поддержка исследований грантом госзадания Минобрнауки РФ на проведение научных исследований в Томском государственном университете № 1.511.2014/К (2014 г.)

#### **Полнота опубликования научных результатов.**

По материалам диссертации опубликовано 26 работ, в том числе 4 статьи в журналах, включенных в Перечень ведущих рецензируемых

научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук (из них 2 статьи в изданиях, входящих в международную базу научного цитирования Scopus), остальные в других научных изданиях.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

1. Переходные вероятности цепей Маркова и пояснения к ним приводятся только в тексте диссертации, а в автореферате дано лишь общее описание, что затрудняет понимание протокольной логики, реализованной в моделях.
2. В главе 2 рассматриваются модели как однозвенных, так и многозвенных трактов, что является избыточным, так как результаты для многозвенных трактов обобщают все результаты, полученные для однозвенных трактов.
3. Формулы, представленные в главе 2, имеют разный размер шрифта.
4. В главе 3 не рассматривается модель групповой процедуры отказа, что не позволяет провести сравнительный анализ результатов для селективных и групповых подтверждений в нагруженном тракте.
5. В главе 3 отсутствует диаграмма цепи Маркова, а представлены только переходные вероятности, что затрудняет понимание.
6. В главе 4 следовало бы дать комментарии по поводу вычислительной сложности разработанного программного обеспечения.
7. В главе 4 отсутствуют детали настройки стеков TCP/IP клиента и сервера, используемых для натуральных измерений пропускной способности транспортных соединений.
8. В главе 4 в секции численных результатов моделирования отсутствует обоснование использования уровня потерь, не превышающего 10%.

#### **Общее заключение.**

Диссертационная работа Кокшенёва В.В. является законченной научно-квалификационной работой, написанной на актуальную тему, отличающаяся научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Результаты работы в достаточной мере апробированы, своевременно

опубликованы, а автореферат полностью отражает содержание диссертации. На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа Кокшенёва В.В. соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, а ее автор, Кокшенёв Владимир Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании секции Ученого совета ИПУ РАН № 3 «Технические средства автоматики и вычислительной техники» от 16 февраля 2015 г., протокол № 03/2/2015.

Отзыв составил:

Заведующий лабораторией № 69  
«Управление сетевыми системами»  
ИПУ РАН, д.т.н., профессор

Вишневский Владимир Миронович



27 февраля 2015 г.

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова Российской академии наук  
117997, ГСП-7, г. Москва, Профсоюзная, 65,  
<http://www.ipu.ru>  
Тел: 7 (495) 334-89-10,  
E-mail: [snv@ipu.ru](mailto:snv@ipu.ru)