

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-1-157-168

УДК 654.021

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ СОВМЕСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

Хоборова В.П.

Для предотвращения перегрузок на отдельных участках мультисервисных сетей реализуется управление потоками данных, которое приводит к более равномерному распределению ресурсов и повышению эффективности функционирования сети. При этом задачу выбора маршрутов для отдельных потоков данных (класса трафика) с учетом соблюдения требований к качеству обслуживания (QoS) решают методы инжиниринга трафика. С помощью этих методов стремятся максимально и сбалансировано загрузить все ресурсы сети, чтобы сеть при заданном уровне качества обслуживания обладала как можно более высокой суммарной производительностью. Однако в настоящее время отсутствуют строгие обоснованные решения задачи распределения потоков данных между выбранными маршрутами с учетом возможности дополнительного управления их пропускной способностью. В статье предлагается методика оптимизации распределения потоков данных и пропускной способности используемых каналов (маршрутов) в каждом отдельном информационном направлении при различной согласованности управляющих воздействий на смежных уровнях сетевой архитектуры. Рассматриваются научно-технические предложения по реализации разработанной методики в составе механизмов, реализующих инжиниринг трафика в современных мультисервисных сетях.

Цель – повышение эффективности функционирования мультисервисной сети посредством оптимизации инжиниринга трафика.

Метод или методология проведения работы: в статье использовались аналитические методы решения оптимизационных задач с нелинейной целевой функцией и линейными ограничениями.

Результаты: получены аналитические выражения для оптимального распределения потоков данных и пропускной способности используемых каналов, обеспечивающего минимальные значения показателей задержки, и предложено использование данных выражений в расчетах, выполняемых в механизмах инжиниринга трафика.

Область применения результатов: полученные результаты целесообразно применять в современных мультисервисных сетях, реализующих управление потоками данных посредством инжиниринга трафика с целью повышения эффективности функционирования данных сетей.

Ключевые слова: мультисервисные сети; инжиниринг трафика; совместное управление трафиком и пропускной способностью.

THE METHODS OF TRAFFIC ENGINEERING'S OPTIMIZATION IN CASE OF DATA TRANSFER BY TWO ROUTS

Khoborova V.P.

To prevent congestion in certain sections of multi-service networks, data flow management, which leads to a more proportional distribution of resources and improved network functioning, is implemented. The task of selecting routes for individual data streams (traffic class), taking into account requirements of QoS, is solved by the methods of traffic engineering. With the help of these methods, it is strived to load all the network resources maximally and balanced, so that the network, with a given level of service quality, has high total capacity as much as possible. However, at the present time, there are no rigorous well-founded solutions for the problem of distributing data flows between the selected routes, taking into account the possibility of additional control over their capacity. The article proposes a method for optimizing the

distribution of data flows and the bandwidth of the channels (routes) used in each separate information direction, with different coordination of control actions at adjacent levels of the network architecture. We consider scientific and technical proposals for the implementation of the developed method as part of the mechanisms that implement the traffic engineering in modern multiservice networks.

Purpose: *increasing the efficiency of the multiservice network by optimizing the traffic engineering.*

Methodology *in article analytical methods for solving optimization problems with a non-linear objective function and linear constraints are used.*

Results: *analytical expressions were obtained for the optimal distribution of data flows and bandwidth of the used channels, which provides the minimum values of delay indicators, and the use of these expressions in calculations in the mechanisms of traffic engineering was suggested.*

Practical implications: *the obtained results should be used in modern multiservice networks, which are implemented data flow management through the traffic engineering in order to improve the efficiency of these networks.*

Keywords: *multiservice networks; traffic engineering; combined traffic and throughput management.*

Современные мультисервисные сети связи должны обеспечивать требуемое качество связи при значительных текущих изменениях своего состояния и информационных потребностей абонентов. Традиционный способ обеспечения требований к связи в указанных условиях за счет долговременного избыточного выделения ресурсов пропускной способности сразу в нескольких маршрутах для каждого информационного направления требует слишком больших затрат и с ростом информационных потребностей абонентов становится практически нереализуем.

В то же время, для пакетных сетей, каковыми сейчас фактически являются мультисервисные сети связи, давно известны спо-

собы динамического перераспределения потоков в соответствии с текущим состоянием сети и информационных потребностей абонентов [1, 2]. Однако практическая реализация указанных способов управления сетевыми ресурсами до сих пор осложнялась дополнительными накладными расходами, связанными с необходимостью реализации процедур оперативного контроля состояния сети и входных потоков, а также оперативного служебного обмена. Немаловажным сдерживающим фактором также являлось слабая совместимость разрабатываемых частных протоколов, реализующих указанное управление, с другими сетевыми протоколами и технологиями, на которых строятся современные пакетные сети.

В последние годы появились новые технологии и протоколы, совместимые с популярными пакетными IP-сетями, которые предоставляют удобные механизмы динамического совместного управления потоками данных и пропускной способностью сети, которые принято называть инжинирингом трафика (Traffic Engineering, TE) [3].

Понятие инжиниринга трафика тесно связано с оптимизацией рабочих характеристик сети и включает аспекты улучшения качества обслуживания информационных потоков. Главной целью инжиниринга трафика является достижение эффективной работы сети. Функционирование сети считается эффективным, если каждый ее ресурс загружен, но не перегружен. Это означает, что коэффициент использования ресурса должен приближаться к единице, но не настолько, чтобы очереди пакетов к нему были постоянно большими, приводя к задержкам и потерям из-за переполнения внутренних буферов в маршрутизаторах.

В настоящей статье предлагается методика оптимизации инжиниринга трафика, реализующего пакетную передачу данных в рассматриваемом информационном направлении по двум маршрутам с управляемым разделением трафика (потоков данных) и пропускной способности используемых каналов (канального ресурса), при различной согласованности управляющих воздействий на смежных уровнях сетевой архитектуры. При этом под оптими-

зацией инжиниринга трафика понимается решение задачи оптимального распределения (разделения) долей потоков данных на верхнем уровне и долей канального ресурса на нижнем уровне с учетом относительной инерционности контуров управления на данных уровнях.

В качестве критерия оптимальности разделения потоков данных и канального ресурса могут выступать различные обобщенные показатели качества предоставляемых сетевых услуг и сетевых затрат. При решении подобных задач оптимизации одним из наиболее часто используемых показателей является обобщенный показатель времени задержки (или просто задержки) [1, 2].

В связи с возможным отличием инерционности контуров управления на смежных уровнях сетевой архитектуры особую значимость приобретает получение граничных оценок эффективности оптимального управления распределением информационных потоков между имеющимися каналами (маршрутами) на верхнем уровне и пропускной способности данных каналов на нижнем уровне в условиях быстро изменяющейся обстановки, что особенно актуально для инфокоммуникационных сетей специального назначения [4].

В роли ситуаций, которые характеризуются указанными граничными оценками, в [5, 6] рассматривались три ситуации различной взаимной инерционности и согласованности контуров управления распределением долей $\{a_i\}_n$ потока данных (ПД) на верхнем уровне и долей $\{g_i\}_n$ канального ресурса (КР) на нижнем уровне между $n \geq 2$ маршрутами.

Первая ситуация встречается, когда инерционность контура управления на нижнем уровне намного больше инерционности контура управления на верхнем уровне (или когда топология сети не позволяет перераспределять суммарную пропускную способность между разными каналами/маршрутами). Т.е. фактически управление распределением трафика выполняется только на верхнем уровне путем изменения долей $\{a_i\}_n$ интенсивности потока пакетов при известном (контролируемом) распределении долей $\{g_i\}_n$ пропускной способности каналов на нижнем уровне.

Вторая ситуация встречается, когда инерционность контура управления на верхнем уровне намного больше инерционности контура управления на нижнем уровне (или когда информационная структура трафика фиксирована и не позволяет перераспределять его доли между разными каналами/маршрутами). Т.е. фактически управление распределением трафика выполняется только на нижнем уровне путем изменения долей $\{g_i\}_n$ пропускной способности каналов при известном (контролируемом) распределении долей $\{a_i\}_n$ интенсивности потока пакетов на верхнем уровне.

Третья ситуация встречается, когда инерционности контуров управления на нижнем и на верхнем уровнях соизмеримы (характерно для широкополосных сетей доступа и магистралей с общим динамически распределяемым ресурсом). Т.е. фактически управление распределением трафика выполняется совместно и на верхнем уровне путем изменения долей $\{a_i\}_n$ интенсивности потока пакетов, и на нижнем уровне путем изменения долей $\{g_i\}_n$ пропускной способности каналов. При этом могут возникнуть три варианта взаимодействия этих контуров управления, два из которых соответствуют худшему результату (когда один из контуров управления по какой-то причине приводит не к снижению, а к завышению задержки), а один – лучшему (когда оба контура управления стремятся к снижению задержки).

Для всех трех ситуаций в [5] приведены результаты решения задачи оптимизации распределения трафика и канального ресурса в общем алгоритмическом и частично аналитическом виде для любого числа маршрутов $n \geq 2$, а в [6] приведены соответствующие графические зависимости рассматриваемых обобщенных показателей задержки от распределяемых долей трафика и канального ресурса, а также графические соотношения между оптимальными значениями указанных долей для $n=2$ при различных значениях относительной интенсивности поступающих пакетов $\lambda \in (0, 1)$ (при нормированной суммарной интенсивности обслуживания $\mu = 1$).

В качестве обобщенного показателя задержки T_0 в [5, 6] рассматривались два показателя: среднее $T_{o,sp}$ и наибольшее $T_{o,max}$ время задержки по всем каналам. Первый показатель является наиболее

популярным при решении задач оптимизации маршрутизации и распределения потоков данных в пакетных сетях [1, 2]. Одним из недостатков данного показателя является его нечувствительность к разбросу задержек в отдельных маршрутах. Данного недостатка лишен второй показатель, минимизация которого позволяет выровнять задержки в различных маршрутах [7].

Независимо от выбора обобщенного показателя задержки T_o предполагается известной функциональная зависимость средней задержки $T_i(l_i, m_i)$ в каждом маршруте $i \in [1, n]$ от интенсивности пакетов l_i на его входе и от его пропускной способности m_i (интенсивности обслуживания). Полученные в [5] обобщенные результаты справедливы для случая, когда функциональная зависимость $T_i(l_i, m_i)$ соответствует модели одноканальной системы массового обслуживания (СМО) M/M/1:

$$T_i = 1/(\mu_i - \lambda_i). \quad (1)$$

В рассматриваемом случае наличия только двух маршрутов $n=2$ распределение (разделение) трафика между ними описывается двумя долями $\alpha_1 = \alpha$, $\alpha_2 = 1 - \alpha$, зависящими фактически от одного параметра $\alpha \in [0, 1]$. Аналогичным образом распределение (разделение) канального ресурса между ними описывается двумя долями $\gamma_1 = \gamma$, $\gamma_2 = 1 - \gamma$, зависящими от одного параметра $\gamma \in [0, 1]$. При этом указанные выше обобщенные показатели задержки будут зависеть от управляемых параметров разделения трафика α и канального ресурса γ , а также от нормированной интенсивности пакетов λ , эквивалентной интенсивности нагрузки $\rho = \lambda/\mu$ при $\mu=1$, с учетом зависимости (1) следующим образом:

$$T_o = T_{o,cp} = \alpha/(\gamma - \lambda \cdot \alpha) + (1 - \alpha)/((1 - \gamma) - \lambda \cdot (1 - \alpha)) \quad (2)$$

$$T_o = T_{o,max} = \max(1/(\gamma - \lambda \cdot \alpha), 1/((1 - \gamma) - \lambda \cdot (1 - \alpha))) \quad (3)$$

С учетом введенных управляемых и взаимно наблюдаемых (с различной задержкой) параметров разделения трафика α и канального ресурса γ , контролируемой относительной интенсивности λ , а также двух обобщенных показателей задержки $T_{o,cp}$ и (2) и T_{max} (3)

предлагаемая методика оптимизации инжиниринга трафика представлена далее в виде определенных действий по выбору (расчету) оптимальных значений указанных параметров α^* и γ^* , при которых достигается минимум обобщенных показателей задержки $T_{o.cp.}^*$ и $T_{o.max}^*$ с учетом контролируемых параметров λ , γ и α для каждой из рассмотренных выше ситуаций.

Все приведенные далее по тексту функциональные зависимости в аналитическом виде представлены в таблице 1.

В первой ситуации оптимальное управление распределением трафика предполагает преобразование контролируемых значений параметров λ и γ в зависимости от выбранного критерия эффективности (обобщенного показателя задержки) в оптимальное значение управляемого параметра $\alpha_{cp.1}^*(\lambda, \gamma)$, который обеспечивает минимальное значение обобщенного показателя средней задержки $T_{o.cp.1}^*(\lambda, \gamma)$, или параметра $\alpha_{max.1}^*(\lambda, \gamma)$, который обеспечивает минимальное значение обобщенного показателя максимальной задержки $T_{o.max.1}^*(\lambda, \gamma)$.

Во второй ситуации оптимальное управление распределением канального ресурса предполагает преобразование контролируемых значений параметров λ и α в зависимости от выбранного критерия в оптимальное значение управляемого параметра $\gamma_{cp.2}^*(\lambda, \alpha)$, который обеспечивает минимальное значение обобщенного показателя средней задержки $T_{o.cp.2}^*(\lambda, \alpha)$, или параметра $\gamma_{max.2}^*(\lambda, \alpha)$, который обеспечивает минимальное значение обобщенного показателя максимальной задержки $T_{o.max.2}^*(\lambda, \alpha)$.

В третьей ситуации оптимальное управление распределением трафика и канального ресурса предполагает преобразование контролируемого значения параметра λ в зависимости от выбранного критерия в оптимальные значения управляемых параметров $\alpha_{cp.3}^*$ и $\gamma_{cp.3}^*$, которые обеспечивают минимальное значение обобщенного показателя средней задержки $T_{o.cp.3}^*(\lambda)$, или параметров $\alpha_{max.3}^*$ и $\gamma_{max.3}^*$, которые обеспечивают минимальное значение обобщенного показателя максимальной задержки $T_{o.max.3}^*(\lambda)$. Описанное оптимальное управление соответствует варианту наилучшего взаимодействия контуров управления на обоих уровнях.

Первому варианту худшего взаимодействия в третьей ситуации соответствует в зависимости от выбранного критерия задание управляемого параметра $\gamma^*_{cp.31}$, при котором обеспечивается максимальное значение минимального обобщенного показателя средней задержки $T^*_{o.cp.31}(\lambda) = T^*_{o.cp.1}(\lambda, \gamma^*_{cp.31})$ при задании управляемого параметра $\alpha^*_{cp.1}(\lambda, \gamma^*_{cp.31})$, или параметра $\gamma^*_{max.31}$, при котором обеспечивается максимальное значение минимального обобщенного показателя максимальной задержки $T^*_{o.max.31}(\lambda) = T^*_{o.max.1}(\lambda, \gamma^*_{max.31})$ при задании управляемого параметра $\alpha^*_{max.1}(\lambda, \gamma^*_{max.31})$.

Таблица 1.

Функциональные зависимости, характеризующие оптимальные решающие правила и достигаемые при этом экстремальные (минимальные) значения обобщенных показателей задержки

Критерий $\min T_{o.cp}$	Критерий $\min T_{o.max}$
Ситуация 1	
$\alpha^*_{cp.1} = \begin{cases} 0, & (\gamma < 0.5) \cap (\lambda < \lambda_0(\gamma)) \\ \alpha^{**}_{cp}(\lambda, \gamma), & (\gamma = 0.5) \cup (\lambda \geq \lambda_0(\gamma)), \\ 1, & (\gamma > 0.5) \cap (\lambda < \lambda_0(\gamma)) \end{cases}$ <p>где</p> $\alpha^{**}_{cp}(\lambda, \gamma) = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[\gamma - \frac{(1-\lambda) \cdot \sqrt{\gamma}}{\sqrt{\gamma} + \sqrt{1-\gamma}} \right],$ $\lambda_0(\gamma) = \begin{cases} 1-\gamma - \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{1-\gamma}, & \gamma \leq 0.5 \\ \gamma - \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{1-\gamma}, & \gamma > 0.5 \end{cases}$ $T^*_{o.cp.1} = \begin{cases} \frac{1}{1-\gamma-\lambda}, & (\gamma < 0.5) \cap (\lambda < \lambda_0(\gamma)) \\ T^{**}_{o.cp}(\lambda, \gamma), & (\gamma = 0.5) \cup (\lambda \geq \lambda_0(\gamma)), \\ \frac{1}{\gamma-\lambda}, & (\gamma > 0.5) \cap (\lambda < \lambda_0(\gamma)) \end{cases}$ <p>где</p> $T^{**}_{o.cp.1}(\lambda, \gamma) = \frac{(\sqrt{\gamma} + \sqrt{1-\gamma})^2 - 2 \cdot (1-\lambda)}{\lambda \cdot (1-\lambda)}$	$\alpha^*_{max.1} = \begin{cases} 0, & (\gamma < 0.5) \cap (\lambda < \lambda_m(\gamma)) \\ \alpha^{**}_{max}(\lambda, \gamma), & (\gamma = 0.5) \cup (\lambda \geq \lambda_m(\gamma)), \\ 1, & (\gamma > 0.5) \cap (\lambda < \lambda_m(\gamma)) \end{cases}$ <p>где</p> $\alpha^{**}_{max}(\lambda, \gamma) = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[\gamma - \frac{(1-\lambda)}{2} \right],$ $\lambda_m(\gamma) = \begin{cases} 1-2 \cdot \gamma, & \gamma \leq 0.5 \\ 2 \cdot \gamma - 1, & \gamma > 0.5 \end{cases}$ $T^*_{o.max.1} = \begin{cases} \frac{1}{1-\gamma-\lambda}, & (\gamma < 0.5) \cap (\lambda < \lambda_m(\gamma)) \\ \frac{2}{1-\lambda}, & (\gamma = 0.5) \cup (\lambda \geq \lambda_m(\gamma)), \\ \frac{1}{\gamma-\lambda}, & (\gamma > 0.5) \cap (\lambda < \lambda_m(\gamma)) \end{cases}$

Ситуация 2	
$\gamma_{cp.2}^*(\lambda, \alpha) = \lambda \cdot \alpha + \frac{(1-\lambda) \cdot \sqrt{\alpha}}{\sqrt{\alpha} + \sqrt{1-\alpha}}$ $T_{o.cp.2}^*(\lambda, \alpha) = \frac{(\sqrt{\alpha} + \sqrt{1-\alpha})}{1-\lambda}$	$\gamma_{max.2}^*(\lambda, \alpha) = \alpha \cdot \lambda - \frac{\lambda}{2} + \frac{1}{2}$ $T_{o.max.2}^*(\lambda, \alpha) = \begin{cases} 1/(1-\lambda), & (\alpha = 0) \cup (\alpha = 1) \\ 2/(1-\lambda), & 0 < \alpha < 1 \end{cases}$
Ситуация 3	
Вариант наилучшего взаимодействия	
$(\alpha_{cp.3}^* = \gamma_{cp.3}^* = 0) \cup (\alpha_{cp.3}^* = \gamma_{cp.3}^* = 1)$ $T_{o.cp.3}^*(\lambda) = 1/(1-\lambda)$	$(\alpha_{max.3}^* = \gamma_{max.3}^* = 0) \cup (\alpha_{max.3}^* = \gamma_{max.3}^* = 1)$ $T_{o.max.3}^*(\lambda) = 1/(1-\lambda)$
Варианты наихудшего взаимодействия	
$\gamma_{cp.31}^* = 0.5, \quad \alpha_{cp.31}^* = \alpha_{cp.1}^*(\lambda, \gamma_{cp.31}^*) = 0.5,$ $T_{o.cp.31}^*(\lambda) = 2/(1-\lambda).$ $\alpha_{cp.32}^* = 0.5, \quad \gamma_{cp.32}^* = \gamma_{cp.2}^*(\lambda, \alpha_{cp.32}^*) = 0.5,$ $T_{o.cp.32}^*(\lambda) = 2/(1-\lambda).$	$\gamma_{max.31}^* = 0.5, \quad \alpha_{max.31}^* = \alpha_{max.1}^*(\lambda, \gamma_{max.31}^*) = 0.5$ $T_{o.max.31}^*(\lambda) = 2/(1-\lambda).$ $\alpha_{max.32}^* = 0.5, \quad \gamma_{max.32}^* = \gamma_{max.2}^*(\lambda, \alpha_{max.32}^*) = 0.5,$ $T_{o.max.32}^*(\lambda) = 2/(1-\lambda).$

Второму варианту худшего взаимодействия в третьей ситуации соответствует в зависимости от выбранного критерия задание управляемого параметра $\alpha_{cp.32}^*$, при котором обеспечивается максимальное значение минимального обобщенного показателя средней задержки $T_{o.cp.32}^*(\lambda) = T_{o.cp.2}^*(\lambda, \alpha_{cp.32}^*)$ при задании управляемого параметра $\gamma_{cp.2}^*(\lambda, \alpha_{cp.32}^*)$, или параметра $\alpha_{max.32}^*$, при котором обеспечивается максимальное значение минимального обобщенного показателя максимальной задержки $T_{o.max.32}^*(\lambda) = T_{o.max.2}^*(\lambda, \alpha_{max.32}^*)$ при задании управляемого параметра $\gamma_{max.2}^*(\lambda, \alpha_{max.32}^*)$.

Предлагаемая методика оптимизации инжиниринга трафика при передаче данных в одном направлении по двум маршрутам с учетом различной инерционности и согласованности управляющих воздействий на смежных уровнях сетевой архитектуры опирается на полученные простые аналитические зависимости, которые алгоритмически обобщаются на более общий случай передачи данных в нескольких направлениях по большему количеству маршрутов и которые предлагается использовать в составе вычислительных процедур и других механизмов, реализующих инжиниринг трафика в современных мультисервисных сетях.

Список литературы

1. Бертсекас Д., Галагер Р. Сети передачи данных. М.: Мир, 1989. 544 с.
2. Лазарев В.Г., Лазарев В.Ю. Динамическое управление потоками информации в сетях связи. М.: Радио и связь, 1983. 216 с.
3. Rui Valadas Paulo Salvador. Traffic Management and Traffic Engineering for the Future Internet. First Euro-NF Workshop, FITraMEn 2008. Porto, Portugal, December 2008.
4. Долматов Е.А., Марченков А.А., Трубников Д.О., Шинкарев С.А. Особенности построения современных систем оперативно-технического управления инфокоммуникационной сетью специального назначения // Сб. науч. статей V МНТ и НМК «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». СПб: СПбГУТ, 2016. С. 221–225.
5. Одоевский С.М., Яровикова О.В. Оптимизация управления распределением трафика на смежных уровнях сетевой архитектуры // Сб. науч. статей III МНТ и НМК «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». 25–26 февр. 2014 г. СПб: СПбГУТ, 2014. С. 323–328.
6. Одоевский С.М., Кочешков А.К., Хоборова В.П. Оптимизация инжиниринга трафика на смежных уровнях сетевой архитектуры // Сб. науч. статей VI МНТК «Современное состояние и перспективы развития систем связи и РТО в управлении авиацией». Воронеж, 2017. С. 138–142.
7. Лемешко А.В., Вавенко Т.В. Разработка и исследование потоковой модели адаптивной маршрутизации в программно-конфигурируемых сетях с балансировкой нагрузки // Управление, вычислительная техника и информатика. Доклады ТУСУРа. № 3 (29). 2013. С. 100–108.

References

1. Bertsekas D., Galager R. *Seti peredachi dannykh* [Data transmission networks]. M.: Mir, 1989. 544 p.
2. Lazarev V.G., Lazarev V.Yu. *Dinamicheskoe upravlenie potokami informatsii v setyakh svyazi* [Dynamic control of information flows in communication networks]. M.: Radio i svyaz', 1983. 216 p.

3. Rui Valadas Paulo Salvador. Traffic Management and Traffic Engineering for the Future Internet. First Euro-NFWorkshop, FITraMen 2008. Porto, Portugal, December 2008.
4. Dolmatov E.A., Marchenkov A.A., Trubnikov D.O., Shinkarev S.A. *Sb.nauch.statey VMNT i NMK «Aktual'nye problemy infotelekomunikatsiy v nauke i obrazovanii»* [Actual problems of information and telecommunications in science and education]. SPb: SPbGUT, 2016, pp. 221–225.
5. Odoevskiy S.M., Yarovikova O.V. *Sb. nauch. sta-tey III MNT i NMK «Aktual'nye problemy infotelekomunikatsiy v nauke i obrazovanii».* 25-26 fevr. 2014 [Actual problems of information telecommunications in science and education]. SPb: SPbGUT, 2014, pp. 323–328.
6. Odoevskiy S.M., Kocheshkov A.K., Khoborova V.P. *Sb. nauch. statey VI MNTK «Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya sistem svyazi i RTO v upravlenii aviatsiey»* [Current state and prospects of development of communication systems and RTO in aviation management]. Voronezh, 2017, pp. 138–142.
7. Lemeshko A.V., Vavenko T.V. *Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informa-tika. Doklady TUSURa.* № 3 (29). 2013, pp. 100–108.

ДАНИЕ ОБ АВТОРЕ

Хоборова Вера Петровна, адъюнкт кафедры «Сетей связи систем коммутации»

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза

С.М. Буденного

пр-т Тихорецкий, 3, г. Санкт-Петербург, 194064, Российская

Федерация

khoborova.vera@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Khoborova Vera Petrovna, Doctoral Student of the Department «Communication Networks of Switching Systems»

Military Academy of Communications

3, Tikhoretsky ave., Saint-Petersburg, 194064, Russian Federation

khoborova.vera@yandex.ru

SPIN-code: 6502-1985