

# ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ С КОММУТАЦИЕЙ РАДИОКАНАЛОВ

## PROBABILITY-TIME TECHNIQUE OF QUALITY ANALYSES FOR ESTIMATION AND CAPACITY OF THE DISCRETE SYSTEM COMMUNICATIONS WITH RADIO CHANNEL SWITCHING

**D. Yurkin  
V. Volkogonov  
D. Mulladzhanov**

*Summary.* The improving the quality of service for customer for mobile communication systems is highly relevant problem in today's high level of integration information systems for data transmission. As well known, time and probabilistic characteristics of discrete message transmission systems with call hold are studied in detail. Using of queuing theory give us time- probabilistic characteristics of the call waiting systems. In the case of call blocking systems, the theory of telecommunications provides only a probabilistic characteristics of the blocking of the communication system, depending on the parameters of its channel capacity, the maximum erlang load and its distribution over the service time. The general idea of the paper is to apply a time-probabilistic approach to the estimation and increase of systems for transmitting discrete messages with call blocking.

*Keywords:* erlang theory, telecommunication channel, probabilistic graph, probability of call blocking.

**Юркин Дмитрий Валерьевич**

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский  
государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича  
dvyurkin@yandex.ru

**Волкогонов Владимир Никитич**

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский  
государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

**Мулладжанов Диер Давлат Угли**

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный  
университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-  
Бруевича

*Аннотация.* Вопрос методов повышения качества обслуживания абонентов систем подвижной связи является весьма актуальным в современных высокоинтегрируемых в информационные процессы системах передачи данных. Достаточно давно и хорошо известны, а также детально изучены вероятностно-временные оценки систем передачи дискретных сообщений с удержанием вызова. Применение теории массового обслуживания позволяет дать оценку времени нахождения в очереди исходящего вызова абонента с заданной вероятностью. В случае использования систем с блокированием вызова, теория электросвязи дает только вероятностную оценку блокирования вызова системой связи в зависимости от параметров ее канальной емкости, предельной загрузки и ее распределения по времени обслуживания. Целью работы является изложение вероятностно-временного подхода к оцениванию и повышению эффективности систем передачи дискретных сообщений с блокированием вызова.

*Ключевые слова:* теория Эрланга, канал связи, вероятностный граф, вероятность блокирования вызова.

## Введение

Основными целями использования систем управления качеством в телекоммуникационных системах являются повышение доверия потребителей и расширение инфраструктуры потребления услуг инфокоммуникаций [1,2,3,4,5], а также обеспечение стабильно высокого качества предоставления услуг за счет совершенствования моделей бизнес процессов, внедрения систем управления качеством [6,7]. В РД 45.254–2002 «Сети сотовой подвижной связи. Нормы на показатели качества услуг связи и методики проведения их оценочных испытаний» [8] определены параметры и показатели качества основных и дополнительных услуг, предостав-

ляемых сетями сотовой подвижной связи и методики их оценочных испытаний.

Оценки, используемые при управлении качеством СПДС с ожиданием вызова, основываются на модели Эрланга и позволяют определить такие параметры как:

- ◆ вероятность удержания вызова;
- ◆ вероятность того, что все каналы будут заняты (свободны);
- ◆ вероятность того, что будет занято определенное число каналов;
- ◆ среднее число занятых каналов;
- ◆ вероятность нахождения в очереди удержанного вызова дольше заданного времени;

- ♦ вероятность нахождения в очереди любого вызова дольше заданного времени.

Вероятность нахождения в очереди любого вызова дольше заданного времени принято считать количественной характеристикой качества обслуживания.

В системе с отказами модель Эрланга предполагает следующие оценки:

- ♦ вероятность блокирования вызова;
- ♦ вероятность того, что все каналы будут свободны;
- ♦ среднее число занятых каналов;
- ♦ вероятность того что будет свободно заданное число каналов.

Основной количественной характеристикой качества обслуживания для систем с блокированием вызова является вероятность блокирования.

Нормативная база регуляторов в области связи и телекоммуникаций определяет такой оценочный параметр как доля вызовов, не удовлетворяющих нормативам по величине времени задержки сигнала ответа  $P(T > T_d)$ , и составляет 5% для высокого уровня обслуживания и 2% для низкого уровня обслуживания, при этом параметр  $T_d$  — задержка сигнала ответа, равен 10 с. и 8 с. соответственно.

В случае оценки СПДС с ожиданием вызова, при оценке соответствия, на практике используется вероятность нахождения в очереди любого вызова дольше заданного времени. Однако для СПДС с блокированием вызова модели Эрланга не предполагают аналогичных вероятностных оценок.

Известен изложенный в литературе [9] подход, дающий оценки среднего времени выполнения протокола от вероятности обнаруженной ошибки в канале связи и поиска максимального значения средней вероятности успешного завершения от вероятности обнаруженной ошибки, который основывается на теории вероятностных графов и позволяет оценивать вероятностно-временные характеристики сетей с пакетной передачей данных.

Покажем применение аппарата теории вероятностных графов для анализа вероятностно-временных характеристик СПДС с блокированием вызова.

#### Оценка среднего времени предоставления канала связи

Предположим, что оцениваемая система связи основывается на СПДС с блокированием вызова, причем алгоритм работы корреспондентов таков, что при бло-

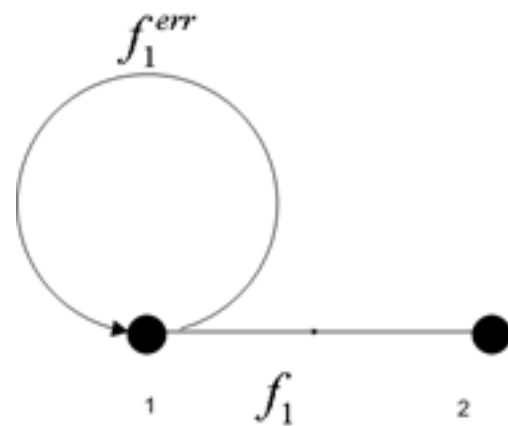


Рис. 1. Вероятностный граф состояний СПДС с блокированием вызова

кировании вызова инициализирующий соединение терминал немедленно повторно формирует следующий вызов до момента успешного соединения.

Среднее время предоставления канала связи  $T_e$  в данной СПДС зависит от среднего количества попыток выполнения вызова, приходящееся на одну успешную, при работе СПДС с блокированием вызова. Обозначим эту величину через  $n$ . Тогда  $T_e$  может быть представлено в виде произведения  $n$  и времени  $T$ , суммарно затрачиваемого на одну попытку формирования вызова  $T_e$ .

Согласно изложенным в [10] подходам представим процесс взаимодействия терминала и оборудования оператора в виде вероятностного графа состояний (рисунок 1).

Данный граф имеет два конечных состояния, определенные как инициализация вызова (вершина 1) установление соединения (вершина 2) и характеризуется производящими функциями переходов:

$f_1^{err}$  — производящая функция формирования, передачи и блокирования вызова;

$f_1$  — производящая функция формирования, передачи и успешной обработки вызова.

Проводящая функция представленного вероятностного графа имеет вид:

$$F = f_1(1 - f_1^{err})^{-1} \quad (1)$$

Проводящие функции переходов определены следующим образом:

$$f_1^{err}(P_b, x) = P_b x^d; \quad (2)$$

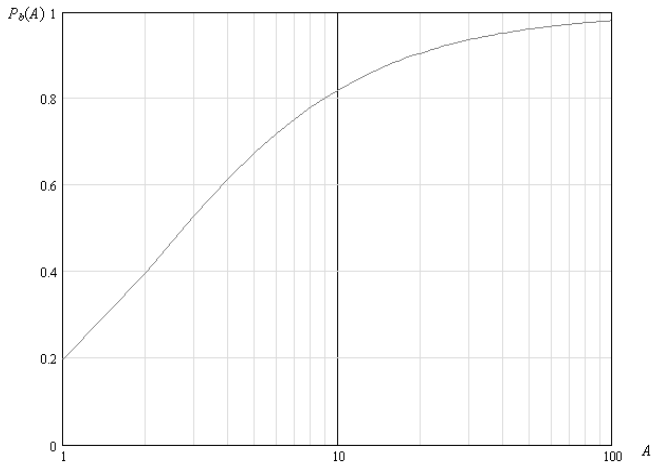


Рис. 2. Зависимость вероятности блокирования от нагрузки



Рис. 3. Зависимость вероятности блокирования и числа каналов

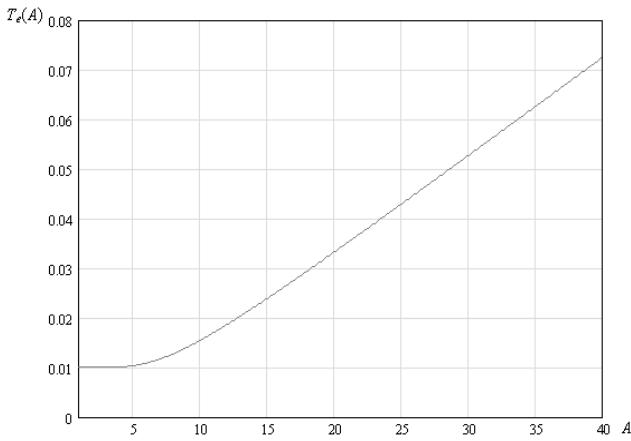


Рис. 4. Зависимость среднего времени предоставления канала связи от нагрузки

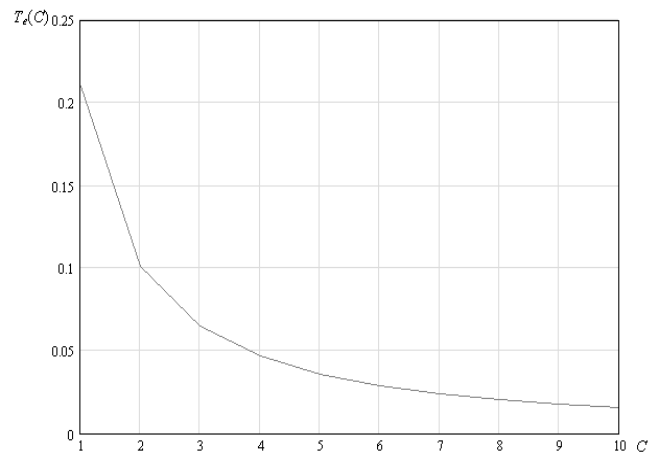


Рис. 5. Зависимость среднего времени предоставления канала связи от числа каналов

$$f_i(P_b, x) = (1 - P_b) x^i; \tag{3}$$

Время  $t$  выполнения перехода между состояниями СПДС складывается из времен формирования передачи и обработки вызова.

Вероятность блокирования вызовов  $P_b$  вычисляется по формуле Эрланга для СПДС с блокированием вызова [11, 12]:

$$P_b(A, C) = \frac{\frac{A^C}{C!}}{\sum_{i=0}^C \frac{A^i}{i!}}, \tag{4}$$

Число каналов  $C$ , является характеристикой каналообразующего и коммутационного оборудования, а  $A$  — это общая нагрузка.

Среднее время предоставления канала связи рассчитывается по формуле:

$$T_e(P_b) = \frac{d}{dx} F(P_b, x) |_{x=1} \tag{5}$$

Общий вид зависимостей вероятности блокирования вызовов от числа каналов и от нагрузки показан на рисунках 2 и 3.

Зависимость среднего времени предоставления канала связи от нагрузки и числа каналов СПДС представлена на рисунках 4 и 5.

Результатом вероятностно-временного моделирования являются зависимости среднего времени предоставления канала связи от нагрузки и числа каналов, используемых в СПДС с блокированием вызова.

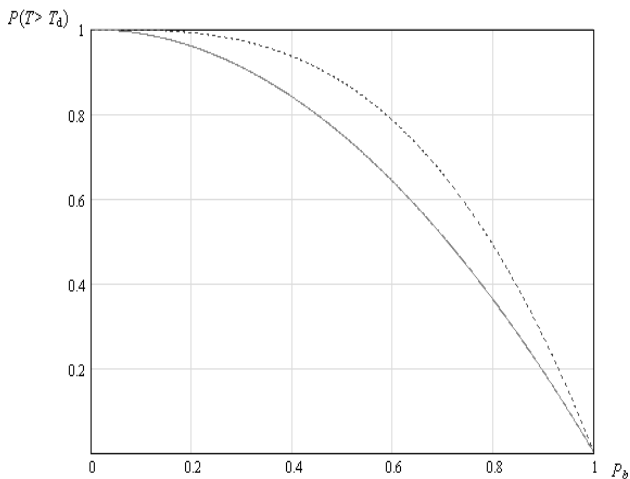


Рис. 6. Зависимость вероятности успешного выполнения вызова в заданное время

Оценка вероятности выполнения успешного вызова в заданное время

В рамках применения вероятностно-временной методики, основывающейся на теории вероятностных графов, качественной характеристикой СПДС может быть принята вероятность успешного выполнения вызова в заданное время  $P(T > T_d)$ .

Нижняя граница вероятности успешного выполнения вызова в заданное время определяется как  $P(T > T_d) \geq 1 - P_b^K$ , где  $K$  — это максимальное количество вызовов в заданный промежуток времени.

Построим зависимость вероятности успешного выполнения вызова в заданное время от вероятности блокирования вызова для времен, соответствующих высокому (сплошная кривая) и низкому уровням (пунктирная кривая) обслуживания (рисунок 6) для нормативов высокого и низкого уровней от вероятности блокирования вызова.

Общий вид зависимостей вероятности успешного выполнения вызова в заданное время от числа каналов и от нагрузки показан на рисунках 7 и 8.

Полученные вероятностные оценки позволяют проанализировать интегральный эффект показателей обслуживания, определяющий степень удовлетворенности пользователя уровнем качества услуг, предоставляемых оператором связи.

## Выводы

В работе был изложен вероятностно-временной подход к оцениванию и повышению эффективно-

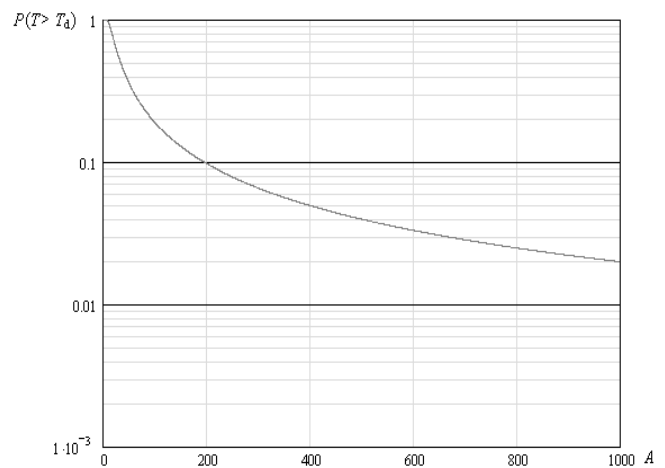


Рис. 7. Зависимость вероятности успешного выполнения вызова в заданное время от нагрузки

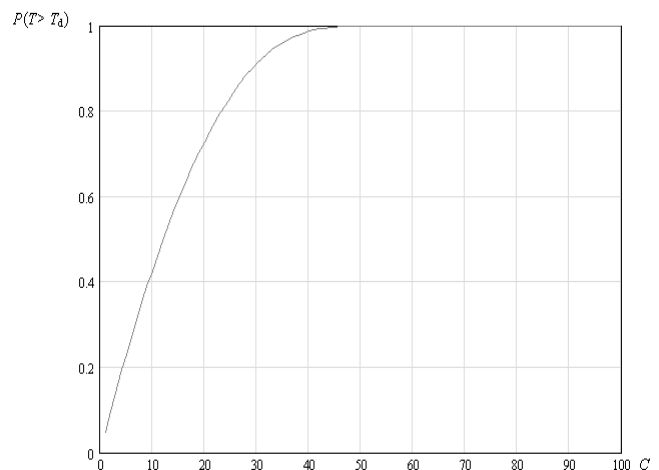


Рис. 8. Зависимость вероятности успешного выполнения вызова в заданное время и числа каналов

сти систем передачи дискретных сообщений с блокированием вызова. Предложен метод получения численных характеристик услуги, полученных путем расчета из параметров качества, которые определяют результат деятельности оператора системы связи по производству услуг связи и обслуживанию пользователей.

Оценка вероятности успешного выполнения вызова в заданное время для систем передачи дискретных сообщений с коммутацией каналов и блокированием вызова получена с учетом незначительной модификации алгоритма работы терминалов и оборудования оператора, заключающегося в автоматическом формировании повторного вызова в случае сброса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников А.А., Биляждинов К.З., Красов А.В., Левин М.В. Контроль, измерение и интеллектуальное управление трафиком. монография / Санкт-Петербург, 2016.
2. Красов А.В., Левин М.В., Штеренберг С.И., Исаченков П.А. Модель управления потоками трафика в программно-определяемой сети с изменяющейся нагрузкой // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 4. С. 70–74.
3. Красов А.В., Левин М.В., Цветков А.Ю. Управление сетями передачи данных с изменяющейся нагрузкой. // Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2015. № 1. С. 141–146.
4. Котенко И.В., Ушаков И.А. Технологии больших данных для мониторинга компьютерной безопасности // Защита информации. Инсайд. 2017. № 3 (75). С. 23–33.
5. Котенко И.В., Кулешов А.А., Ушаков И.А. Система сбора, хранения и обработки информации и событий безопасности на основе средств Elastic Stack. // Труды СПИИРАН. 2017. № 5 (54). С. 5–34.
6. Котенко И.В., Ушаков И.А. Использование технологий больших данных для мониторинга инцидентов информационной безопасности. // В сборнике: Региональная информатика «РИ-2016» Материалы конференции. 2016. С. 168–169.
7. Алейников А.А., Биляждинов К.З., Красов А.В., Кривчун Е.А., Крысанов А.В. Технические аспекты управления с использованием сети интернет // Монография, Санкт-Петербург, 2016.
8. Руководящий документ отрасли РД 45.254–2002 // Сети сотовой подвижной связи. Нормы на показатели качества услуг связи и методики проведения их оценочных испытаний URL: <http://rfcmd.ru/sphider/docs/ser/Normy%20na%20pokazateli%20uslug%20svyazi.htm> (дата обращения 11.09.2018).
9. Никитин В.Н., Юркин Д.В., Улучшение способов аутентификации для каналов связи с ошибками. // Информационно-управляющие системы. № 6. 2010. С. 24–29. 42–46.
10. Юркин Д.В., Никитин В.Н. Анализ протоколов шифрования. Журнал радиоэлектроники. № 4. 2009. <http://jre.cplire.ru/jre/apr09/5/text.html> (дата обращения: 14.09.2018).
11. Ю.Н. Корнышев, А.П. Пшеничников, А.Д. Харкевич — «Теория телетрафика» — учебник для вузов. Москва, издательство «Радио и связь», 1996г, 272 с.
12. Ю.Н. Корнышев, Г.Л. Фань — «Теория распределения информации» — Москва, издательство «Радио и связь», 1985г, 184с.

© Юркин Дмитрий Валерьевич (dvyurkin@yandex.ru),

Волгогонов Владимир Никитич, Мулладжанов Диер Давлат Угли.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

