

Методологический подход при управлении функционированием сетей комплексного мультисервиса

Methodological approach in managing the operation of networks of integrated multiservice

Буренин / Burenin A.

Андрей Николаевич
(direct-2011@mail.ru)

доктор технических наук, доцент.
АО «Научно-исследовательский институт «Рубин»,
ведущий научный сотрудник.
г. Санкт-Петербург

Аванесов / Avanesov M.

Михаил Юрьевич
(avanesov@itain.ru)

кандидат технических наук.
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
научный секретарь.
г. Санкт-Петербург

Чуйков / Chujkov V.

Владимир Борисович
(v.b.chujkov@rubin-spb.ru)

кандидат технических наук, доцент.
АО «Научно-исследовательский институт «Рубин»,
заместитель Генерального директора.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: система – system; сеть связи – network; сеть комплексного мультисервиса – networks of integrated multiservice; управление – management; оптимизация – optimization.

Рассматриваются вопросы методологической поддержки организации управления функционированием сетей комплексного мультисервиса (ССКМС), представляющих собой взаимоувязанную совокупность разнородных функционально связанных сетей, выполняющих вполне определенные функции в составе NGN компонента ССКМС, и функционально локализованных сетей старого парка, выполняющих круг задач обеспечения связью пользователей различных технических систем. Предлагается объектно-ориентированный методологический подход при организации управления ССКМС

The issues of methodological support for organizing the operation of complex multiservice networks (SSKMS) are considered, which are an interconnected set of heterogeneous functionally connected networks that perform well-defined functions as part of the NGN component of the SSKMS, and functionally localized networks of the old park that perform a range of tasks of providing communication to users of various technical systems. An object-oriented methodological approach is proposed for organizing the management of SSKMS.

Введение

В настоящее время в развитых странах мира, в т. ч. в Российской Федерации, в рамках программ цифровизации экономики в госкорпорациях и целых отраслях осуществляется создание сложных организационно-технических систем, процессы функционирования которых поддерживаются, как правило, комплексными сетями связи, в которых телекоммуникационное ядро на основе концепции сетей следующего поколения (NGN) совмещено с рядом сетей старого парка (телефонной связи, сетей передачи данных, сетей обмена данными), образующих в своей совокупности сеть связи с комплексным мультисервисом (ССКМС) [1, 2], представляющих широкому кругу пользователей необходимые им телекоммуникационные услуги и услуги связи несмотря на воздействия разного рода нарушителей.

ССКМС, как правило, функционируют в условиях многократно повторяемых преднамеренных возмущений нарушителей (компьютерные и сетевые атаки, разрушающие структуру ССКМС воздействия и т. д.), приводящих к работе такой сети связи в заранее не предсказуемых режимах. Поэтому для реагирования на эти возмущения и возможное смещение функционирования сети в сторону случайности требуется

постоянно управлять всем комплексом частных сетей и ССКМС в целом [2, 3], а для организации управления ССКМС необходимо предложить некоторый методологический подход, основанный на системном анализе вообще и процессов управления инфокоммуникациями в частности [4–11].

Основные вербальный и содержательный подходы к управлению ССКМС

В отличие от задач управления коммутационным оборудованием частных сетей в составе ССКМС (коммутаторами, маршрутизаторами, шлюзами, серверами служб и пр.), определяемых стандартами сетевого управления и протоколами SNMP (стэк протоколов TCP/IP) или СМIP (семиуровневой модели OSI), процессы функционирования которого для всех частных сетей, как объекта управления, относительно просты и, в значительной степени, статистически взаимосвязаны, цели управления которым состоят в основном в поддержании требуемого уровня работоспособности изделий за счет организации качественного оперативного мониторинга его состояния и широкого применения методов математической статистики, при решении задач сетевого управления (управления частными сетями в составе ССКМС и ССКМС в целом) требуется применение более сложных моделей [2, 3].

Среди основных задач управления ССКМС (управления структурой, безопасностью, отказами, ресурсами) особое значение играет задача управления качеством ее функционирования.

Ясно, что на качественные показатели функционирования ССКМС оказывает влияние и то, насколько эффективно осуществляется управление элементами сети (в т. ч. коммутационным оборудованием частных сетей ССКМС), насколько эффективно решены другие задачи сетевого управления: структурой ССКМС, отказами (поиск, устранение неисправностей и восстановление сетей), ресурсами и безопасностью ССКМС.

Несмотря на это, наиболее важными и необходимыми для обеспечения функционирования с высокими качественными показателями как частных сетей ССКМС, так и ССКМС в целом, являются задачи управления качеством функционирования, имеющие тесную связь с задачами управления структурой, безопасностью, отказами и ресурсами, т. к. при решении каждой из них в отдельности в той или иной мере должны учитываться результаты других задач.

В отличие от других задач управления ССКМС задача управления качеством функционирования связана с прямым воздействием на процессы, непосредственно влияющие на показатели качества обслуживания пользователей, один из которых обычно выбирают основным показателем качества функционирования ССКМС.

В целом задачу управления качеством функциони-

рования ССКМС целесообразно представить в виде трех подзадач:

- содержательный контроль показателей качества функционирования частных сетей ССКМС или ССКМС в целом, показателей производительности оборудования, уровней поступающей нагрузки;
- текущее оперативное управление информационными потоками в ССКМС;
- коррекция параметров управления информационными потоками, если показатели качества ССКМС не удовлетворяют требуемому уровню.

Решение подзадач содержательного контроля показателей качества предусматривает реализацию двух относительно независимых процедур:

- измерение реальных параметров производительности оборудования сетей ССКМС, оценка их рабочих характеристик, оценка уровней поступающей нагрузки и загруженности сетей ССКМС с целью информирования администрации сети;
- измерение выбранных показателей качества функционирования ССКМС в целом и отдельных частных сетей в составе ССКМС, сравнение их с заданными значениями, анализ результатов сравнения с целью принятия решения о корректировке параметров управления информационными потоками ССКМС.

Для решения первой задачи содержательного контроля показателей качества сначала определяются показатели или параметры производительности оборудования сетей ССКМС и требования к ее измерению. Также определяется ряд параметров в отношении рабочей нагрузки, пропускной способности, ресурса времени ожидания, времени ответа, задержки распространения, коэффициента готовности и любых изменений качества обслуживания QoS [2].

Далее осуществляется: непрерывный содержательный контроль ресурсов сетей ССКМС в части измерения их производительности, корректировка правил измерения и определение, является ли производительность оборудования сетей ССКМС удовлетворительной.

Для целей управления в рамках первой подзадачи целесообразно использовать укрупненную модель, основанную на результатах мониторинга и настройке производительности оборудования, приведенную на рис. 1.

В настоящее время стандартами определены следующие параметры для измерения производительности:

- пропускная способность;
- рабочая нагрузка;
- задержка распространения;
- время ожидания;
- время ответа;
- качество обслуживания (QoS).

Таким образом, в широком смысле, первая задача содержательного контроля показателей качества подразумевает функции адаптивного предметного

мониторинга, анализа и настройки. На рис. 2 показаны основные функции для ее выполнения.

Функция адаптивного предметного мониторинга пропускной способности сетей ССКМС используется, чтобы измерить пропускную способность в каналах и направлениях связи или на узлах ССКМС (при обмене информации из конца в конец). Она определяется для каждого направления передачи следующим образом: пропускная способность для посыпляемых сообщений, пакетов, фреймов, кадров или ячеек – это коэффициент успешно переданных протокольных блоков (PDU) внутри последовательности блоков данных при условии максимальной скорости во время между первым и последним запросами о передаче блоков. При этом предполагается, что все измеряемые блоки переданы без ошибок.

Функция адаптивного предметного мониторинга времени ответа используется для оценки времени ответа узла ССКМС или подсети в составе ССКМС. Время ответа определено как время между отправкой примитивов типа "запрос" и получением примитива "индикация" (односторонняя связь) или получением примитива «подтверждение» (двухсторонняя связь).

Задержка освобождения виртуального соединения в сетях ССКМС определяет время, требуемое, чтобы освободить это виртуальное соединение; транзитная задержка определяет задержку от посылки до приема

сообщений, пакетов, фреймов, кадров или ячеек между конечными специальными пользователями ССКМС.

Задержка установления виртуального соединения в сетях ССКМС определяет время, требуемое для установления этого виртуального соединения, начиная с момента посыпки запроса до момента приема запроса на установление виртуального соединения корреспондирующими пользователями процессов (услуг) виртуальных сетей в ССКМС.

Функция статистического анализа – это широкая группа действий, использующих записи адаптивного предметного мониторинга и определяющих производительность объектов в управляемых сетях в составе ССКМС. При этом использование журналов регистрации производительности сетей в составе ССКМС и моделей, описывающих производительность оборудования сетей (в основном коммутационного и серверного), является важным компонентом функции статистического анализа. Эта функция включает и другие показатели, а именно: показатели использования и готовности, остаточный коэффициент ошибок и вероятности отказа.

Функция регулировки производительности оборудования сетей ССКМС используется для измерения характеристик длин очередей пакетов, кадров, ячеек, сообщений, времени ожидания в очереди, времени обработки требований, времени между двумя входами

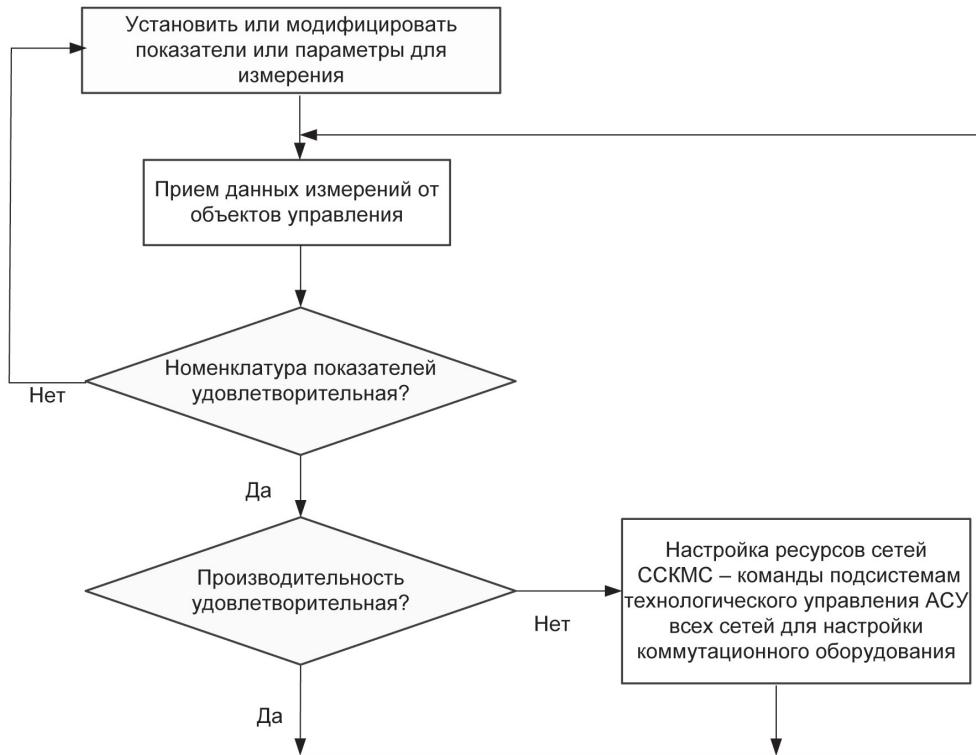


Рис. 1. Модель содержательного контроля показателей качества при управлении производительностью оборудования сетей ССКМС со стороны сетевого управления



Рис. 2. Основные функции для выполнения задач адаптивного предметного мониторинга, анализа и настройки

заявок (времени между поступлением заявок в очередь) и т. д., и воздействия через средства подсистем управления оборудованием (подсистем технологического управления АСУ сетей) на его параметры.

В целом в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т, обеспечение выполнения задач адаптивного предметного мониторинга, анализа и настройки включает в себя технические требования, модели текущего контроля, определения услуг.

Технические требования для определения видов нагрузки для всех сетей в составе ССКМС основаны на таких понятиях как:

- рабочая нагрузка раннего предупреждения;
- сброс рабочей нагрузки раннего предупреждения;
- перегрузка;
- отклонение предупреждения;
- сброс отклонения предупреждения.

Модели текущего контроля включают в себя:

- модель рабочей нагрузки;
- порог рабочей нагрузки;
- порог сброса рабочей нагрузки;
- порог перегрузки;
- модель перегрузки;
- порог нагрузки;
- порог потерь;
- порог сброса потерь.

При этом определения разнообразных услуг могут включать:

- услугу аварийных отчетов о рабочей нагрузке;
- услугу аварийных отчетов о потерях;
- услугу выработки множества порогов при наблюдении за производительностью оборудования сетей в составе ССКМС.

В процессе управления ССКМС при определении рабочей нагрузки раннего предупреждения используются измерения и отчеты анализа программно-

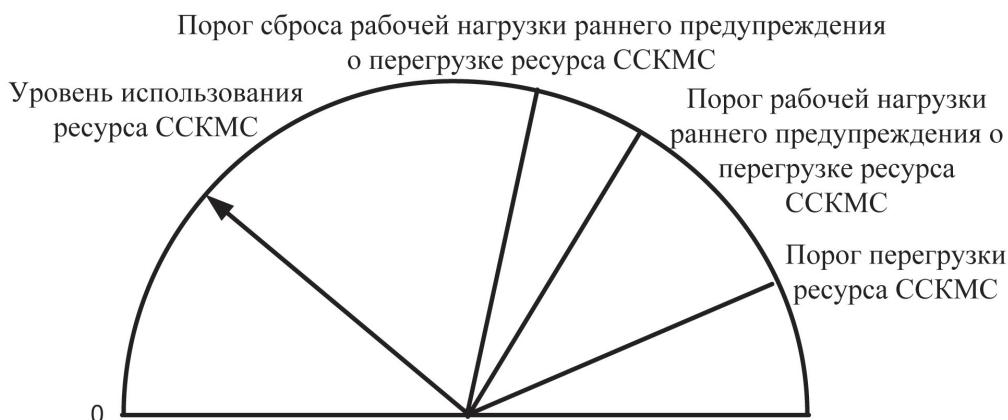


Рис. 3. Относительные оценки модели рабочей нагрузки текущего содержательного контроля показателей качества ресурса (оборудования) ССКМС

аппаратных средств сетевого контроля об условиях возможной перегрузки или условиях, близких к перегрузке. Рабочая нагрузка раннего предупреждения» фиксируется при ее значении, превышающем некоторое пороговое значение.

Сброс рабочей нагрузки раннего предупреждения используется при управлении для возврата к исходным условиям работы любого объекта сетевого управления ССКМС после того, как уровень рабочей нагрузки стал ниже порогового значения и используется после того, как было разосланы уведомления всем заинтересованным компонентам АСУ сетей о рабочей нагрузке раннего предупреждения.

Оповещение о перегрузке предназначено для сообщений всем компонентам АСУ всех сетей о ситуации перегрузки в конкретном объекте сетевого управления ССКМС. При этом прикладному процессу управления сообщается, что объект сетевого управления работает с максимальной пропускной способностью (производительностью) и не может обслуживать вновь поступающие запросы (требования, заявки и т. д.).

Отклонение предупреждения используется, когда объект сетевого управления ССКМС должен отклонить обслуживание вне разрешенного порогового значения, а сброс отклонения предупреждения устраняет предыдущее требование относительно нарушения порога.

Среди моделей текущего содержательного контроля показателей качества одной из основных является модель рабочей нагрузки, относительные оценки которой основаны на измерении характеристик работы объекта сетевого управления ССКМС, которые представлены на рис. 3.

Таким образом, текущее измерение реальных параметров производительности различного оборудования сетей в составе ССКМС, осуществление оценки рабочих характеристик серверного и коммутационного оборудования, оценка поступающей нагрузки и загруженности сетей ССКМС могут быть получены

должностными лицами органов управления связью и позволяют им по совокупности признаков судить о качестве функционирования всей ССКМС.

Вторая подзадача текущего содержательного контроля показателей качества функционирования сетей ССКМС или ССКМС в целом, в отличие от первой, ориентирована на прикладные процессы управления качеством функционирования ССКМС, реализованные в специальном программном обеспечении комплексов средств автоматизации управления АСУ ССКМС, предусматривает текущее (в реальном масштабе времени) измерение выбранных показателей качества функционирования сети (сетей), проверку выполнения критериев эффективности и принятие решений о корректировке параметров управления информационными потоками или смену самих моделей управления информационными потоками.

Основой процессов управления качеством функционирования ССКМС являются процессы оптимального оперативного адаптивного управления информационными потоками во всех сетях ССКМС и ССКМС в целом, которые для такой сети имеют существенные отличия от процессов управления потоками в обычных традиционных сетях, связанные прежде всего с различными возможными компонентами сообщений, пакетов, фреймов, кадров; ячеек, с множеством возможных дисциплин обслуживания требований на их передачу по сетям ССКМС, с множеством применяемых способов управления информационными потоками, с различными показателями качества и критериями эффективности для разных сетевых компонент ССКМС и т. д.

Поэтому решение данной задачи в методологическом плане требует достаточно строгого формального ее описания. Предваряя формальное описание, отметим, что к числу основных функций при управлении качеством функционирования ССКМС могут быть отнесены следующие (рис. 4):



Рис. 4. Основные функции при управлении качеством функционирования ССКМС

- анализ и оценка поступающей, пропущенной и потерянной разнородной нагрузки для каждой сети ССКМС и ССКМС в целом;
- оценка ситуации в каждой сети ССКМС и ССКМС в целом и во всех компонентах сетей;
- изменение параметров управления разнородными информационными потоками (либо смена способа управления) в каждой сети ССКМС и ССКМС в целом;
- анализ качества обслуживания разнородной нагрузки;
- управление ограничением разнородной потоковой нагрузки (при необходимости для каждого вида трафика отдельно).

Процесс управления качеством функционирования ССКМС (в соответствии с рис. 4) представляет собой целенаправленное решение требуемых задач оценки параметров разнородной нагрузки для каждой сети ССКМС и ССКМС в целом, качества ее обслуживания, состояния всех сетей ССКМС и ССКМС в целом, а также выработку, принятие соответствующих управляющих решений и разработку плана их выполнения.

Формализация описания задач управления ССКМС

В приведенном в [10–12] системном анализе процессов управления различными сетями связи предложены два основных варианта формирования процессов управления (с решающей обратной связью и на основе программного управления), определяющие, применительно к ССКМС k -мерный вектор управляющих воздействий $\mathbf{Y}_{k\text{CCKMC}}(t) = [y_1(t), \dots, y_k(t)]$ на каждую сеть ССКМС и ССКМС в целом, позволяющих оптимизировать процессы управления. При этом обеспечивается экстремум конкретного показателя (или некоторых показателей) качества функционирования $\Phi_{fc}\left[t, \bar{\mathbf{S}}_n(t), \mathbf{W}_{\text{CCKMC}}\right]$, определяемого выработанным оператором управления $\mathbf{W}_{\text{CCKMC}} = \mathbf{W}\{\mathbf{V}_{\text{пCCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{oCCKMC}}\}$, который включает подоператоры планирования $\mathbf{V}_{\text{пCCKMC}}$ и управления $\mathbf{U}_{\text{oCCKMC}}$ для каждой сети ССКМС и ССКМС в целом.

Оператор $\mathbf{W}_{\text{CCKMC}}$ обеспечивает вполне однозначное соответствие вектора управляющих воздействий на сеть $\mathbf{Y}_{k\text{CCKMC}}(t) = [y_1(t), \dots, y_k(t)]$ определенному значению оценки вектора состояния ССКМС $\bar{\mathbf{S}}_n(t)$.

Как отмечалось выше, современная ССКМС представляет собой взаимоувязанную совокупность разнородных функционально связанных сетей, выполняющих вполне определенные функции в составе ее NGN компонента, и функционально локализованных сетей старого парка, выполняющих определенный круг задач обеспечения связью пользователей.

Так как в составе ССКМС имеется множество существующих (наследуемых, традиционных) сетей старого парка (телефонных, сетей передачи данных, сетей обмена данными и пр.) $N_{\text{ex}} = \{N_i^{\text{tx}}\} \forall i=1,\dots,s$ и множество современных телекоммуникационных сетей NGN компонента, отвечающих принципам построения сетей следующего поколения $N_{\text{NGN}} = \{N_j^{\text{ngn}}\} \forall j=1,\dots,\zeta$, то соответствующие операторы управления сетями $\mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}}$ и оборудованием сетей ССКМС $\mathbf{W}_{\text{n elem}}^{\text{CCKMC}}$ можно представить (соответственно для процессов управления качеством функционирования, структурой и безопасностью) следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} &= \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \cup \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{ex}} = \\ &= \{\mathbf{W}_{\text{Netv}}^j\} \cup \{\mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*i}\} \quad \forall j=1,\dots,\zeta; \forall i=1,\dots,s, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\mathbf{W}_{\text{Netv}}^j = \{\mathbf{V}_{\text{Netv}}^{\text{Q,NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netv}}^{\text{Q,NGN}}\}, \{\mathbf{V}_{\text{Netv}}^{\text{Str,NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netv}}^{\text{Str,NGN}}\}, \{\mathbf{V}_{\text{Netv}}^{\text{sec,NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netv}}^{\text{sec,NGN}}\}\}$

– оператор управления j -й телекоммуникационной сетью в составе NGN компонента ССКМС, отвечающей принципам построения сетей NGN;

$$\mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*i} = \{\mathbf{V}_{\text{Netv}}^{*Q_i}, \mathbf{U}_{\text{Netv}}^{*Q_i}\}, \{\mathbf{V}_{\text{Netv}}^{*Str_i}, \mathbf{U}_{\text{Netv}}^{*Str_i}\}, \{\mathbf{V}_{\text{Netv}}^{*sec_i}, \mathbf{U}_{\text{Netv}}^{*sec_i}\}\}$$

– оператор управления i -й сетью связи из состава наследуемых традиционных моносервисных сетей старого парка в составе ССКМС.

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_{\text{n elem}}^{\text{CCKMC}} &= \mathbf{W}_{\text{n elem}}^{\text{NGN}} \cup \mathbf{W}_{\text{n elem}}^{\text{ex}} = \\ &= \{\mathbf{W}_{\text{n elem}}^j\} \cup \{\mathbf{W}_{\text{n elem}}^{*i}\} \quad \forall j=1,\dots,\zeta; \forall i=1,\dots,s, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$\mathbf{W}_{n \text{ elem}}^j = \left\{ \{\mathbf{V}_{n \text{ elem}}^{Q_{NGN}}, \mathbf{U}_{n \text{ elem}}^{Q_{NGN}}\}, \{\mathbf{V}_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_{NGN}}, \mathbf{U}_{n \text{ elem}}^{Q_{NGN}}\}, \{\mathbf{V}_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_{NGN}}, \mathbf{U}_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_{NGN}}\} \right\} -$$

оператор управления оборудованием j -й телекоммуникационной сети в составе NGN компонента ССКМС, отвечающей принципам построения сетей NGN;

$$\mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{*i} = \left\{ \{\mathbf{V}_{n \text{ elem}}^{*Q_i}, \mathbf{U}_{n \text{ elem}}^{*Q_i}\}, \{\mathbf{V}_{n \text{ elem}}^{*\text{Str}_i}, \mathbf{U}_{n \text{ elem}}^{*\text{Str}_i}\}, \{\mathbf{V}_{n \text{ elem}}^{*\text{sec}_i}, \mathbf{U}_{n \text{ elem}}^{*\text{sec}_i}\} \right\} -$$

оператор управления оборудованием i -й сети связи из состава наследуемых традиционных моносервисных сетей в составе ССКМС.

Оптимизация процессов управления сетями и оборудованием ССКМС может осуществляться по показателям $\Phi^{**}(\dots)$ как по всем подоператорам операторов $\mathbf{W}_{\text{netv}}^{\text{CCKMC}}$ и $\mathbf{W}_{\text{ne}}^{\text{CCKMC}}$, так и по каждому из них в отдельности:

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{CCKMC}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{CCKMC}}}{\text{extr}} . \quad (3)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{CCKMC}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{CCKMC}}}{\text{extr}} . \quad (4)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{CCKMC}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{CCKMC}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{CCKMC}}}{\text{extr}} . \quad (5)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{CCKMC}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{CCKMC}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{CCKMC}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{CCKMC}}}{\text{extr}} . \quad (6)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{CCKMC}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{CCKMC}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{CCKMC}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{CCKMC}}}{\text{extr}} . \quad (7)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{CCKMC}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{CCKMC}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{CCKMC}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{CCKMC}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{CCKMC}}}{\text{extr}} . \quad (8)$$

Учитывая, что в составляющих ССКМС существующих традиционных сетях связи процессы управления реализуются собственными системами управления (СУ), а АСУ ССКМС осуществляет, как правило, только взаимодействие с этими локальными СУ в части планирования и применения сетей в целом $\mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*i} = \{\{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{*Q_i}\}, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{*\text{Str}_i}\}, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{*\text{sec}_i}\}\}$, то в рамках процессов управления ССКМС оптимизации подлежат в основном подпроцессы управления современными телекоммуникационными сетями NGN компонента, т. е.:

$$\Phi_{\text{Netv}}^{*i} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*i} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{*i} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{*i}}{\text{extr}} . \quad (9)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{NGN}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{NGN}}}{\text{extr}} . \quad (10)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{NGN}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{NGN}}}{\text{extr}} . \quad (11)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{NGN}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{NGN}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{NGN}}}{\text{extr}} . \quad (12)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{NGN}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{NGN}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{NGN}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{NGN}}}{\text{extr}} . \quad (13)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{NGN}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{NGN}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{NGN}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{NGN}}}{\text{extr}} . \quad (14)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{NGN}} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{NGN}} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{NGN}} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{NGN}}}{\text{extr}} . \quad (15)$$

Естественно, что оптимизация процессов управления качеством функционирования сетями ССКМС и ССКМС в целом осуществляется по критериям, отличающимся от критериев, по которым производится оптимизация процессов управления структурой и безопасностью сети, поэтому постановка оптимизационных задач конкретизируется отдельно для каждого из процессов, определяемых операторами управления соответственно качеством функционирования ССКМС, ее структурой и безопасностью:

$$\mathbf{W}_{\text{Netv}}^Q = \left\{ \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{Q_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{Q_{NGN}}\}, \dots, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{Q_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{Q_{NGN}}\}, \dots, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{Q_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{Q_{NGN}}\} \right\} \quad (16)$$

$$\mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{Str}} = \left\{ \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{\text{Str}_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{\text{Str}_{NGN}}\}, \dots, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{\text{Str}_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{\text{Str}_{NGN}}\}, \dots, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{\text{Str}_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{\text{Str}_{NGN}}\} \right\} . \quad (17)$$

$$\mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{sec}} = \left\{ \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{\text{sec}_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{\text{sec}_{NGN}}\}, \dots, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{\text{sec}_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{\text{sec}_{NGN}}\}, \dots, \dots, \{\mathbf{V}_{\text{Netw}}^{\text{sec}_{NGN}}, \mathbf{U}_{\text{Netw}}^{\text{sec}_{NGN}}\} \right\} . \quad (18)$$

Тогда для каждой j -й сети NGN компонента ССКМС:

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\mathcal{Q}_j}}{\text{extr}} . \quad (19)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\mathcal{Q}_j}}{\text{extr}} . \quad (20)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\mathcal{Q}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\mathcal{Q}_j}}{\text{extr}} . \quad (21)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\mathcal{Q}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\mathcal{Q}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\mathcal{Q}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\mathcal{Q}_j}}{\text{extr}} . \quad (22)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\mathcal{Q}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\mathcal{Q}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\mathcal{Q}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\mathcal{Q}_j}}{\text{extr}} . \quad (23)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\mathcal{Q}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\mathcal{Q}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\mathcal{Q}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\mathcal{Q}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\mathcal{Q}_j}}{\text{extr}} . \quad (24)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{Str}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{Str}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{Str}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{Str}_j}}{\text{extr}} . \quad (25)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{Str}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{Str}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{Str}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{Str}_j}}{\text{extr}} . \quad (26)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{Str}_j} \left[t, \bar{\mathbf{S}}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{Str}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{Str}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{Str}_j}}{\text{extr}} . \quad (27)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{Str}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl n elem}}, \mathbf{u}_{\text{O n elem}}^{\text{Str}_j}}{\text{extr}} . \quad (28)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{Str}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl n elem}}^{\text{Str}_j}}{\text{extr}} . \quad (29)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{Str}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{Str}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{Str}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{u}_{\text{O n elem}}^{\text{Str}_j}}{\text{extr}} . \quad (30)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{sec}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{sec}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{sec}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl Netv}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{u}_{\text{O Netv}}^{\text{sec}_j}}{\text{extr}} . \quad (31)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{sec}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{sec}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{sec}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl Netv}}^{\text{sec}_j}}{\text{extr}} . \quad (32)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{\text{sec}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{\text{sec}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{U}_{\text{O Netv}}^{\text{sec}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{u}_{\text{O Netv}}^{\text{sec}_j}}{\text{extr}} . \quad (33)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{sec}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl n elem}}, \mathbf{u}_{\text{O n elem}}^{\text{sec}_j}}{\text{extr}} . \quad (34)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{sec}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl n elem}}^{\text{sec}_j}}{\text{extr}} . \quad (35)$$

$$\Phi_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_j} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{n \text{ elem}}^{\text{sec}_j} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl n elem}}^{\text{sec}_j}, \mathbf{U}_{\text{O n elem}}^{\text{sec}_j} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{u}_{\text{O n elem}}^{\text{sec}_j}}{\text{extr}} . \quad (36)$$

Для каждой i -й сети из состава сетей старого парка:

$$\Phi_{\text{Netv}}^{*Qi} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*Qi} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{*Qi} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl Netv}}^{*Qi}}{\text{extr}} . \quad (37)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{*Stri} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*Stri} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{*Stri} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl Netv}}^{*Stri}}{\text{extr}} . \quad (38)$$

$$\Phi_{\text{Netv}}^{*seci} \left[t, \bar{S}_n^*(t), \mathbf{W}_{\text{Netv}}^{*seci} \{ \mathbf{V}_{\text{Pl Netv}}^{*seci} \} \right] \rightarrow \underset{\mathbf{v}_{\text{Pl Netv}}^{*seci}}{\text{extr}} . \quad (39)$$

Следует учитывать, что в значительной степени оптимизация всех процессов управления сетями из NGN компонента ССКМС по операторам $\mathbf{U}_{\text{O } **}^{***}(\dots)$ является вырожденной, т. к. даже для очень сложных телекоммуникационных сетей NGN компонента ССКМС число возможных вариантов выбора процедур выработки управляющих воздействий по принятому плану, сформированному оператором $\mathbf{V}_{\text{Pl } **}^{***}(\dots)$, ограничено, а сами варианты несущественно отличаются друг от друга. Поэтому при оптимизации процессов управления сетями NGN компонента ССКМС целесообразно ограничиться выбором наилучших вариантов планов управляющих действий, т.е. свести оптимизацию процессов управления к процедурам (17), (20), (23), (26), (29), (32) и (35). Таким образом, при оптимизации процессов управления ССКМС по всем ее компонентам целесообразно ограничиться выбором наилучших вариантов планов управляющих действий, т.е. свести оптимизацию процессов управления сетями

ССКМС к процедурам (17), (20), (23), (25), (29), (32), (35), (37), (38) и (39).

В основу всех операторов управления должны быть положены те или иные методы управления, синтезированные в рамках моделей управления процессами в ССКМС, поэтому их создание является необходимым условием синтеза управления эффективностью, структурой и безопасностью ССКМС.

Естественно, что конкретный вид отдельных подоператоров, реализующих разные группы задач управления сетями и оборудованием различных сетей ССКМС, будет различаться в зависимости от типа телекоммуникационной сети в составе ССКМС, возможной и необходимой степени формализации тех или иных задач управления, от требуемой оперативности и достоверности их решения и определяться принятыми моделями и методами управления. Вместе с тем при синтезе управления ССКМС следует исходить из необходимости формирования единого подхода при синтезе базовых методов управления эффективностью, структурой и безопасностью, применение которых для управления конкретными сетями в составе ССКМС осуществляется заданием исходных данных по их структуре, моделях функционирования, моделях предлагаемой нагрузки и ее обслуживания.

Заключение

В настоящее время создание и ввод в эксплуатацию ведомственных или корпоративных сложных организационно-технических систем, предполагают организацию поддержку процессов их функционирования сетями связи, в которых телекоммуникационное ядро на основе концепции сетей следующего поколения (NGN) совмещено с рядом сетей старого парка, образующих в своей совокупности сеть связи с комплексным мультисервисом (ССКМС), функционирующей в условиях многократно повторяемых преднамеренных возмущений нарушителей, приводящих к работе в заранее не предсказуемых режимах. Для реагирования на эти возмущения необходимо организовать эффективное управление ССКМС, реализация которого невозможна без предложенного методологического подхода, основанного на системном анализе процессов управления, предполагающего решение задач управления на базе достаточно строгого формального их описания и постановок задач оптимизации.

Формализованное описание задач оптимизации процессов управления как сетями из NGN компонента ССКМС, так и сетями старого парка, позволило сделать вывод о том, что в процедурах оптимизации процессов управления ССКМС по всем ее компонентам целесообразно ограничиться выбором наилучших вариантов планов управляющих действий.

Поскольку в основу всех операторов управления сетями ССКМС положены те или иные методы управ-

ления, синтезированные в рамках моделей управления процессами в ССКМС, то их создание является необходимым условием синтеза процессов управления эффективностью, структурой и безопасностью ССКМС.

Синтез управления ССКМС предполагает формирование единого подхода при создании базовых методов управления эффективностью, структурой и безопасностью, на основе исходных данных по их структуре, моделям функционирования, моделям предлагаемой нагрузки и ее обслуживания.

Литература

1. О связи : Федеральный закон от 18.06.2003 № 319-ФЗ // Российская газета. – 2003. – № 0 (3249).
2. Буренин, А. Н. Теоретические основы управления современными телекоммуникационными сетями / А.Н. Буренин, В.И. Курносов. – Москва : Наука, 2011. – 463 с
3. Буренин, А. Н. Современные инфокоммуникационные системы и сети специального назначения. Основы построения и управления / А.Н. Буренин, К.Е. Легков. – Москва : Медиа Паблишер, 2015. – 348 с.
4. Рузавин, Г. И. Методология научного исследования / Г.И. Рузавин. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 317 с.
5. Волкова, Н. Н. Теория систем и системный анализ / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – Москва : Университеты России, 2010. – 679 с.
6. Оптнер, С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер. – Москва : Советское радио, 1969. – 69 с.
7. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – Москва : URSS, 2011. – 487 с.
8. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – Москва : Высшая школа, 1989. – 368 с.
9. Сурмин, Ю. П. Теория систем и системный анализ / Ю.П. Сурмин. – Санкт-Петербург : СПбГИЭУ, 2002. – 255 с.
10. Буренин, А. Н. Некоторые подходы к системному анализу процессов управления современными мультисервисными сетями связи / А.Н. Буренин, К.Е. Легков, А.И. Мясникова // H&ES: Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2012. – Т.4, № 1. – С. 42–46.
11. Буренин, А. Н. Основные элементы системного анализа процессов управления современными мультисервисными сетями связи / А.Н. Буренин // Вопросы радиоэлектроники. – 2012. – Т. 3, № 2. – С. 22–29.
12. Буренин, А. Н. Элементы системного анализа процессов управления современными инфокоммуникационными сетями / А.Н. Буренин, М.Ю. Аванесов // Информация и Космос. – 2021. – № 1. – С. 55–64.