

Исследование актуальных требований для разработки систем мониторинга и управления телекоммуникационной сети

В. О. Доценко, И. Е. Шевнина

Современный рынок телекоммуникаций диктует необходимость модернизации существующих требований к системам мониторинга и управления сетей передачи данных. Инфраструктура действующих телекоммуникационных сетей непрерывно усложняется и расширяется, в связи с этим современные продукты устранения неисправностей и контроля производительности сети должны быть оснащены соответствующим функционалом. Проведенная работа определяет актуальные требования, выдвигаемые к современным системам, которые необходимо учитывать при разработке программных продуктов мониторинга и управления. В данной статье исследуются функциональные особенности программных комплексов, используемых на сетях операторов связи, а именно: TEOCO Netrac 7, COBA компании CATEL, EMC Smarts, HP Network Node Manager, Zabbix, Cacti, NOC Project. Инструментарием, используемым в работе, выступают сравнение и анализ. Тема исследования удовлетворяет критериям направления деятельности Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Федеральный закон №204-ФЗ от 23 июня 2016 года «О внесении изменений в статьи 2 и 24 Федерального закона «О связи»).

Ключевые слова: системы мониторинга и управления, телекоммуникационная сеть, устранение неисправностей.

1. Введение

IT-инфраструктуры сетей современных операторов связи включают в себя тысячи систем и сетевых устройств различных вендоров с уникальным программным обеспечением. С учётом того, что каждый производитель разрабатывает и обслуживает преимущественно свои стандарты, мониторинг и администрирование таких систем становится сложнейшей задачей.

Во время работы сети могут происходить сбои питания, ошибки программного обеспечения систем, ошибки эксплуатации оборудования, повреждение линейных участков, приводящие к сбоям, неисправностям и авариям. С целью обеспечения стабильного функционирования сети ответственному IT-персоналу, обслуживающему сеть передачи данных, необходимо иметь удобный функционал по отслеживанию состояния оборудования и утилизации каналов, контролировать качество предоставляемого обслуживания пользователям, прогнозировать потенциальные неисправности, чётко понимать схему организации связи и иметь возможность быстрого устранения сетевых проблем любого характера.

Для выполнения поставленных задач стандартно используются системы устранения неисправностей (Fault Management, FM) и контроля производительности сети (Performance Management, PM). Они представляют собой системы контроля и управления аварийными сигналами, предназначенные для фильтрации лишней информации и корреляции актуальных событий с целью выявления первопричины, породившей поток взаимосвязанных аварийных сообщений.

Применение таких систем мониторинга и управления (далее – СМУ) позволяет оптимально использовать имеющиеся ресурсы компании за счёт упрощения анализа состояния сети и сокращения времени на поиск неисправностей.

Неудивительно, что провайдеры всё чаще рассматривают выбор СМУ как вопрос стратегической важности, так как на современном конкурентном рынке связи лидируют поставщики услуг, которые предоставляют экономически выгодные, высококачественные цифровые услуги. Точный сбор, обработка и анализ информации о трафике и ключевых показателей эффективности неизменно приводят к повышению качества обслуживания пользователей.

С учётом непрерывного развития современных телекоммуникационных сетей усложняются способы мониторинга неисправностей и контроля эффективности их работы. По данной причине с целью создания нового программного обеспечения для устранения неисправностей и контроля производительности современных телекоммуникационных сетей необходимо учитывать актуальные требования, выдвигаемые к разрабатываемым СМУ.

На данный момент к применяемым СМУ выдвигается перечень основных требований, который необходим для эффективной работоспособности сети, а именно:

- 1) расширяемость: автоматическое обнаружение устройств в сети, формирование списков оборудования, реакция на изменения параметров сети;
- 2) распределённость: запись и хранение основных настроек сети с распределённых составных частей системы, ведение отчетов в режиме реального времени для последующего анализа системных данных и сетевых проблем, а также планирования изменений;
- 3) масштабируемость: работа системы на кластерах с числом процессоров, изменяющимся в широком диапазоне;
- 4) переносимость: комплекс должен работать на open-source-системе (например, Linux) для совместимости с другими продуктами и неподверженности изменениям от сопутствующего программного обеспечения;
- 5) экономичность: работа системы не должна оказывать существенного влияния на функционирование сети, клиентских услуг и приложений [1, 2];
- 6) рабочая система оповещения: контроль доступности оборудования и утилизации каналов для выявления проблем в кратчайшие сроки, поиска корневой причины инцидента и передачи информации ответственному персоналу;
- 7) прогнозирование: возможность устранения вероятных проблем в работе сетевого оборудования за счёт моделирования и использования продвинутых алгоритмов;
- 8) удобство использования: наличие интуитивно-понятного интерфейса для управления сетью [3, 4].

Вышеперечисленные требования являются основополагающими для существующих СМУ, однако к текущему моменту на сетях операторов связи используются системы с расширенным функционалом, который значительно повышает эффективность мониторинга и администрирования сети. К таким системам можно отнести: TEOCO Netrac 7, COBA компании САТЕЛ, EMC Smarts, HP Network Node Manager, Zabbix, Cacti, NOC Project. На основе исследования функциональных особенностей перечисленных продуктов предложено расширить основные требования, выдвигаемые к разрабатываемым СМУ.

2. Краткое описание систем мониторинга и управления, использующихся на сетях операторов связи

2.1. TEOCO Netrac 7

Netrac 7 – это интегрированное, кросс-доменное решение по обеспечению и анализу услуг для операторов связи, включает в себя более 100 функциональных возможностей и модулей, которые повышают качество потребительских услуг. Платформа предназначена для мониторинга, конфигурирования, анализа загрузки и администрирования ресурсов в соответствии со спецификациями

и стандартами, предложенными некоммерческим консорциумом TeleManagement Forum. Netrac 7 позволяет полностью управлять гетерогенными сетями, услугами и потребительским качеством обслуживания во всех технологических доменах [5, 6].

2.2. Система обнаружения и визуализации аварий (COBA)

Система обнаружения и визуализации аварий – это промышленная платформа на открытом коде, состоящая из взаимосвязанных элементов. COBA обладает высокой степенью интеграции и упрощает эксплуатацию, планирование и развитие телекоммуникационной или иной инфраструктуры. Данная система мониторинга от компании САТЕЛ предназначена для автоматизации процессов обнаружения неисправностей, отслеживания изменений конфигураций оборудования, контроля состояния услуг и производительности сети [7].

2.3. EMC Smarts

Продукт Smarts компании Dell EMC является продвинутой системой мониторинга и управления, в состав которой входят следующие компоненты: система сбора, хранения и анализа аварийных сообщений (FM), а также система мониторинга производительности и контроля сервисных соглашений (PM). EMC Smarts в достаточной степени отвечает таким требованиям, как непрерывность и надежность функционирования бизнес-процессов, быстродействие и удобство использования инструментов IT-инфраструктуры [8, 9].

2.4. HP Network Node Manager (NNM)

HP Network Node Manager – это платформа мониторинга и управления телекоммуникационной сети, которая является основой для построения центра управления сети операторов связи. На текущий момент NNM занимает одну из ведущих позиций в сетевом администрировании, обеспечивает мониторинг доступности устройств сети и является основным решением для сетевого управления [10].

2.5. Zabbix

Zabbix – это универсальное средство мониторинга, способное следить за динамикой работы серверов и сетевого оборудования, оперативно реагировать на внештатные ситуации и предупреждать о возможных проблемах с нагрузкой. Данная система мониторинга может записывать статистику из указанной рабочей среды и действовать в определенных случаях требуемым образом [11].

2.6. Cacti

Cacti – это надежная система управления производительностью и неисправностями сети. Данная система является open-source веб-приложением, которое обеспечивает сбор и хранение всей необходимой информации о сети в базе данных за счёт применения различных удалённых сборщиков. Cacti позволяет отобразить все накопленные статистические данные о сети в графическом виде [12].

2.7. NOC Project

Центр управления сетью (NOC) – специализированная программная среда для работы с сетевыми устройствами, решающая текущие задачи функционирования сети. Данный программный комплекс осуществляет круглосуточный мониторинг и управление сетями, позволяет снижать

аварийность, обеспечивать высокую производительность инфраструктуры, повышая эффективность предоставления услуг при одновременном снижении рисков. Главная задача NOC – обеспечение бесперебойной работы сетей передачи данных, систем хранения, вычислительных ресурсов и сервисов клиентов [13, 14].

3. Сравнительный анализ функциональных возможностей обозреваемых систем

С целью формулирования актуальных требований к разрабатываемым СМУ были выделены наиболее востребованные функции в применяемых СМУ. В табл. 1 представлен результат сравнения особенностей обозреваемых программных продуктов из пункта 2.

Таблица 1. Сравнение функционала современных СМУ операторов связи

№	Название функции	Netrac 7	COBA	Smarts	NNM	Zabbix	Cacti	NOC	Встречаемость, %
1	Применение графических средств	+	+	+	+	+	+	+	100
2	Построение топологии сети	+	+	+	+	+	+	+	100
3	Автоматическое устранение неисправностей	+	+	+	+	+	-	+	85.7
4	Отслеживание качества обслуживания пользователей	+	-	+	+	+	-	+	71.4
5	Резервирование данных	-	+	+	+	+	+	-	71.4
6	VLAN Management	-	+	+	+	-	-	+	57.1
7	IP Address Management	-	+	+	+	+	-	-	57.1
8	Привязка к географическим данным	+	+	-	-	+	-	+	57.1
9	Configuration Management	+	+	-	+	-	-	+	57.1
10	Машинное обучение	+	-	-	+	+	-	-	42.9
11	DNS Provisioning	-	+	+	-	-	-	+	42.9
12	Peering Management	-	+	-	+	-	-	+	42.9
13	Способность к самомониторингу	+	-	-	+	+	-	-	42.9
14	Адаптация пороговых значений	+	-	-	-	+	-	-	28.6
15	Защита системы	-	-	-	+	+	-	-	28.6
16	Балансировка нагрузки	-	-	-	-	-	+	-	14.3

Из табл. 1 можно выделить частоту реализации функционала в различных СМУ, что определяет важность используемых функций для персонала, применяющего СМУ на сети, поэтому было принято решение разделить общий перечень функций на две части: базовый функционал современных СМУ и дополнительный функционал, который может быть полезен при разработке будущих программных продуктов.

С учётом частоты реализации базовых функций в программных комплексах была осуществлена приоритизация и дополнительное разделение на группы. Классификация функций по группам обусловлена требованием к увеличению приоритета при разработке программных продуктов. Таким образом, в первую очередь будут реализованы и оптимизированы наиболее важные для эффективного мониторинга и управления функции разрабатываемых СМУ.

Ниже представлены базовые функции современных СМУ, частота встречаемости которых более 50 %, а также их разделение с учётом приоритетности.

1. Группа высокого приоритета:

- применение графических средств: предоставление информации о сбоях в различных графических форматах, например, круговые диаграммы, карты, графики, таблицы и т.д.;
- построение топологии и карт: автоматическое построение, валидация и отображение карт топологии инфраструктуры, построение логических карт сервисов, взаимодействия подсистем с последующим мониторингом состояния обнаруженного оборудования [15, 16];
- привязка к географическим данным: представление данных мониторинга неисправностей на иерархической графической карте, а также представление её фрагментов, визуально отображающих информацию об оборудовании и событиях [7, 17].

2. Группа среднего приоритета:

- Configuration Management: отслеживание изменений, обновлений данных конфигурации, управление конфигурацией оборудования, включая типовые настройки, соблюдение основных требований, оповещение о нарушении заданных правил, что помогает поднять уровень безопасности, доступности и операционной эффективности сети [15];
- автоматическое управление сетью: полностью автоматизированные алгоритмы, которые способны проверять конфигурацию оборудования на предмет соответствия установленным политикам и принимать корректирующие действия по устранению критических или подозрительных ситуаций, например, удалённо управлять оборудованием, автоматически перезапускать соответствующие процессы, управлять облачными ресурсами за счёт использования ранее подготовленных скриптов или сценариев и т.д.;
- обеспечение SLA (Service Level Agreement): построение и контроль модели сервисов на сети, проверка соответствия состояния предоставляемых сервисов, отслеживание соответствия качества обслуживания и проверка данных биллинга за счёт сбора информации о производительности элементов, вычисления характеристик производительности всей инфраструктуры или отдельных компонент/приложений и проверки их соответствия определенным значениям [16–19];
- резервирование: повышение отказоустойчивости системы за счёт использования серверного оборудования с дублированием основных аппаратных компонент и использования дублированных каналов СМУ, резервное копирование важной информации о сети, применение удаленных сборщиков данных – кэширование информации о событиях и состоянии сети во время простоя СМУ с последующей передачей обновлений в основную базу данных, как только она вернется в рабочий режим [12, 20].

3. Группа низкого приоритета:

- IP Address Management: мониторинг IP-адресов и адресного пространства, определение диапазонов IP-адресов для сканирования сети, поддержка независимых адресных пространств в отдельных VRF (Virtual Routing and Forwarding instance), иерархичность выделения блоков адресов, функционирование при десятках тысяч выделенных блоков и сотнях тысяч адресов IPv4 и IPv6;
- VLAN Management: возможность редактирования базы виртуальных локальных сетей (Virtual Local Area Network, VLAN), автоматическое обновление VLAN на нужном оборудовании вне зависимости от вендора, мониторинг информации о VLAN оборудования [18].

Функционал, который стоит принять в рассмотрение при разработке СМУ, однако не всегда он необходим для мониторинга и администрирования современных телекоммуникационных сетей – частота встречаемости менее 50 %:

- функционирование системы самомониторинга: отслеживание состояния компонентов системы, оповещение о сбоях и неисправностях функциональных блоков СМУ;
- адаптация пороговых значений: применение набора алгоритмов с самообучением, автоматически подбирающего рекомендуемые пороги для наиболее эффективного мониторинга производительности сети и качества услуг, что существенно сокращает количество требуемых пороговых правил и время развертывания новых служб;
- применение алгоритмов машинного обучения: выявление аномалий на основе анализа исторических данных в режиме реального времени для прогнозирования возможных сетевых проблем [19];
- обеспечение защиты информации: использование методов шифрования служебных данных, использование гибких периодов хранения для различных наборов данных [12, 17];
- Peering Management: управление и документирование пиринговых сетей и пиринговых сеансов с помощью системы управления взаимодействием с внешними сетями IP, поддержка функций BGP (Border Gateway Protocol), что позволяет хранить базу пиров и генерировать фильтры для BGP;
- DNS Provisioning: применение интерфейса для управления зонами DNS (Domain Name System), использование системы именования объектов управления DNS с целью корректного разрешения IP-адресов, от чего зависит стабильная работа большинства компонентов системы управления [18];
- балансировка нагрузки: использование служб анализа утилизации каналов и балансировки нагрузки на агрегирующих интерфейсах с целью оптимизации использования сетевых ресурсов, сокращения времени обслуживания запросов, а также обеспечения отказоустойчивости [12].

Указанную категорию функций следует рассматривать в тех случаях, когда СМУ обеспечена необходимым функционалом, то есть выполнены все актуальные требования, предъявляемые к современным СМУ. Эффективность использования дополнительных функций последней описанной категории на данный момент явно не подтверждена, так что это направление можно определить как перспективное для дальнейших исследований.

В результате проведенного анализа были определены наиболее приоритетные функции, которые рекомендуется добавить в основной список требований к разрабатываемым программным продуктам мониторинга и управления сети. Ниже представлен перечень актуальных требований к СМУ с расставлением приоритетов для реализации:

- 1) применение графических средств: построение диаграмм, графиков и карт взаимодействия оборудования для мониторинга состояния обнаруженного оборудования;
- 2) построение топологии инфраструктуры: автоматическое построение и отображение топологии сети с возможностью детализации её элементов, визуально отображающих информацию о событиях;
- 3) привязка к географическим данным: представление данных мониторинга неисправностей на географической подложке и предоставление доступа к любому из объектов мониторинга с помощью геокарты;
- 4) функционал Configuration Management: отслеживание обновлений данных конфигураций оборудования, возможность системы проверять конфигурацию оборудования на предмет соответствия установленным политикам;
- 5) автоматическое устранение неисправностей: автоматическое управление конфигурацией, использование алгоритмов для проактивного выполнения прописанных сценариев и скриптов, перезапуска процессов;
- 6) отслеживание качества обслуживания пользователей: инструменты для проверки соответствия состояния предоставляемых сервисов установленным соглашениям;

- 7) резервирование системы: дублирование основных аппаратных компонентов, дублирование каналов СМУ, резервное копирование важной информации;
- 8) функционал IP Address Management: определение диапазонов IP-адресов для сканирования сети, мониторинг адресного пространства;
- 9) функционал VLAN Management: мониторинг информации о VLAN, автоматическое обновление базы VLAN и возможность её редактирования.

4. Заключение

По итогам исследования были обозначены расширенные требования СМУ, которые описывают рекомендуемый функционал для систем, разрабатываемых и применяемых для мониторинга и управления на современных телекоммуникационных сетях. Данные требования определяются базовой группой функций, полученных в ходе анализа вышепредставленных СМУ, так как их реализация обеспечивает удобство использования и отказоустойчивость системы, позволяет уменьшить время простоя услуг и контролировать завершенное качество обслуживания клиентов, таким образом повышая эффективность работы сети в целом.

Предлагаемые требования рекомендуется учитывать разработчикам ПО при создании будущих программных комплексов для мониторинга и управления сети. Разработка программных продуктов с учётом выведенных требований к системе позволит реализуемой СМУ конкурировать с текущими лидерами на рынке телекоммуникаций, а оптимизация и модернизация применяемого функционала повысит эффективность устранения неисправностей, контроля производительности и администрирования сетей.

Литература

1. *Фокин В. Г.* Управление телекоммуникационными сетями: учебное пособие. Новосибирск: СибГУТИ, 2001. 112 с.
2. *Stallings W.* SNMP, SNMPv2 and RMON: Practical Network Management. MA: Addison-Wesley, 1996.
3. *Семенов В. Ю.* Исследование и анализ средств и методов мониторинга вычислительных сетей. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-analiz-sredstv-i-metodov-monitoringa-vychislitelnyh-setey/viewer> (дата обращения: 05.03.2022).
4. *Панов И.* Часть 1. Пять ключевых функций систем мониторинга производительности сети [Электронный ресурс]. URL: <https://networkguru.ru/piat-cliuchevykh-funktsii-sistem-monitoringa-proizvoditelnosti-seti/> (дата обращения: 07.03.2022).
5. *Бродский Г.* ТЕОСО представляет NETRAC 7, новое решение Service Assurance для операторов связи [Электронный ресурс]. URL: <https://www.content-review.com/articles/21149/> (дата обращения: 05.03.2022).
6. *Рудаков П., Саякин В.* Управление производительностью сети [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=6609> (дата обращения: 10.03.2022).
7. *Евдаимов А.* Компания САТЕЛ. Аналитика больших данных «СОБА». [Электронный ресурс]. URL: <https://satel.org/solutions/programmnye-produkty/> (дата обращения: 06.03.2022).
8. *Бряндинский А.* Системы EMC SMARTS. [Электронный ресурс]. URL: <https://comptek.ru/box/1404?printed=0> (дата обращения: 07.03.2022).
9. *Левашов А.* Dell EMC. EMC Smarts IP Performance Manager [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/a/188974> (дата обращения: 07.03.2022).

10. *Какунин А.* HP Network Node Manager. [Электронный ресурс]. URL: <https://axoft.ru/vendors/Micro-Focus/HP-Network-Node-Manage/> (дата обращения: 04.03.2022).
11. *Корсунский А.* Обзор системы мониторинга Zabbix [Электронный ресурс]. URL: <https://servergate.ru/articles/obzor-sistemy-monitoringa-zabbix/> (дата обращения: 08.03.2022).
12. *Berry I.* About Cacti. 2021. The Cacti Group, Inc. URL: <https://www.cacti.net/> (дата обращения: 07.03.2022).
13. *Todeschini G.* The NOC Project. 2019. URL: <https://www.getnoc.com/> (дата обращения: 08.03.2022).
14. Nocsproject. Fault Managment – система управления событиями и ошибками в NOC [Электронный ресурс]. URL: <https://kb.nocsproject.org/pages/viewpage.action?pageId=15106281> (дата обращения: 08.03.2022).
15. ПАО «Ростелеком». Система «Fault management/Performance management» на сегментах сетей доступа МРФ «Сибирь» на основе ПК «СОВА». Пояснительная записка. [Внутренний документ]. 2016.
16. ОАО «Сибирьтелеком». Система мониторинга сети широкополосного доступа. Технический проект. Пояснительная записка. [Внутренний документ]. 2009.
17. *Владышев А.* Исследуйте возможности Zabbix [Электронный ресурс] URL: <https://www.zabbix.com/ru/features> (дата обращения: 07.03.2022).
18. *Володин Д.* NOC: Комплексный подход к управлению сетью [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/125034/> (дата обращения: 06.03.2022).
19. *Jain A.* Performance Management Software [Электронный ресурс]. URL: <https://www.teoco.com/products-services/service-assurance/performance-management/> (дата обращения: 06.03.2022).
20. ПАО «Ростелеком». Система мониторинга неисправностей и производительности IP/MPLS сети и система мониторинга неисправностей транспортной сети. Описание архитектуры решения. [Внутренний документ]. 2016.

*Статья поступила в редакцию 15.03.2022;
переработанный вариант – 05.04.2022.*

Доценко Владислав Олегович

магистрант СибГУТИ, e-mail: dietaar98@gmail.com.

Шевнина Ирина Евгеньевна

к.т.н., доцент кафедры инфокоммуникационных систем и сетей СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. (383) 269-83-44, e-mail: pdsm@yandex.ru.

Research of current requirements for the developments of telecommunications network monitoring and control systems

Vladislav O. Dotsenko

Master's student, Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Novosibirsk, Russia), dietaar98@gmail.com.

Irina E. Shevnina

Candidate of technical sciences, Docent, Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Novosibirsk, Russia), pdsm@yandex.ru.

The modern telecommunications market dictates the need to modernize the existing requirements for monitoring and management systems of data transmission networks. The infrastructure of existing telecommunications networks is continuously becoming more complex and expanding, therefore, modern troubleshooting and network performance monitoring products must be equipped with the appropriate functionality. This paper determines the current requirements for modern systems, which must be taken into account when developing future monitoring and management software products. This article examines the functional features of software systems used on the networks of telecom operators, namely: TEOCO Netrac 7, SATEL SOVA, EMC Smarts, HP Network Node Manager, Zabbix, Cacti, NOC Project. Comparison and analysis are the tools used in this research. The research topic meets the criteria of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation (Federal Law No. 204-FL of June 23, 2016 "On Amendments to Articles 2 and 24 of the Federal Law "On Communications").

Keywords: monitoring and control systems, telecommunication network, troubleshooting.

References

1. Fokin V.G. *Upravlenie telekommunikacionnymi setjami* [Management of telecommunication networks]. Novosibirsk, SibGUTI, 2001, 112 p.
2. Stallings, W. *SNMP, SNMPv2 and RMON: Practical Network Management*. W. Stallings - Readong, MA: Addison-Wesley, 199 p.
3. Semenov V.Ju. *Issledovanie i analiz sredstv i metodov monitoringa vychislitel'nyh setej* [Research and analysis of computer network monitoring tools and methods], available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-analiz-sredstv-i-metodov-monitoringa-vychislitelnyh-setey/viewer> (accessed 05.03.2022).
4. Panov. I. *Chast' 1. Pjat' ključevykh funkcij sistem monitoringa proizvoditel'nosti seti* [Part 1. Five key functions of Network Performance Monitoring systems], 2015, available at: <https://networkguru.ru/piat-ključevykh-funktcii-sistem-monitoringa-proizvoditelnosti-seti/> (accessed 07.03.2022).
5. Brodskij G. *TEOCO predstavljaet NETRAC 7, novoe reshenie Service Assurance dlja operatorov svyazi* [TEOCO introduces NETRAC 7, a new Service Assurance solution for Telecom Operators], 2012, available at: <https://www.content-review.com/articles/21149/> (accessed 05.03.2022).
6. Rudakov P., Sajakin V. *Upravlenie proizvoditel'nost'ju seti* [Network performance Management], 2002, available at: <https://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=6609> (accessed 10.03.2022).
7. Evdaimov A. *Kompanija SATEL. Analitika bol'shih dannyh «SOVA»* [SATEL. Big data analytics "SOVA"], 2022, available at: <https://satel.org/solutions/programmnye-produkty/> (accessed 06.03.2022).
8. Brjandinskij A. *Sistemy EMC SMARTS* [EMC SMARTS systems], 2022, available at: <https://comptek.ru/box/1404?printer=o> (accessed 07.03.2022).
9. Levashov A. *Dell EMC. EMC Smarts IP Performance Manager*, 2014, available at: <https://www.tadviser.ru/a/188974> (accessed 07.03.2022).
10. Kakunin A. *HP Network Node Manager*, 2022, available at: <https://axoft.ru/vendors/Micro-Focus/HP-Network-Node-Manage/> (accessed 04.03.2022).
11. Korsunskij A. *Obzor sistemy monitoringa Zabbix* [Overview of the Zabbix monitoring system], 2021, available at: <https://servergate.ru/articles/obzor-sistemy-monitoringa-zabbix/> (accessed 08.03.2022).
12. Berry I. *About Cacti*, The Cacti Group, Inc., 2021, available at: <https://www.cacti.net/> (accessed 07.03.2022).
13. Todeschini G. *The NOC Project*, 2019, available at: <https://www.getnoc.com/> (accessed 08.03.2022).
14. Nocproject. *Fault Managment – sistema upravljenija sobytijami i oshibkami v NOC* [Fault Managment is an event and error management system in the NOC. - Blogs - Confluence], 2015, available at: <https://kb.nocproject.org/pages/viewpage.action?pageId=15106281> (accessed 08.03.2022).

15. Zenin N. *Sistema «Fault management/Performance management» na segmentah setej dostupa MRF «Sibir» na osnove PK «SOVA»* [The "Fault management/Performance management" system on the segments of the access networks of the MRB "Siberia" based on the program complex "SOVA"]. Saint Petersburg, Rostelekom, 2016.
16. Dadykin I. *Sistema monitoringa seti shirokopolosnogo dostupa. Tehnicheskij projekt* [Broadband access network monitoring system. Technical project]. Saint Petersburg, Sibirtelekom, 2009.
17. Vladyshev A. *Zabbix features overview*, 2022, available at: <https://www.zabbix.com/ru/features> (accessed 07.03.2022).
18. Volodin D. *NOC: Kompleksnyj podhod k upravleniju set'ju* [NOC: An integrated approach to network management], 2011, available at: <https://habr.com/ru/post/125034/> (accessed 06.03.2022).
19. Jain A. *Performance Management Software*, 2022, available at: <https://www.teoco.com/products-services/service-assurance/performance-management/> (accessed 06.03.2022).
20. Oseevsky M. *Sistema monitoringa neispravnostej i proizvoditel'nosti IP/MPLS seti i sistema monitoringa neispravnostej transportnoj seti. Opisanie arhitektury reshenija*. [Fault monitoring system and IP/MPLS network performance and transport network fault monitoring system. Description of the solution architecture]. Saint Petersburg, Rostelekom, 2016.