

**А. Г. Абрамов**<sup>1, 2</sup>, канд. физ.-мат. наук, доц., зам. директора, e-mail: abramov@runnet.ru,  
**А. В. Евсеев**<sup>2</sup>, директор, e-mail: evseev@runnet.ru,

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

<sup>2</sup> Филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования "Центр реализации государственной образовательной политики и информационных технологий" в г. Санкт-Петербурге

## Концептуальные аспекты создания в Российской Федерации национальной исследовательской компьютерной сети нового поколения

*Обсуждается современное состояние мировых научно-образовательных сетей, приводятся их ключевые характеристики, функции и решаемые задачи, даются краткая историческая справка и общие сведения о текущем уровне развития научно-образовательных сетей в России, обосновывается необходимость создания в стране единой научно-образовательной сети с концептуальным представлением ее целей и основных функций с учетом национальных приоритетов в сфере науки и образования, рассмотрением архитектурных компонентов сети и некоторых ожидаемых результатов.*

**Ключевые слова:** национальная научно-образовательная сеть, NREN, НИКС, RUNNet, телекоммуникационная инфраструктура, научная сетевая связность, сетевые сервисы, цифровая платформа

### Введение

Наличие телекоммуникационной инфраструктуры специального назначения, которая соответствует передовым достижениям отрасли, используется в интересах сферы науки и образования, обеспечивая эффективное сетевое взаимодействие целевых пользователей, связность с зарубежными научно-образовательными сетями, доступ в глобальное информационно-телекоммуникационное пространство, является одной из значимых характеристик уровня экономического и технологического развития государства и стратегически необходимым условием для стабильного прогресса и выхода на мировой уровень достижений в самых разных областях науки и технологий [1—4].

Результативное использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в научных исследованиях, научно-технических проектах и в образовательном процессе, способное внести значимый вклад в решение задачи построения в стране цифровой экономики, невозможно без сбалансированного развития компонентов национальной цифровой

платформы (ЦП), среди которых особая роль отводится современной распределенной инфраструктуре для хранения и обработки научных данных, высокоскоростной сети передачи данных, предназначенной для обеспечения передачи и прозрачного доступа к ним, а также экосистеме прикладных сервисов для хранения, обработки, анализа, передачи, поиска, публикации и других операций с данными [4—6].

В Указе Президента от 7 мая 2018 г. № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" обозначен ряд задач, решение которых непосредственно связано с оперативным внедрением и повсеместным использованием цифровых технологий, созданием в стране передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, использующей глобальную инфраструктуру высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных.

К основным направлениям реализации государственной политики в области научно-технологического развития в реализуемой Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (СНТР) отнесено соз-

дание условий для проведения исследований и разработок, соответствующих современным принципам организации научной, научно-технической и инновационной деятельности и лучшим практикам. Это направление в том числе обеспечивается посредством развития инфраструктуры и поддержки функционирования центров коллективного пользования научно-технологическим оборудованием (ЦКП), поддержки создания и развития уникальных научных установок (УНУ), в том числе класса "мегасайенс", крупных исследовательских инфраструктур на территории страны, доступа исследовательских групп к национальным и зарубежным информационным ресурсам, участия российских ученых в международных проектах, обеспечивающих доступ к новым компетенциям и ресурсам исходя из национальных интересов страны.

Решение целой группы задач, достижение результатов и ключевых показателей принятых к исполнению в 2018 г. национальных проектов (НП), в первую очередь, национального проекта "Наука" и связанных с ним федеральных проектов, требует прорывного развития и широкого использования инфраструктурных и сервисных возможностей специализированной ЦП — отраслевой сети передачи данных как одного из компонентов Единой цифровой платформы науки и высшего образования Минобрнауки России (ЕЦП).

Данная ЦП обеспечит интеграцию существующих и создаваемых для решения задачи по развитию передовой инфраструктуры научных исследований и разработок установок класса "мегасайенс" и других УНУ, ЦКП, а также планируемых к созданию во исполнение планов развития научной и научно-производственной кооперации научно-образовательных центров (НОЦ), научных центров мирового уровня (НЦМУ), выполняющих исследования и разработки по приоритетам НТР, в том числе в целях хранения, анализа и обмена научно-технической информацией в процессе проведения научных исследований и разработок и при реализации совместных проектов.

Накопленный мировой опыт в области создания и совершенствования глобальных телекоммуникационных сетей подчеркивает особую роль в этом процессе инфраструктурных решений, функционирующих в интересах науки и образования. В большинстве стран мира в разные временные периоды были созданы и поступательно модернизируются ответственные за решение обозначенных выше и отдельных локальных задач специализированные отраслевые сети, за которыми закреплен

общепризнанный термин — *национальная научно-образовательная сеть* (англ. — National Research and Education Network, NREN).

Положением о Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации к сфере его деятельности отнесены в том числе функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области высшего образования, научной, научно-технической и инновационной деятельности, включая деятельность *национальной исследовательской компьютерной сети нового поколения* (далее — НИКС).

НИКС должна выступать в роли национальной научно-образовательной сети России и выполнять обсуждаемые далее функции NREN. На текущем этапе развития мировых научно-образовательных сетей НИКС следует рассматривать не только и не столько в качестве отраслевой сети передачи данных, а как современную инфраструктурно-сервисную ЦП, способствующую выполнению задач, достижению целей и национальных приоритетов, определенных в документах стратегического планирования, повышению эффективности и результативности научной и образовательной деятельности.

## **1. Научно-образовательные сети в России и в мире**

### ***1.1. Современное состояние мировых научно-образовательных сетей. Основные характеристики и функции***

Сегодня NREN существуют (находясь на разных ступенях развития) в большинстве стран мира в качестве неотъемлемой части национальной ИКТ-инфраструктуры, обычно координируются государственными органами управления наукой и образованием и представляют страну в международных проектах, при реализации которых интенсивно используются современные средства телекоммуникаций, сетевые технологии, а также инфраструктурные и прикладные сервисы.

В иерархии телекоммуникационных сетей науки и образования национальная научно-образовательная сеть:

- взаимодействует с зарубежными NREN и наднациональными сетевыми консорциумами;
- управляет научно-образовательной сетью национального масштаба;
- осуществляет верхнеуровневое присоединение региональных научно-образовательных сетей;

- предоставляет услуги локальным сетям целевых пользователей (научных и образовательных организаций).

Характерные особенности научно-образовательных сетей в значительной степени определяются потребностями их целевых пользователей [2, 5, 6]:

- *повышенные требования к параметрам качества обслуживания QoS* (высокоскоростная сетевая связность для научных установок класса "мегасайнс", генераторов больших данных, сетей суперкомпьютерных центров; готовность к сверхвысоким пиковым нагрузкам; надежность передачи данных);
- *адаптируемость* (прозрачный доступ пользователей к интерфейсам управления инфраструктурой в целях ее оперативной настройки под текущие проекты VoD, L2/L3 VPN и др.);
- *инновационность* (NREN как платформа для разработки, апробации и внедрения новых перспективных ИКТ и сервисов);
- *поддержка глобальных проектов* (оперативное взаимодействие с зарубежными NREN для участия в крупных международных ИТ-проектах, реализуемых в интересах науки и образования — GNA, edu-iX, EOSC, EUDAT, EGI, PRACE, OpenAIRE и др.);
- *федеративная и межфедеративная аутентификация и авторизация* (внедрение технологий аутентификации и авторизации, предоставляющих пользователям повсеместный прозрачный доступ к ресурсам на базе согласованных на международном уровне механизмов — eduGAIN, InCommon, RA21, AARC, ResearcherID, ORCID, umbrellaID и др.);
- *мобильность* (свободный и прозрачный авторизованный доступ пользователей к ресурсам NREN и собственным сетевым ресурсам и сервисам независимо от местоположения с использованием Wi-Fi роуминга);
- *обучение и обмен опытом* (в рамках регулярно проводимых тематических научно-технологических конференций, обучающих семинаров и вебинаров).

Традиционными функциями и решаемыми задачами NREN являются [5, 7]:

- *организация национальной сетевой связности* (создание и обеспечение функционирования телекоммуникационной сети национального масштаба, связывающей подключенных к ней пользователей внутри страны);
- *взаимодействие с зарубежными NREN и сетевыми консорциумами* (обеспечение международной научной связности в партнерстве с зарубежными NREN и наднациональными сетевыми консорциумами);

- *сотрудничество с региональными научно-образовательными сетями* (организация верхнеуровневой связности участников региональных сетей; совместное управление на уровне принятия решений в целях снижения финансовых затрат за счет консолидации ресурсов и контроля расходов);
- *организация связности с коммерческим сегментом сети Интернет* (обеспечение централизованного доступа в сеть Интернет, снижение затрат пользователей на платные услуги и сервисы, привлечение внебюджетных доходов);
- *квалифицированная поддержка пользователей* (функционирование оператора NREN в качестве центра компетенций в области ИКТ, поддержка пользователей по предоставляемым услугам и сервисам);
- *управление операционными аспектами сервисов* (обеспечение жизненного цикла используемых в сети программно-аппаратных решений, техническое обслуживание и модернизация);
- *управление финансами* (финансовое планирование, управленческий учет и планирование на основе анализа ключевых показателей деятельности и достигнутых результатов, специальное ценообразование);
- *публичность и продвижение* (представление интересов страны в международных сетевых консорциумах и проектах, адресная коммуникация с текущими и потенциальными пользователями).

Среди наиболее развитых на сегодня NREN мира можно выделить отраслевые телекоммуникационные сети США — Internet2, ESnet (Energy Sciences Network) и NISN (NASA Integrated Services Network), Канады (CANARIE), Великобритании (JANET), Германии (DFN), Франции (RENATER), Италии (GARR), Испании (RedIris), Нидерландов (SURFnet), Швейцарии (SWITH), Австралии (AARNet), Китая (CERNET), Японии (SINET), Кореи (KOREN) и др.

В целях повышения эффективности реализации международных проектов и расширения взаимной кооперации в разные периоды времени были созданы наднациональные сетевые объединения в виде консорциумов научно-образовательных сетей, масштабные из которых — это GÉANT (Европа), NORDUnet (Скандинавия), RedClara (Латинская Америка), Asia@Connect/TEIN и APAN (Азиатско-Тихоокеанский регион), AfricaConnect (Африка).

Глобальный сетевой консорциум GÉANT (Gigabit European Academic Network Technology) представляет собой общеевропейскую высокоскоростную опорную транспортную IP-сеть

(100 Гбит/с), функционирующую в интересах научно-образовательного сообщества и обеспечивающую связность более 10 тыс. образовательных и научных организаций из 43 стран Европы и Западной Азии; число пользователей превышает 50 млн человек [7, 8]. GÉANT развивает широкий спектр сетевых сервисов, включая транзит IP-трафика и организацию выделенных сетей, виртуальные и облачные ресурсы и сервисы, сервисы федеративной аутентификации, службы коммуникаций в режиме реального времени, средства мониторинга и устранения неполадок при работе сети и др.

Следует отметить, что цели, задачи и функции NREN в процессе эволюции могут уточняться, расширяться и трансформироваться, откликаясь на возрастающие потребности сферы науки и образования, оперативно реагируя на интенсивное развитие средств телекоммуникаций, лавинообразный рост объемов генерируемых, передаваемых и обрабатываемых научных данных, разработку и широкое внедрение новых высокотехнологичных ИКТ и сервисов.

## ***1.2. Историческая справка и современное состояние научно-образовательных сетей в Российской Федерации***

В Российской Федерации с начала 1990-х гг. при адресной государственной поддержке в рамках исполнявшихся федеральных целевых программ, государственных научных программ, межведомственных программ и проектов создавались отраслевые телекоммуникационные сети, используемые в нуждах области науки и образования [2, 9–11].

Научно-образовательное телекоммуникационное пространство исторически строилось в виде ряда независимых сетей, в том числе проблемно-ориентированных, которые в значительной степени базировались на собственной сетевой инфраструктуре и международных каналах. Сети по сути решали и продолжают решать аналогичные задачи, при этом имеет место дублирование сетевой инфраструктуры и бюджетного финансирования.

По состоянию на 2019 г. относительно полноценно функционируют лишь наиболее крупные научно-образовательные сети — федеральная университетская компьютерная сеть RUNNet (Russian UNiversity Network), сеть системы региональных отделений РАН RASNet (Russian Academy of Sciences Network) и отраслевая сеть НИЦ "Курчатовский институт", связывающая организации, кото-

рые специализируются в области ядерной физики.

Созданная в 1994 г. сеть RUNNet [1–4, 10] имеет точки присутствия в десятках российских субъектов, напрямую предоставляя услуги более 100 организациям высшего образования и науки, среди которых — университеты особого статуса, федеральные, национальные исследовательские и опорные университеты, а также ряд научно-исследовательских институтов, организаций культуры и здравоохранения в Москве и Санкт-Петербурге.

Магистральная инфраструктура RUNNet объединяет опорные узлы и каналы связи между ними, формирующие опорную сеть, которая простирается от Амстердама до Новосибирска, а ее работу обеспечивают международные, федеральные и региональные телекоммуникационные узлы.

Федеральные узлы расположены в Москве и Санкт-Петербурге, объединяются внутри городов высокоскоростными каналами связи с разветвленной инфраструктурой и полным резервированием. Узлы между городами связаны четырьмя каналами (4×10 Гбит/с), организованными на базе физически независимых магистралей. Федеральные узлы связаны магистральными каналами с региональными узлами, узлами доступа, с научно-образовательными сетями, сетями коммерческих операторов и сетью Интернет.

Региональные узлы RUNNet расположены в городах всех федеральных округов (в том числе в Барнауле, Екатеринбурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Перми, Самаре, Саратове, Томске, Уфе, Хабаровске, Челябинске), представляют собой магистральные узлы с размещенным на них телекоммуникационным оборудованием и используются для подключения расположенных в субъектах образовательных и научных организаций. Каналы связи между узлами имеют пропускную способность от 1 до 10 Гбит/с.

Функционирование магистральной инфраструктуры RUNNet за пределами страны основывается на 25-летнем сотрудничестве с сетью NORDUnet (используемой для доступа к ресурсам зарубежных NREN) [6] и налаженном сетевом взаимодействии с ведущими Tier1-операторами (для доступа в публичные сети и сеть Интернет, 30 Гбит/с в сумме). Международные узлы сети расположены на площадках сети NORDUnet (Стокгольм), институтов NIKHEF (Амстердам) и CSC (Хельсинки). RUNNet имеет два подключения к зарубежным NREN — в Хельсинки (к GÉANT) и в Стокгольме (к NORDUnet), с пропускной

способностью 10 Гбит/с каждое и с возможностью расширения.

RUNNet эксплуатирует и систематически развивает решения, базирующиеся на высокопроизводительных DWDM-сетях, участвует в обмене сетевым трафиком на шести IX-узлах (включая AMS-IX, MSK-IX, DATA-IX, SPB-IX; 41 Гбит/с в сумме), имеет более 25 прямых пиринговых соединений (175 Гбит/с в сумме).

Следует заметить, что после реорганизации в 2018 г. ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика", на протяжении многих лет являвшегося оператором RUNNet, и разделения Министерства образования и науки Российской Федерации на два федеральных органа исполнительной власти функции управления сетью были переданы ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ (подведомственному Минпросвещения России), для которого эта деятельность не является профильной.

Сегмент академической сети RASNet [11] в Московском регионе, оператором которого является МСЦ РАН, включает в себя опорную сеть в городе Москве, которая построена с использованием собственных волоконно-оптических линий связи (протяженностью более 100 км), с ядром на базе узлов в МСЦ РАН и на двух технологических площадках взаимодействия операторов связи, объединенных каналами с пропускной способностью 10 Гбит/с. Узлы используются для взаимодействия с другими научно-образовательными и отраслевыми сетями, научными центрами страны, а также для обмена сетевым трафиком и IP-транзита в сети Интернет.

Пользователями RASNet являются более 100 научных организаций, решающих с ее помощью задачи хранения, анализа и обмена научно-технической информацией, доступа к суперкомпьютерным центрам и развития научно-производственной кооперации. В состав RASNet входят сети трех региональных научных центров РАН (в Троицке, Пущино и Черноголовке).

Отдельные сегменты академической сети в Сибири и на Дальнем Востоке находятся под управлением региональных отделений РАН. Оператором сети Сибирского отделения РАН является Институт вычислительных технологий СО РАН [12], а сети Дальневосточного отделения РАН — Вычислительный центр ДВО РАН [13], который является ответственным арендатором канала передачи данных (200 Мбит/с), связывающего между собой отраслевые сети Московского, Сибирского и Дальневосточного регионов.

Можно констатировать таким образом, что на текущий момент единая национальная научно-образовательная сеть в стране отсутствует, вследствие чего имеют место весьма невы-

сокий уровень сетевого взаимодействия целевых пользователей, параллельное бюджетное финансирование идентичных инфраструктурных решений, а также в значительной мере ограничиваются потенциал международного научно-технологического сотрудничества и возможности полноправного участия российских организаций в международных проектах в области науки и образования (несмотря на многолетнее сотрудничество с отдельными зарубежными сетями и содержательный опыт участия в глобальных сетевых инициативах).

В последнем квартале 2018 г. ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ по заданию Минпросвещения России был сформирован комплекс организационно-технических решений, включающих накопленные в ходе управления сетью RUNNet результаты деятельности, в целях передачи управления проектом в профильное ведомство (Минобрнауки России) с сохранением целостности ключевых элементов сетевой инфраструктуры и сервисов и обеспечением их бесперебойного функционирования.

В соответствии с принятыми решениями Минобрнауки России в 2019 г. стартовали работы по созданию НИКС на основе интеграции сетей RUNNet и RASNet с передачей функций управления объединенной сетью, а также имущества, обязательств и персонала сети RUNNet в МСЦ РАН. После формирования ядра НИКС запланированы к реализации мероприятия по присоединению к ней региональных академических сетей СО РАН, ДВО РАН и других региональных и кампусных сетей с действующей в интересах научных и образовательных организаций локальной инфраструктурой доступа.

## 2. Цели и основные функции создаваемой НИКС

Ключевой целью создаваемой НИКС является предоставление научным и образовательным организациям страны возможностей для выполнения исследований и разработок по приоритетным направлениям НТР, участия в крупных российских и международных научных проектах, базирующихся на использовании устойчивой и отвечающей современным требованиям отраслевой информационно-телекоммуникационной сети, интегрированной в инфраструктуру мировых NREN.

НИКС будет ответственна за формирование и обеспечение функционирования единого научно-образовательного информационного пространства в целях эффективного использования создаваемой передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, иннова-

ционной деятельности, в том числе для обеспечения глобальной доступности и возможностей распределенной работы с большими данными, генерируемыми научными установками класса "мегасайенс", другими крупными УНУ, а также на базе создаваемой сети НОЦ.

НИКС предоставит надежный высокоскоростной доступ к отраслевым и публичным сетям, расположенным в них ресурсам и сервисам, способствуя реализации информационного взаимодействия между организациями-участниками НОЦ при совместном выполнении ими научных и научно-производственных проектов для достижения целей НП, обеспечения решения задач СНТР и пространственного развития.

Предполагается, что НИКС будут делегированы отдельные функции разрабатываемой в рамках НП "Наука" ЕЦП и ее составных частей, в концепциях реализации которых явным образом зафиксирована необходимость создания и эксплуатации НИКС в качестве сетевой инфраструктуры российской науки и высшего образования.

На базе НИКС будет обеспечена отраслевая сетевая связность и предоставлен расширяемый набор специализированных сервисов, реализованы интерфейсы управления собственными ресурсами сети для возможности интеграции с цифровыми системами управления ЕЦП, в том числе с использованием развиваемых технологий федеративной аутентификации [14, 15].

Следует специально отметить, что НИКС лишена ограничений публичных сетей, эксплуатируемых коммерческими операторами связи, которые ориентированы на предоставление услуг на базе стандартных технологических решений с организацией доступа к научным ресурсам и проектам через глобальную сеть Интернет (и лишь при наличии принципиальной возможности). В сравнении с ними НИКС обеспечивает своим пользователям целый ряд существенных преимуществ, в том числе более дешевую стоимость услуг, лучшую производительность и характеристики качества, уникальную связность с международным научно-образовательным ИКТ-пространством, специализированные сервисы и адресную техническую поддержку.

### **3. Особенности архитектуры создаваемой НИКС: телекоммуникационная инфраструктура и сервисы**

Функционирование НИКС основано на эксплуатации и поступательном совершенствовании глобальной гетерогенной отраслевой сети

передачи данных, обеспечивающей прямое сетевое взаимодействие целевых пользователей, сетевых субъектов и внешних генераторов больших научных данных. НИКС объединяет информационно-телекоммуникационные сети конечных пользователей и отдельные региональные сети в рамках общего адресного пространства с использованием современных сетевых технологий.

Архитектура НИКС проектируется, создается и модернизируется в интересах стратегических НП и программ сферы образования и науки с учетом ожидаемого в ближайшие годы многократного роста объемов генерируемых научных данных, которые потребуют передачи по сетям и распределенной обработки участниками устойчивых исследовательских коллабораций.

В архитектурном и функциональном плане НИКС подразделяется на *инфраструктурную* и *сервисную* составляющие. *Телекоммуникационная инфраструктура* НИКС, включающая в себя магистральную (опорную) инфраструктуру и инфраструктуру доступа, на начальном этапе построения будет использовать объединенные и оптимизированные инфраструктурные компоненты сетей RUNNet и RASNet и других интегрируемых в нее сетей. Транспортная основа магистральной инфраструктуры — это опорная сеть, обеспечивающая магистральную связность между всеми федеральными округами, а также с зарубежными NREN и сетевыми консорциумами. Работа магистральной инфраструктуры организуется на базе различающихся предназначением и составом оборудования опорных узлов сети, создаваемых в крупных городах страны и за рубежом, а также каналов связи между ними.

Опорные узлы федерального уровня являются ключевыми элементами сети, создаются и функционируют в целях обеспечения эффективного межсетевого обмена данными между целевыми пользователями, отказоустойчивости и оптимизации использования магистральной инфраструктуры с учетом поставленных задач СНТР, НП "Наука" и пространственного развития.

Федеральные опорные узлы связываются высокоскоростными магистральными каналами друг с другом с помощью физически независимых магистралей с полным резервированием (в соответствии с топологией и уровнем утилизации отдельных сегментов), с региональными опорными узлами сети, узлами доступа, научными и отраслевыми сетями иных ведомств, сетями других телекоммуникационных операторов и с глобальной сетью Интернет.

Пропускная способность каналов связи в составе магистральной инфраструктуры может

варьироваться от 10 до 100 Гбит/с в зависимости от потребностей пользователей (в первую очередь, базовых организаций объектов передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, имеющих повышенные требования к характеристикам сетей передачи данных).

Региональные опорные узлы создаются в городах, являющихся значимыми научными и образовательными центрами, представляют собой оборудованные телекоммуникационные узлы, которые задействуются для подключения к магистральной инфраструктуре расположенных в субъекте целевых пользователей, в том числе участников НОЦ, НЦМУ, ЦК НТИ и др., а также объектов научной инфраструктуры коллективного пользования (ЦКП, УНУ).

Инфраструктура доступа представляет собой совокупность каналов связи и размещенного на узлах доступа телекоммуникационного оборудования, которые обеспечивают постоянный высоконадежный доступ пользователей к магистральной инфраструктуре НИКС. Узлы доступа могут располагаться в серверных помещениях организаций-пользователей, на технологических площадках взаимодействия операторов, телекоммуникационных узлах операторов связи. Скорость подключения пользователей к магистральной инфраструктуре может существенно различаться (в зависимости от потребностей, технических возможностей и экономических аспектов).

Управление интегрируемыми в структуру НИКС региональными и отраслевыми сетями, кампусными сетями пользователей осуществляется их операторами и телекоммуникационными службами самостоятельно во взаимодействии со специалистами НИКС.

Связность с зарубежными NREN и публичными сетями (включая глобальную сеть Интернет) организуется через федеральные и международные узлы НИКС посредством резервируемых высокоскоростных магистральных каналов связи с использованием ресурсных возможностей зарубежных NREN и сетевых консорциумов, верхнеуровневых сервис-провайдеров и международных технологических площадок взаимодействия операторов связи.

В целях повышения уровня сетевой связности НИКС может подключаться к расположенным внутри страны и за рубежом точкам обмена трафиком (IX), участвовать в прямом межсетевом обмене с сетями крупных операторов связи.

НИКС предоставляет пользователям систематически пополняемый набор специализированных сервисов, принимает участие в их развитии и совершенствовании, ориентируясь на достижения мировых NREN. Сервисы можно подразделить на четыре группы: инфраструк-

турные сервисы, сервисы телематических служб, прикладные и профессиональные сервисы.

К базовым *инфраструктурным сервисам* НИКС относятся:

- обеспечение функционирования отраслевой сети передачи данных, реализация сетевой связности в интересах сферы науки и образования страны, включая цели и задачи национальных проектов и программ;
- предоставление целевым пользователям возможностей удаленного контролируемого доступа к объектам создаваемой и совершенствуемой научной инфраструктуры коллективного пользования (установки класса "мегасайенс", ЦКП, УНУ, СКЦ);
- объединение на основе инфраструктурно-сервисной ЦП сети ресурсов организаций в целях развития научной и научно-производственной кооперации (НОЦ, НЦМУ, ЦК НТИ);
- обеспечение высокопроизводительного межсетевого взаимодействия с зарубежными NREN, доступа пользователей к функционирующим в них научным и образовательным ресурсам и сервисам;
- предоставление возможностей удаленного доступа к международным исследовательским проектам и массивам научных данных, в том числе класса "большие данные" (LHC, XFEL, ESRF, FAIR, ITER, SuperKEKB, NOvA, XENON, LIGO, PAO, SKA и др.);
- предоставление доступа к публичным сетям, включая сеть Интернет;
- осуществление IP-транзита трафика для региональных научно-образовательных сетей и операторов связи, аффилированных с научными и образовательными организациями;
- создание отдельных виртуальных частных сетей (VPN), функционирующих изолированно от публичной сети Интернет;
- организация каналов передачи данных по запросу с заданными параметрами качества SLA для совместного выполнения научных проектов;
- создание наложенных проблемно-ориентированных сетей, обеспечивающих сетевую связность организаций, вовлеченных в исследования по общим научным тематикам, в том числе сетей для распределенной обработки научных данных;
- сервисы сетевой и информационной безопасности (защита от DDoS-атак, фильтрация сетевого трафика, обмен данными в защищенном контуре и др.);
- сервисные решения на базе технологий программно-конфигурируемых сетей (SDN), виртуализация физических сетевых ресурсов;

- создание тестовых ИКТ-площадок, лабораторных стендов по запросу (апробация, тестирование и запуск в рабочую эксплуатацию перспективных IT-технологий и прикладных сервисов);
- облачные сервисы модели IaaS (управление средой облачных вычислений, предоставление виртуальных машин по запросу, индивидуальная конфигурация вычислительных мощностей, сервисы виртуальных блочных устройств, эластичного хранения объектных данных, виртуальных сетей).

К специализированным *сервисам телематических служб* относятся:

- сайт центра управления сетью (NOC) с личными кабинетами пользователей, развитым информационным и вспомогательным функционалом, включая обработку заявок по сетевым инцидентам, предоставление сведений об используемых ресурсах, загрузке каналов и др.;
- Local Internet Registry, LIR (управление AS, сетями IPv4/IPv6 адресов);
- сервисы тестирования характеристик сетевой инфраструктуры, измерения пропускной способности каналов передачи данных;
- служебные сервисы мониторинга и контроля работоспособности магистральной сетевой инфраструктуры и отдельных сервисов;
- сервисы блокировки доступа к запрещенным законодательством ресурсам;
- традиционные сетевые сервисы (DNS, NTP, электронная почта, обмен сообщениями, цифровые сертификаты и др.).

К *прикладным сервисам*, в развитии и эксплуатации которых могут задействоваться ресурсы и компетенции НИКС, относятся:

- сервисы системы управления научной инфраструктурой коллективного пользования (списки оборудования ЦКП и УНУ, мониторинг доступности и загрузки, средства предоставления оперативной аналитики и отчетности);
- облачные сервисы модели PaaS (вычислительные кластеры и разделяемые хранилища данных по запросу, виртуальные рабочие столы, совместная разработка и поддержка IT-проектов, разработка документов);
- облачные сервисы для проведения совместных исследований в удаленном доступе модели SaaS (предоставление доступа к прикладному программному обеспечению по запросу, запуск проблемно-ориентированных пакетов на вычислительных кластерах с контролем доступа и использования ресурсов);

- облачные сервисы работы с научными данными (архивное и временное хранение, виртуализация, обмен данными, совместная работа, цифровые права и управление ими);
- сервисы визуализации и проведения численных расчетов, "научные блокноты" (интерактивные среды программирования, создания и обмена документами с развитыми возможностями коллективной работы);
- сервисы идентификации участников научно-технического взаимодействия и повсеместного безбарьерного доступа к научным ресурсам на базе технологий федеративной аутентификации (обеспечение мобильности, повсеместного доступа к ресурсам, интеграция с зарубежными системами идентификации, участие в международных проектах eduroam, eduGAIN);
- сервисы научных коммуникаций в режиме реального времени для проведения конференций, семинаров, совещаний, персонального профессионального общения, научные социальные сети (вебинары, видеоконференцсвязь, стриминговые трансляции, VoIP и др.);
- сервисы мониторинга, анализа и визуализации статистики по степени использования телекоммуникационной инфраструктуры сети пользователями для целей обмена научными данными.

*Профессиональные сервисы* предполагают оказание консультационных услуг и технической поддержки пользователей, проектное управление при решении задач развития сети, апробации и внедрения новых технологий и сервисов.

## Заключение

Создание НИКС с нормативным закреплением за ней статуса национальной научно-образовательной сети Российской Федерации и успешная реализация мероприятий по ее дальнейшему развитию будут способствовать укреплению позиций российской науки в приоритетных научных областях при реализации совместных проектов в рамках внутрироссийского и международного сотрудничества научных и научно-технологических коллабораций, предоставит возможности для прагматически обоснованной полномасштабной интеграции участников научно-технического процесса в международное научное ИКТ-пространство, глобальную инфраструктуру мировых NREN. Это обеспечит доступ к новым компетенциям, идеям и передовым технологиям, внесет свой вклад в формирование



интернациональной научной среды, устойчивой кооперации с мировым сообществом с учетом национальных интересов.

На базе НИКС будет реализована надежная высокоскоростная научная связность ведущих исследовательских центров, научных и образовательных организаций для эффективного обмена данными с контролем использования и оптимизацией затрат на сеть передачи данных, эксплуатируемую в интересах создаваемой географически распределенной передовой инфраструктуры исследований и разработок и способствующую достижению целей и ключевых показателей НП "Наука".

#### Список литературы

1. **Абрамов А. Г., Евсеев А. В.** Сеть RUNNet: навстречу современным вызовам сферы телекоммуникаций в науке и образовании // Информатизация образования и науки. 2017. № 1. С. 100—115.
2. **Ижванов Ю. Л.** Научно-образовательные компьютерные сети. Прошлое, настоящее и тенденции развития // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 2. С. 17—25.
3. **Абрамов А. Г., Евсеев А. В.** RUNNet как национальная научно-образовательная сеть России: цели, основные задачи, телекоммуникационная инфраструктура и сервисы // Информатизация образования и науки. 2018. № 4. С. 3—15.
4. **Abramov A. G., Evseev A. V.** RUNNet: infrastructural and service basis of the national research and education network of the Russian Federation / Proc. VIII Int. Conf. "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education" (GRID 2018), Dubna, September 10—14, 2018. P. 52—57. [Urn:nbn:de:0074-2267-5](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0074-2267-5).
5. **Allocchio C., Balint L., Berkhout V., Bersee J., Izhvanov Y. et al.** A History of international research networking: the people who made it happen. N. Y.: Wiley-VCH, 2010. 317 p.
6. **Lehtisalo K.** The History of NORDUnet: Twenty-five years of networking cooperation in the Nordic countries (2005). URL: <http://www.nordu.net/history/book.html>.
7. **GÉANT: The Case for NRENs.** A Repository of Resources to Support Funding, Advocacy and the Advancement of National and Regional R&E Networks. URL: <https://www.caseforrens.org>.
8. **Абрамов А. Г.** Панъевропейский научно-образовательный сетевой консорциум GÉANT: особенности инфраструктуры, ключевые проекты и сервисы // Информационные технологии. 2018. № 8. С. 546—553.
9. **Васенин В. А.** Российские академические сети и Internet (Состояние, проблемы, решения). М.: РЭФИА, 1997. 173 с.
10. **Гугель Ю. В., Ижванов Ю. Л., Абрамов А. Г.** Федеральная университетская сеть RUNNet: прорыв в третье десятилетие // Труды XVIII объединенной конференции "Интернет и современное общество" (IMS-2015), Санкт-Петербург, 23-25 июня 2015 г. СПб.: Университет ИТМО, 2015. С. 249—259.
11. **Кулагин М. В., Серебряков В. А.** Информационное пространство РАН (Проекты и реализация, 1998—2013) // Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19—24 сентября 2016 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М. В. Келдыша, 2016. С. 194—222.
12. **Шокин Ю. И., Федотов А. М., Белов С. Д., Жижимов О. Л., Никульцев В. С., Чубаров Л. Б.** Мультисервисная корпоративная сеть передачи данных Сибирского отделения РАН (МКС ПД СО РАН). Сеть Интернет Сибирского отделения РАН СО РАН. Новосибирск: Издательский центр ИВТ СО РАН, 2005. 39 с.
13. **Ханчук А. И., Наумова В. В., Сорокин А. А.** Корпоративная сеть ДВО РАН: высокотехнологичная интеграция научных подразделений // Вестник РАН. 2008. № 4. С. 298—303.
14. **Овсянников А. П., Савин Г. И., Шабанов Б. М.** Удостоверяющие федерации научно-образовательных сетей // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 3—7.
15. **Абрамов А. Г., Васильев И. В., Порхачев В. А.** Развитие инфраструктуры аутентификации и авторизации для удостоверяющей федерации в рамках проектов eduGAIN и eduoam на базе сети RUNNet // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2017. № 4. С. 56—64.

**A. G. Abramov**<sup>1,2</sup>, Ph.D., Assistant Professor, Deputy Director, e-mail: [abramov@runnet.ru](mailto:abramov@runnet.ru),

**A. V. Evseev**<sup>2</sup>, Director, e-mail: [evseev@runnet.ru](mailto:evseev@runnet.ru),

<sup>1</sup> Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,

<sup>2</sup> St. Petersburg branch of FPAEI CVE CRSEPIIT, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

## Conceptual Aspects of Creating the New Generation National Research Computer Network in the Russian Federation

*The current status of the world's research and education networks is discussed, their key characteristics, functions and tasks are presented, a brief historical background and general information about the current level of development of research and education networks in Russia are given, the necessity of creating a unified research and education network in the country is substantiated with a conceptual presentation of its objectives and core functions taking into account national priorities in science and education, the consideration of the architectural components of the network and some of the expected results.*

**Keywords:** National Research and Education Network, NREN, RUNNet, telecommunication infrastructure, research network connectivity, network services, digital platform

DOI: 10.17587/it.25.724-733

## References

1. Abramov A. G., Evseev A. V. Network RUNNet: towards the state-of-the-art challenges in the field of telecommunications in science and education, *Informatizatsiya Obrazovaniya i Nauki*, 2017, vol. 1, pp. 100–115 (in Russian).
2. Izhvanov Yu. L. Research and education computer networks. Past, present and development trends, *Obrazovatel'nye Resursy i Tekhnologii*, 2017, vol. 2, pp. 17–25 (in Russian).
3. Abramov A. G., Evseev A. V. RUNNet as a national research and education network of Russia: goals, main tasks, telecommunication infrastructure and services, *Informatizatsiya Obrazovaniya i Nauki*, 2018, vol. 4, pp. 3–15 (in Russian).
4. Abramov A. G., Evseev A. V. RUNNet: infrastructural and service basis of the national research and education network of the Russian Federation. Proc. VIII Int. Conf. "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education" (GRID 2018), Dubna, September 10–14, 2018. pp. 52–57. Urn:nbn:de:0074-2267-5.
5. Allocchio C., Balint L., Berkhout V., Bersee J., Izhvanov Y. et al. *A History of international research networking: the people who made it happen*, N. Y., Wiley-VCH, 2010. 317 p.
6. Lehtisalo K. The History of NORDUnet: Twenty-five years of networking cooperation in the Nordic countries (2005), available at: <http://www.nordu.net/history/book.html>.
7. GEANT: The Case for NRENs. A Repository of Resources to Support Funding, Advocacy and the Advancement of National and Regional R&E Networks, available at: <https://www.caseforrens.org>.
8. Abramov A. G. Pan-European research and education network consortium GEANT: infrastructure features, key projects and services, *Informatsionnye Tehnologii*, 2018, vol. 8, pp. 546–553 (in Russian).
9. Vasenin V. A. *Russian academic networks and Internet (Status, problems, solutions)*, Moskva, REFIA, 1997. 173 p. (in Russian).
10. Gugel Yu. V., Izhvanov Yu. L., Abramov A. G. Federal University Network RUNNet: breakthrough in the third decade. Proceedings of the XVIII Joint Conference "The Internet and Modern Society" (IMS-2015), St. Petersburg, June 23–25, 2015, ITMO University, pp. 249–259 (in Russian).
11. Kulagin M. V., Serebryakov V. A. Information space of RAS (Projects and implementation, 1998–2013). Scientific service on the Internet: works of the XVIII All-Russian Scientific Conference (September 19–24, 2016, Novorossiysk), Moscow, Keldysh IAM, 2016, pp. 194–222 (in Russian).
12. Shokin Yu. I., Fedotov A. M., Belov S. D., Zhizhimov O. L., Nikultsev V. S., Chubarov L. B. *Multiservice corporate data network of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (MCS DN SB RAS). The Internet of the Siberian Branch of the RAS SB RAS*. Novosibirsk, Publishing Center of ICT SB RAS, 2005. 39 p. (in Russian).
13. Khanchuk A. I., Naumova V. V., Sorokin A. A. Corporate network of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: high-tech integration of scientific departments, *Vestnik RAN*, 2008, vol. 4, pp. 298–303 (in Russian).
14. Ovsyannikov A. P., Savin G. I., Shabanov B. M. Identity federations of research and education networks, *Programmye Produkty i Sistemy*, 2012, vol. 4, pp. 3–7 (in Russian).
15. Abramov A. G., Vasilyev I. V., Porhachev V. A. Development of the authentication and authorization infrastructure for the identity federation within the eduGAIN and eduoam projects based on the RUNNet network, *ITNOU: Informatsionnye Tekhnologii v Nauke, Obrazovanii i Upravlenii*, 2017, vol. 4, pp. 56–64 (in Russian).

УДК 004.031.2

DOI: 10.17587/it.25.733-737

Ю. А. Холопов, вед. инженер,

Институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева  
Российской академии наук,

Нгуен Ван Хиеу, магистрант, e-mail: [vanhieu942010@gmail.com](mailto:vanhieu942010@gmail.com)

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

## Реализация контроллера активной синхронной измерительной подсистемы цифровой системы управления

*Вынесение из центрального процессора функций управления вводом параметров упрощает разработку и отладку цифровых систем управления. В статье описан вариант построения контроллера периферии с общим для всех интерфейсов управления датчиками генератора временных меток. Показаны преимущества предложенной реализации.*

**Ключевые слова:** цифровая система управления, активная синхронная измерительная подсистема, исполнительная подсистема

### Введение

В настоящее время большинство цифровых систем управления (ЦСУ) построено на основе вычислителей с архитектурой универсальной ЭВМ. В таких системах управлением периферии

ей — датчиками и исполнительными устройствами — занимается центральный процессор (ЦП).

Наиболее точная картина состояния объекта управления (ОУ) может быть получена при фиксации всех его параметров одновременно. Программное управление датчиками проводит-