



Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

N. S. Maltseva, Improving service quality in IPTV networks, *Vestn. Astrakhan State Technical Univ. Ser. Management, Computer Sciences and Informatics*, 2019, Number 1, 79–86

DOI: 10.24143/2072-9502-2019-1-79-86

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use

<http://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.9.172

February 14, 2025, 08:29:55



DOI: 10.24143/2072-9502-2019-1-79-86  
УДК 621.395.74

## РЕЗЕРВИРУЕМАЯ КОММУТАЦИОННАЯ СИСТЕМА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПОИСКОМ ДЛЯ СЕТЕЙ IPTV<sup>1</sup>

*Н. С. Мальцева*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация*

Технические достижения последних лет позволяют передавать видео по сетям IP с приемлемым качеством. Одной из главных проблем в предоставлении услуг по сетям IP являются потери пакетов в моменты массового переключения каналов и, как следствие, ухудшение качества передаваемой информации. Цель работы – повышение качества обслуживания в сетях IPTV, надежности коммуникационного поля путем применения в IP-коммутаторах резервируемого коммутационного поля с параллельной настройкой, наличие которого обеспечивает режим разделения нагрузки при работе в штатном режиме и позволяет избежать выхода сети из строя во время пиковых нагрузок. Приводятся структурная схема и алгоритм работы IP-коммутатора. Его применение позволяет увеличить скорость обработки данных головной станцией IPTV. Особенность режима распределения нагрузки в том, что обслуживание одного и того же потока данных на различных этапах может выполняться разными коммутационными полями. Приведена формализованная модель коммутатора с параллельным поиском. В настоящее время современные коммутационные системы не позволяют проводить настройку параллельными методами и совмещать передачу информации с настройкой системы.

**Ключевые слова:** сети IP, коммутатор, коммутационное поле, параллельный поиск, параллельный идентификатор, поток данных, параллельная настройка.

**Для цитирования:** *Мальцева Н. С.* Резервируемая коммутационная система с параллельным поиском для сетей IPTV // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 1. С. 79–86. DOI: 10.24143/2072-9502-2019-1-79-86.

### **Введение**

Среднестатистический человек с помощью зрения получает 70–90 % всей информации об окружающем мире, поэтому услуги, связанные с передачей видео, активно развиваются. Появление и широкое распространение сетей IP, являющихся универсальным способом передачи цифровой информации, позволили передавать по ним видео- и аудиоинформацию хорошего качества. Эта технология получила название IPTV. Благодаря использованию сетей IP также появилась возможность получать информацию от зрителя, позволяя ему участвовать в формировании просматриваемого контента, сетки вещания и т. п. Самой главной сложностью в предоставлении видео по сетям IP является недостаток скорости соединения со зрителем, вследствие чего случаются неполадки в процессе передачи информации [1]. Очень часто сами пользователи, переключая каналы, лавинообразно увеличивают нагрузку на сеть, что приводит к резкому ухудшению качества передаваемого видео. Для решения этой проблемы предлагается применять в качестве коммутатора головной станции IPTV резервируемый коммутатор с параллельным поиском свободных каналов данных [2]. В работе рассмотрены структурная схема и алгоритм работы такого коммутатора.

### **Проблемы массового внедрения технологии IPTV**

Развитие технологии IPTV проходит через ряд проблем и трудностей различного характера – как технического, так и экономического.

К техническим проблемам можно отнести недостаточную развитость сети каналов передачи данных, недостаточную пропускную способность большей части имеющихся каналов и коммутаторов (даже сжатые видеоданные требуют относительно высокой пропускной способности сети), существенную неравномерность трафика в сетях связи; необходимость повышения эффективности компрессии видео и звука, ограниченность интеграции с другими видами мультимедийной информации, наличие лавинообразных перегрузок сети в моменты массового переключения каналов пользователями.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-37-00059 мол\_а.

В процессе внедрения сетей IPTV появилось явление, которое получило название «спираль коллапса». Это явление возникает в результате массового переключения каналов пользователями, при котором сеть испытывает перегрузки и резко ухудшается качество передаваемой видеoinформации. В результате пользователи продолжают переключать каналы, нагрузка на оборудование лавинообразно возрастает, в результате чего вся сеть IPTV работает нестабильно.

При неправильных настройках системы маршрутизации, больших задержках в коммутационных устройствах либо при любых нарушениях в работе транспортной сети по обслуживанию трафика услуга IPTV не просто может дать сбой, но и вызвать нарушения работы всей транспортной сети, включая компоненты VoIP и передачи данных.

### Особенности коммутаторов головных станций компьютерной сети IPTV

Головная станция IPTV является ядром сети и включает оборудование для коммутации видео- и аудиосигналов от разных источников (рис. 1).



Рис. 1. Функции головного IP-коммутатора: КП – коммутационное поле

Повысить надежность коммутационного поля (КП) и уменьшить скорость обработки данных можно применением резервирования самого КП или его отдельных блоков. В случае выхода из строя основного КП входные сигналы поступают на резервное КП, при работе в штатном режиме резервное КП обеспечит режим разделения нагрузки, что позволит избежать выхода сети из строя во время пиковых нагрузок («спирали коллапса»).

### Параллельный поиск свободных выходов коммутатора

Применение параллельного поиска свободных каналов данных в резервируемом IP-коммутаторе позволит уменьшить время настройки системы и повысить ее надежность. Алгоритм поиска свободных каналов данных представляет собой вычисление номеров входов в коммутационные элементы всех звеньев коммутационной системы (КС) и состоит из нескольких этапов [3]:

- 1) формируется массив данных, содержащий сведения о состоянии коммутационной системы;
- 2) массив проверяется на наличие в одной строке элементов с одинаковым значением  $b$  и  $p$ . Если такой элемент находится, то проверяется вторая матрица и т. д.;
- 3) если находится свободный коммутационный элемент, то программа формирует параллельный идентификатор и информация передается через найденный путь;
- 4) контроллеры обмениваются информацией об изменениях состояний массивов и передают параллельные идентификаторы в коммутационную систему.

Разработанный алгоритм представлен на рис. 2.

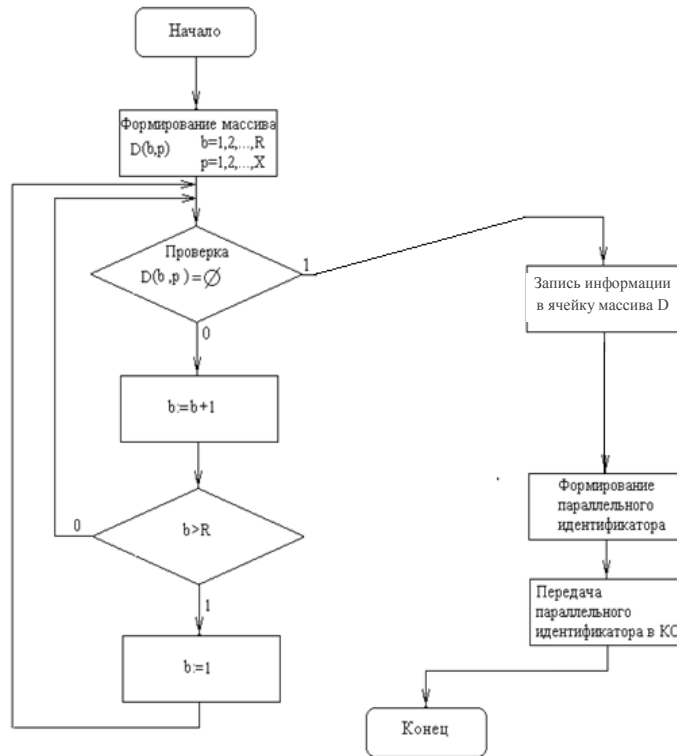


Рис. 2. Алгоритм работы резервируемого матричного коммутатора с параллельной настройкой

Особенность режима разделения нагрузки: обслуживание одного и того же потока данных на различных этапах может выполняться разными КП [3].

В результате реализации данного алгоритма в КС подается параллельный идентификатор, состоящий из номеров коммутационных блоков всех каскадов, кроме выходного, и номера входа в коммутационный блок входного каскада.

### Структурная схема коммутатора с полным резервированием

Для повышения эффективности функционирования сетей IPTV необходимо обеспечить надежность работы устройств сети. Рассмотрим вопрос повышения надежности матричного коммутатора за счет полного резервирования коммутационной матрицы (КМ).

На рис. 3 показана структурная схема коммутатора с полным резервированием.

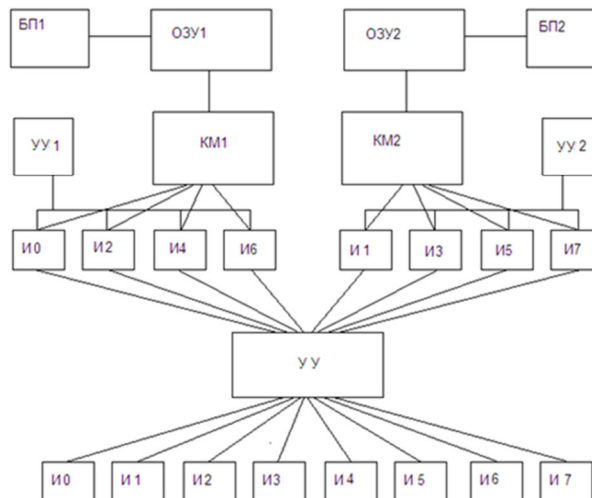


Рис. 3. Структура резервируемого коммутатора головной станции IPTV:

УУ – устройства управления; ОЗУ – память; БП – блоки питания; И0–И7 – информационные шины

Предполагается, что в случае работы устройства в штатном режиме КМ работают в режиме разделения нагрузки. В случае выхода из строя одного из элементов КМ резервная матрица принимает входящую нагрузку на себя. Вызовы поступают в пачечном режиме.

Режим разделения нагрузки предполагает, что при превышении допустимого размера очереди в буфере коммутатора пакеты начинают передаваться с чередованием через основную и резервную матрицу.

В случае установки двух модулей в коммутатор КМ этих модулей работают в режиме распределения нагрузки и резервирования.

В случае отказа одной из КМ потоки данных переключаются на другую матрицу менее чем за 1 секунду, причем отказ матрицы совершенно прозрачен для пользователей, будут потеряны только те данные, которые находились в буферах матрицы во время ее отказа.

Для оптимизации потоков данных, увеличения производительности и минимизации последствий отказа КМ предлагается разносить поступающие пакеты так, чтобы потоки данных равномерно распределялись между двумя матрицами. Например, если необходимо к 8-порто-вому модулю подключить 4 линии, рекомендуется эти линии подключить не к портам 1, 2, 3 и 4, а к портам 1, 2, 7 и 8. При таком подключении поток данных будет разделен между матрицей 1 и матрицей 2.

Каждая матрица коммутации работает в режиме параллельного поиска свободных каналов связи [4, 5]. Метод параллельного поиска не применялся ранее в системах с резервированием. Применение этого метода позволит уменьшить время установления соединения внутри КМ.

При расчете отказоустойчивости и производительности КМ на коммутаторе стоит учитывать, что при отказе одной из КМ полная производительность коммутатора падает в два раза.

**Разработка алгоритма работы матричного коммутатора с параллельным поиском и полным резервированием коммутационной матрицы**

Алгоритм работы коммутатора представлен на рис. 4.

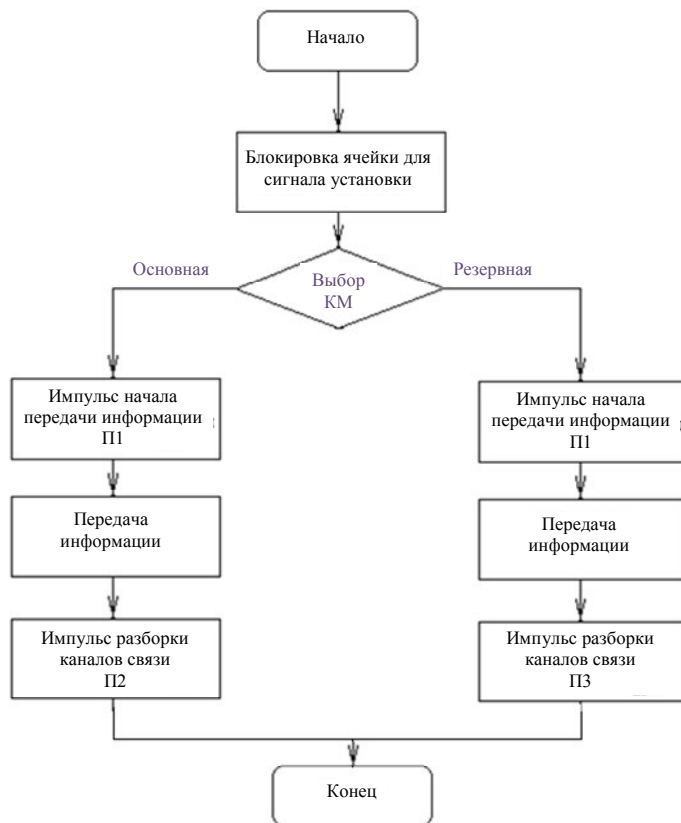


Рис. 4. Алгоритм работы матричного коммутатора с параллельным поиском и полным резервированием

Работа коммутатора начинается с блокировки всех ячеек коммутации в обеих матрицах. Затем в УУ происходит анализ состояния КП обеих матриц; если работа происходит в стандартном режиме, то поступающие потоки распределяются через один. Нечетные потоки поступают на первую матрицу, четные – на вторую, после чего матрицы работают по алгоритму, представленному на рис. 4.

До начала работы КМ всем ячейкам были присвоены собственные имена – параллельные идентификаторы. Анализ состояния ячеек матриц происходит согласно именам, присвоенным ячейкам. За блокировку ячейки коммутации в момент настройки отвечает блок, добавленный в ее структуру. При блокировке ячейки она не участвует в переборе на этапе настройки КС [6].

Особенность режима разделения нагрузки: обслуживание одного и того же потока данных на различных этапах может выполняться разными КП.

Достоинство данного режима – увеличение производительности коммутатора почти в 2 раза по сравнению с синхронным режимом разделения нагрузки. Недостаток – необходимость постоянного обмена информацией между запоминающими устройствами обоих КП, т. к. один и тот же поток данных может обслуживаться разными КП.

### Формализованная модель резервируемой коммутационной системы с параллельной настройкой

Коммутационная система с параллельной настройкой каналов данных является сложной системой, и при описании модели параллельной настройки в данной работе используются элементы теории множеств.

Получим формализованную модель коммутатора с параллельной настройкой.

Пусть существует коммутационная система  $KS$ . В ней существует множество  $M_U = \{u_m : m = \overline{1, N}\}$  входов и множество  $M_V = \{v_j : j = \overline{1, gN}\}$  выходов и символических имен  $M_R = \{R_j : j = \overline{1, N}\}$ .

Здесь  $g$  – количество входов коммутатора. На них задано биективное отображение  $\psi: M_K \rightarrow M_U$  и сюръективное отображение  $\varphi: M_K \rightarrow M_V$ . Первое из них присваивает символические имена входам коммутатора, а второе задает символические имена на выходах. Совместно они определяют программу коммутации:

$$P_C = \left\{ (R_p; R_{q_1}; R_{q_2}, \dots, R_{q_g})_l : l, p, q, g = 1, 2, \dots, n; \right. \\ \left. \psi(R_p), \varphi(R_{q_1}), \varphi(R_{q_2}), \dots, \varphi(R_{q_g}) \in M_U \times M_V \right\}.$$

Следовательно, если множество выходов разбить на взаимопересекающиеся подмножества по  $g$  выходов в каждом, то программа коммутации присваивает входу  $U_l$  символическое имя  $R_p$ , а выходам из  $l$ -го подмножества выходов символические имена  $R_{q_1}, R_{q_2}, \dots, R_{q_g}$ . Описанный коммутатор может обеспечить  $M_U \times M_V$  различных каналов связи. В реальных задачах в фиксированный момент времени каждый выход соединяется только с одним входом. Поэтому программа коммутации допускает формирование в КС не более чем  $gN$  каналов связи одновременно.

Таким образом, под воздействием программы коммутации необходимо выделять  $gN$  требуемых каналов связи из  $gN^2$  возможных.

Идентификацией канала называется выделение одного канала связи из множества возможных путем сравнения имен, присвоенных входам и выходам, т. е. проверкой условий  $R_{U_l} = R_{V_j}$ .

Коммутационную систему, в которой между каждым входом и каждым выходом существует только один канал связи, назовем КС с независимыми каналами связи. Для параллельной настройки всех каналов связи, допустимых в КС с независимыми каналами, необходимо и достаточно одновременно проверить выполнение всех условий

$$\varphi^{-1}(V_j = \overline{1, gN}) = \psi^{-1}(U_m = \overline{1, N}). \quad (1)$$

Действительно, отображения  $\varphi$  и  $\psi$ , задавая имена на входах и выходах КС, допускают существование  $gN^2$  возможных парных сочетаний этих имен. Так как  $\varphi$  – сюръективное,

а  $\psi$  – биективное, то из них только для  $gN$  сочетаний будет справедливо равенство  $R_{U_i} = R_{V_j}$ , которое тождественно равенству  $\varphi^{-1}(V_j) = \psi^{-1}(U_m)$ . Эти равенства однозначно выделяют каналы связи между входами и выходами системы, т. е. для параллельной настройки всех каналов связи необходима одновременная проверка условий (1). Достаточность условий следует из единственности точки коммутации между каждым входом и каждым выходом КС. В зависимости от возможностей КС проверку условий можно проводить последовательно по разрядам и параллельно по каналам.

В [5, 7] рассмотрены различные типы коммутационных полей, применяемых в телекоммуникационном оборудовании. Типичным коммутатором с независимыми каналами связи является коммутатор, представленный на рис. 5.

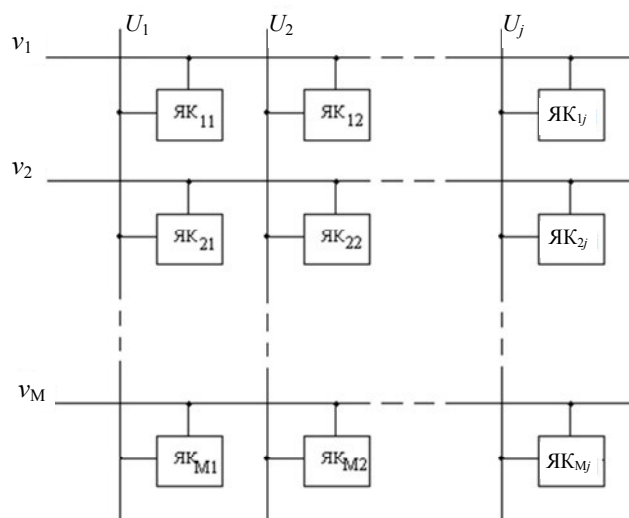


Рис. 5. Матричная коммутационная система: ЯК – ячейка коммутации

В точке пересечения каждой шины  $U_j$  с каждой шиной  $v_M$  находится ячейка коммутации со своим управляющим устройством.

### Заключение

В настоящее время IP-телевидение является перспективным и востребованным направлением в сфере предоставления услуг. Но несмотря на активное развитие IPTV все еще остается ряд технических проблем, препятствующих массовому внедрению этой услуги. В моменты пиковой нагрузки на сеть качество передаваемого видео резко ухудшается. Решить эту проблему возможно за счет применения параллельного поиска каналов данных и резервирования КП коммутатора. В работе приведена формализованная модель коммутатора с параллельным поиском и его структурная схема. Резервирование КП позволит повысить эффективность функционирования сетей IPTV в целом. Применение метода параллельного поиска свободных каналов данных сократит время прохождения сигнала через КП.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альсамара В. Исследование и развитие метода расчета пропускных способностей каналов в сетях передачи данных с коммутацией пакетов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1993. 18 с.
2. Барабанова Е. А., Мальцева Н. С., Мальцев Д. Б., Жидоусова Т. С. Обзор методов коммутации сетей передачи данных // Наука, образование, инновации: пути развития: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (23–25 апреля 2013 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. Ч. I. С. 36–43.
3. Барабанова Е. А., Береснев И. А., Барабанов И. О. Управление элементами коммутации в оптической системе с параллельным поиском каналов связи // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2017. № 1. С. 89–97.

4. Барабанова Е. А., Мальцева Н. С., Барабанов И. О. Алгоритм параллельной обработки данных в оптических сетях // Науч. вестн. Новосибир. гос. техн. ун-та. 2014. Т. 56. № 3. С. 88–95.
5. Барабанова Е. А. Оптическая двухкаскадная коммутационная система для обработки больших объемов данных // Науч. вестн. Новосибир. гос. техн. ун-та. 2018. № 1 (70). С. 7–18.
6. Барабанова Е. А., Мальцева Н. С., Барабанов И. О. Разработка универсального алгоритма для многокаскадных коммутаторов с параллельной настройкой // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1. С. 118–125.
7. Балашов Н.С. Быстрая коммутация пакетов в перспективных коммутаторах: информационно-аналитический обзор по материалам зарубежной печати. М.: ВНИИ «Эталон», 1992. 14 с.

Статья поступила в редакцию 16.11.2018

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Мальцева Наталья Сергеевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры связи; maltsevans@mail.ru.



### IMPROVING SERVICE QUALITY IN IPTV NETWORKS

*N. S. Maltseva*

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation*

**Abstract.** Technical advances in recent years allow to transfer video over IP networks with acceptable quality. One of the main difficulties in providing services over IP networks is packet loss at the moments of mass channel switching and, as a result, deterioration in the quality of transmitted information. The research objective is improving the quality of service in IPTV networks, reliability of communication area due to the use of a redundant switching field with parallel configuration in IP switches, which provides load dividing for normal operation and avoids collapsing network under peak traffic. The block diagram and operation algorithm are given, which allows to increase the processing speed of the IPTV head station. Specific feature of load distribution is described by the fact that servicing one data flow can be provided by different information fields at different stages. There has been given a formalized model of parallel block switch. Today, modern switching systems do not allow tuning by parallel methods and combining the transfer of information with system tuning.

**Key words:** IP networks, switch, commutation field, parallel search, parallel identifier, data flow, parallel structure.

**For citation:** Maltseva N. S. Improving service quality in IPTV networks. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2019;1:79-86. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2019-1-79-86.

### REFERENCES

1. Al'samara V. *Issledovanie i razvitie metoda rascheta propusknykh sposobnostei kanalov v setiakh peredachi dannykh s kommutatsiei paketov. Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk* [Research and development of method of calculating channel capacity in data transmission networks with packet switching]. Moscow, 1993. 18 p.
2. Barabanova E. A., Mal'tseva N. S., Mal'tsev D. B., Zhidousova T. S. *Obzor metodov kommutatsii setei peredachi dannykh* [Review of switching methods in data transmission networks]. *Nauka, obrazovanie, innovatsii: puti razvitiia: materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (23–25 aprelya 2013 g.)*. Petropavlovsk-Kamchatskii, KamchatGTU, 2013. Part I. Pp. 36-43.
3. Barabanova E. A., Beresnev I. A., Barabanov I. O. *Upravlenie elementami kommutatsii v opticheskoi sisteme s parallelnym poiskom kanalov svyazi* [Switching element management in optical system with parallel search of communication channels]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2017, no. 1, pp. 89-97.



4. Barabanova E. A., Mal'tseva N. S., Barabanov I. O. Algoritm parallel'noi obrabotki dannykh v opticheskikh setiakh [Algorithm of parallel data processing in optical networks]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, vol. 56, no. 3, pp. 88-95.
5. Barabanova E. A. Opticheskaiia dvukhkaskadnaia kommutatsionnaia sistema dlia obrabotki bol'shikh ob'emov dannykh [Optical two-cascade switching system for data intensive processing]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, no. 1 (70), pp. 7-18.
6. Barabanova E. A., Mal'tseva N. S., Barabanov I. O. Razrabotka universal'nogo algoritma dlia mnogokaskadnykh kommutatorov s parallel'noi nastroikoi [Developing a universal algorithm for multicascade switches with parallel structure]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2013, no. 1, pp. 118-125.
7. *Bystraia kommutatsiia paketov v perspektivnykh kommutatorakh: informatsionno-analiticheskii obzor po materialam zarubezhnoi pechati* [Fast packet switching in perspective switches: information and analytic review of foreign press]. Moscow, VNI «Etalon», 1992. 14 p.

The article submitted to the editors 16.11.2018

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Maltseva Natalia Sergeevna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Communication; maltsevans@mail.ru.

