

Внедрение облачных вычислений в телекоммуникационные сети

А.Е. Алишева¹, Н.С.Мальцева¹, Т.В.Ведерникова¹, Д.В.Ведерников¹

¹*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия*

Аннотация – в работе рассмотрены варианты внедрения облачного вычисления в телекоммуникационную сеть, приведены основные преимущества и недостатки. Использование облачных вычислений в сфере телекоммуникаций позволит удовлетворить потребность заказчика, минимизирует затраты на реорганизацию и модернизацию сети. Принцип облачных вычислений базируется на предоставлении вычислительных услуг через сеть Интернет, которые включают в себя инфраструктуру, как услугу, платформу как услугу и платформа как услуга. Так же благодаря внедрению облачных вычислений в организацию телекоммуникационных сетей позволит операторам связи предоставлять больший список услуг.

Ключевые слова – облачные вычисления, телекоммуникационные сети, виртуализация сетевых функций, архитектура программно-определяемых сетей.

I. ВВЕДЕНИЕ

Пандемия COVID-19 способствовала увеличению потребности в облачных услугах, так как множество компаний были вынуждены ускорить свою цифровую трансформацию. В 2024 году расходы на облачную инфраструктуру в глобальном масштабе достигли \$192 млрд. Это на 74,3% больше по сравнению с 2023-м, когда объем рассматриваемого рынка оценивался в \$110 млрд., а отраслевые аналитики Gartner прогнозируют стремительное обновление систем центров обработки данных, устройств и программного обеспечения. Прогнозируется, что затраты на центры обработки данных увеличатся на 23,2%, достигнув суммы в 405,5 миллиарда долларов. [1].

С развитием новых технологий в сфере телекоммуникационной отрасли и ростом спроса потребителя появляется необходимость в модернизации и оптимизации сети.

Использование облачных технологий стало必要ю в цифровой сфере, оказывающее большое влияние на телекоммуникационные сети. Внедрение такой технологии вызвано быстрым ростом объема передаваемых данных, необходимых для обработки или хранения информации, а также для

удовлетворения скорости и надежности передачи данных.

Облачные вычисления, характеризуются высоким уровнем масштабируемости, гибкости и эффективности. Интеграция облачных технологий – это фундаментальный сдвиг, который расширяет возможности отрасли телекоммуникации.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В статье поставлена задача произвести анализ облачных вычислений в телекоммуникациях, привести преимущества и недостатки, а также рассмотреть основные проблемы внедрения.

III. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Согласно [2] облачные вычисления или облачные технологии представляют собой модель обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к некоторому общему фонду конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам — как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру.

Быстрое развитие технологий и растущий спрос на телекоммуникационные услуги сподвигнуло операторов связи интегрировать облачные вычисления, которые способны произвести революцию в телекоммуникационном секторе. Облачные вычисления предоставляют вычислительные услуги через сеть Интернет, предлагая масштабируемость, гибкость и экономическую эффективность [3].

Рассмотрим каждый критерий отдельно.

Масштабируемость сети подразумевает собой динамическое распределение потока трафика в режиме реального времени, тем самым обеспечивая оптимальное использования сетевого оборудования и расширения возможности эффективного управления пиковой нагрузкой. Данный критерий позволяет

операторам связи поддерживать высокое качество обслуживания и надежность. Необходимость масштабируемости сети продиктовано постоянно растущим объемом трафика, который вызван появлением новых технологий, например Интернет-вещей, искусственным интеллектом и машинным обучением. По итогам 2024 года количество устройств Интернет вещей с поддержкой технологии eSIM (встроенная SIM-карта) в глобальном масштабе превысило 1 млрд [4].

Облачные вычисления обеспечивают гибкость сети, благодаря чему операторы связи беспрепятственно могут внедрять новые услуги. Облачные платформы предоставляют универсальную среду, в которой сервера можно разрабатывать, тестировать и развертывать с минимальными начальными затратами.

Благодаря облачным вычислениям операторы могут расширить свои услуги, предоставляя не только подключение к Интернету, но и комплекс цифровых услуг, таких как:

- *Унифицированные коммуникации как услуга.* Эта модель стремительно становится универсальным решением для компаний со сложными коммуникационными потребностями. В 2021 году объем выручки в сфере UCaaS составил \$16,4 млрд (рост на 21,2% по сравнению с 2020 годом). Ожидается, что к 2025 году ежегодный прирост отрасли составит 28-29%. Большую часть доходов вендоры получают за счет предоставления услуг веб- и видео-конференц-связи и контакт-центров. [5]

Как правило, платформа унифицированных коммуникаций предоставляет интуитивно понятный интерфейс для управления всеми компонентами — от видео-конференц-связи до IP-телефонии. Обычно это происходит через приложение или другое программное обеспечение, которое подключается к облаку.

- *Сеть как услуга.* Технология «сеть как услуга» (Network as a Service, NaaS) предусматривает, что сетевое оборудование, ПО и операционные/эксплуатационные услуги вместо традиционных первоначальных затрат относятся на операционные расходы [5]. Решения NaaS позволяют оптимизировать операции за счет автоматизации и инструментов самообслуживания, упростить закупки и ускорить предоставление услуг для повышения качества клиентского опыта.

- *Платформа как услуга.* PaaS (Platform as a Service) — это услуга, которая заключается в предоставлении пользователям готовой облачной платформы для разработки, тестирования и развертывания приложений, от простых облачных программ до промышленных систем [5]. Разработчик получает полноценную среду разработки, которую может настраивать под свои потребности.

Экономическая эффективность заключается в внедрении модели «оплата по мере поступления», при которой провайдеры могут масштабировать и

модернизировать свою сеть в зависимости от спроса, когда в свою очередь традиционная модель телекоммуникационной сети требует крупных инвестиций в оборудования и оптимизацию центров обработки данных.

Помимо всего вышеописанного облачные вычисления уменьшают время аварийного восстановления сети и сводит к минимуму риска потерь данных или перебоев.

IV. ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Облачные вычисления предлагают широкий спектр услуг. Зачастую компании покупают физическое оборудование (сервер, блок бесперебойного питания и т.д.) и размещают его у себя. Это оборудование достаточно дорогостоящее, а затраты относятся в статью капитальных затрат. Кроме того, для обслуживания и настройки оборудования необходимы специалисты, работа которых также стоит немалых средств.

Принцип облачных вычислений базируется на предоставлении вычислительных услуг через сеть Интернет, которые включают в себя инфраструктуру, как услугу (IaaS), платформу как услугу (PaaS) и платформа как услуга (SaaS). Данные модели обеспечивают масштабируемые и гибкие системы [6].

IaaS (Infrastructure as a Service) – инфраструктура как услуга, т.е. аренда вычислительных ресурсов (процессор CPU, оперативная память RAM, пространство на диске HDD). Из этих ресурсов собирают «виртуальный сервер», на который можно установить любое необходимое ПО. Это базовый, основной сервис в системе облачных услуг.

Согласно [7] преимущества IaaS:

- гибкие настройки – можно уменьшать или увеличивать ресурсы по мере необходимости в реальном времени;
- сокращение затрат – отпадает необходимость покупать дорогое серверное оборудование и нанимать штат работников для его обслуживания;
- оптимизация затрат – из капитальных затрат они перемещаются в операционные;
- скорость – нет необходимости ждать, настраивать и обслуживать оборудование – можно начать работать в тот же день;
- удобство – можно работать из любой точки мира и не быть привязанным к конкретному месту.

PaaS (Platform as a Service) – платформа как услуга. Простыми словами – это уже готовая платформа с определенными настройками под разные задачи, т.е. это IaaS + настроенное ПО.

В этом варианте провайдер берет на себя всю настройку и конфигурацию оборудования, устанавливает необходимые программы, а пользователь загружает туда свои данные и можете

приступить к работе. Например, клиенту не нужно строить базу данных с нуля, это предлагается как уже готовый сервис (платформа), который предоставляет провайдер. Клиент просто загружает туда данные и может начать работать.

Преимущества PaaS:

- экономия времени для настройки системы;
- использование оптимального готового решения;
- сокращение времени «от идеи до реализации» - увеличивается скорость тестирования и разработки приложений;
- многопользовательский доступ к системе из разных точек.

SaaS (Software as a Service) – программное обеспечение как сервис. Это полностью готовое решение, которое сразу же можно использовать. Примерами реализации услуг по принципу SaaS являются конструкторы сайтов, почтовые сервисы, различные CRM-системы, 1С в облаке, планировщик Google и т.д.

При реализации услуги SaaS провайдер берет на себя все обязательства по настройке сервисов, клиент не участвует в данных процессах, а лишь пользуется готовым продуктом с имеющимися настройками. Провайдер услуги осуществляет лицензирование, апгрейд, техподдержку и прочие настройки.

IV. БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Внедрение облачных вычислений сопровождается рядом проблем, одной из которых является обеспечение безопасности и конфиденциальности.

Согласно [8] принцип облачной безопасности заключается в модели «Долевой ответственности», в которой провайдер отвечает за обеспечение безопасности облака, за физическую часть системы (центр обработки данных, сетевое оборудование и структурированные кабельные системы), а арендатор отвечает за безопасность самого облака (приложения, данные, которые размещены в облаке).

Безопасность облачных вычислений основывается на управлении идентификацией и доступом (IAM) и предотвращении потери данных (DLP), другими словами, на предотвращении доступа неавторизованных лиц к облачному сервису клиента и клиентским данным [9].

Так же немаловажно не допустить потери или повреждения данных в результате человеческого фактора.

Общераспространенные меры облачной безопасности включают:

- Элементы управления IAM, такие как управление доступом на основе ролей (RBAC) и доступ с наименьшими привилегиями. Это означает, что сотрудники имеют доступ только к тем приложениям и данным, которые им необходимы для выполнения их работы, и не более.

- Инструменты защиты от потери данных, которые идентифицируют конфиденциальные данные, классифицируют их, отслеживают их использование и предотвращают неправомерное использование данных, например, не позволяют конечным пользователям делиться конфиденциальной информацией за пределами корпоративных бизнес-сетей.

- Шифрование данных как при передаче, так и при хранении.

- Безопасная конфигурация и обслуживание системы.

V. ВИРТУАЛИЗАЦИЯ СЕТИ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

Облачные технологии в корне изменили архитектуру телекоммуникационных сетей. Традиционные подходы к проектированию сети, которые основываются на физических устройствах, расположенном в одном месте, проигрывают более гибким облачным технологиям.

С переходом на облачные технологии телекоммуникационные сети стали виртуализированными, что дает возможность перенаправить значительные функции в облачные среды, тем самым не давая нагрузку на физические устройства, что в свою очередь дает разгрузку оборудованию и увеличивает производительность. Данное распределение нагрузки снижает зависимость от физического оборудования и позволяет более эффективно использовать ресурсы сети.

Виртуализация сетевых функций (NFV – Network Functions Virtualization) – это технология, при которой специализированные сетевые устройства заменяются на программное обеспечение, работающее на процессорах общего назначения и программно-определяемые сети (SDN - Software Defined Networks). SDN – это более гибкий и динамичный вид сетевой архитектуры, позволяющий централизованно управлять сетью через программные приложения, являющиеся главными элементами в архитектуре, давая возможность операторам связи гибко управлять сетевыми ресурсами [10]

Виртуализация сетевых функций позволяет устанавливать сервисы где нужно и в том количестве, которое востребовано на текущий момент времени в данном месте.

Преимущества NFV [11]:

- позволяет гибко и динамично предоставлять новые услуги, сократив при этом капитальные и операционные затраты;
- замена оборудования на стандартизованные серверы и сетевые компоненты не привязывает операторов к поставщикам оборудования;
- снижает операционные издержки за счет упрощения мониторинга и администрирования

операций (все сетевые функции переносятся в единую виртуализированную инфраструктуру);

- быстрое подключение новых пользователей к сети;
- окупаемость инфраструктуры телекоммуникационных компаний.

На рис. 1 представлена архитектура технологии виртуализации сетевых функций.

Использование публичных и частных IP-адресов указывают на возможность взаимодействия с Интернетом. Данные IP-адреса предназначены для маршрутизации трафика как в рамках локальной сети, так и для доступа к Интернет-ресурсам.

Центральным элементом является OpenFlow switch, который служит для управления потоками данных в сети, обеспечивая динамическое распределение трафика и возможность программного управления сетевыми функциями.

Виртуальные маршрутизаторы обеспечивают управление сетевым трафиком внутри виртуализированной среды, в то время как, оркестровка данных отвечает за автоматизацию развертывания и управления сетевыми функциями и ресурсами.

Устройство сетевого интерфейса, расположенное в нижней части, играет роль соединительного узла между виртуальной средой и сетью организации. Это устройство необходимо для взаимодействия с физической сетью и предоставляет необходимые интерфейсы для обработки трафика.

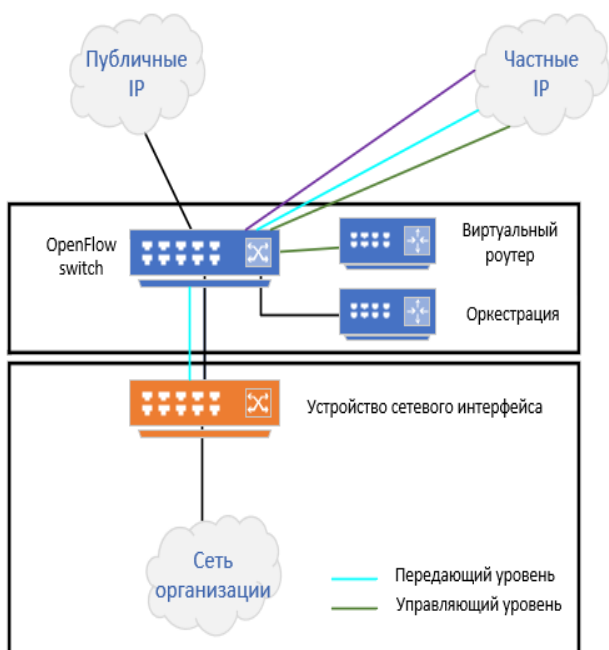


Рис.1 Архитектура технологии виртуализации сетевых функций

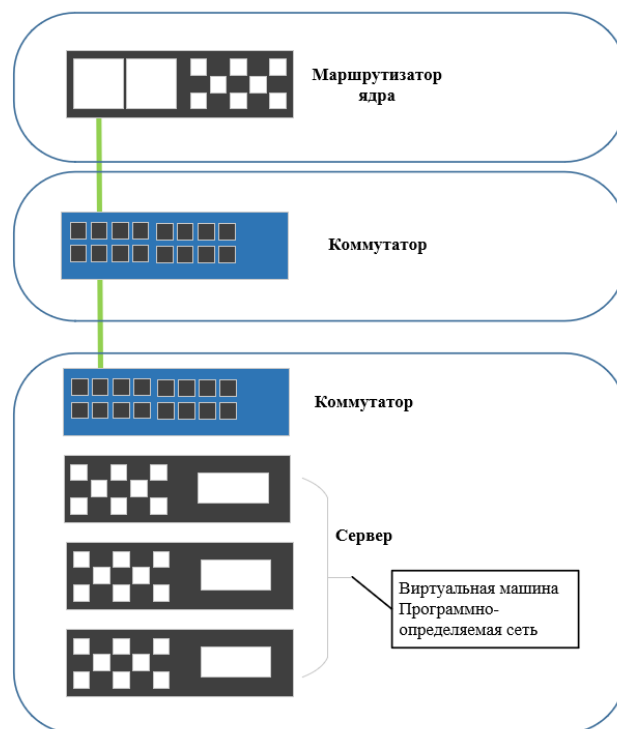


Рис.2 Архитектура технологии виртуализации сетевых функций

С NFV (рис.2) оператор может, используя всего лишь одно сетевое интерфейсное устройство для разграничения трафика, позволить всем остальным функциям располагаться на территории сервис-провайдера, а SDN использовать для упрощения и управления этой сетью для клиента.

Телекоммуникационные компании заинтересованы в SDN и NFV, так как это дает независимость от поставщиков, возможность реализовывать, легко планировать и развертывать сети, используя аппаратное и программное обеспечение, которое компании могут самостоятельно выбрать.

Использование готового стандартного оборудования и средств виртуализации для тестирования и развертывания новых услуг осуществляется за несколько минут, а не за месяцы, как это было раньше.

Технологии виртуализации позволяют рассматривать все ИТ-ресурсы организации, как набор общедоступных сервисов, которые можно группировать и повторно комбинировать для увеличения эффективности и быстрого масштабирования.

Программно-определяемые сети заменяют традиционные сетевые устройства на виртуальные коммутаторы или виртуальные маршрутизаторы.

С помощью SDN можно разделить сетевое соединение между конечным пользователем и центральным оборудованием для настройки безопасности под различные типы сетевого трафика.

Архитектура программно-определяемых сетей содержит следующие компоненты [12]:

- компонент управления;
- компонент данных;
- северный интерфейс;
- южный интерфейс.

Интеграция облачных вычислений в телекоммуникационные сети дает возможность интегрировать в систему обработки данных и аналитики, что позволяет быстро реагировать на изменения в сетевом трафике и модернизировать сеть к новым потребностям пользователей.

V. ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Интеграция облачных вычислений в телекоммуникационные системы дает существенные преимущества, которые были раскрыты выше, но также наряду с преимуществами данной технологии существует ряд проблем при внедрении.

Во-первых, для получения доступа к облачным сервисам необходимо постоянное подключение к сети Интернет, что не всегда может быть обеспечено.

Во-вторых, сохранение конфиденциальности данных, которые хранятся на публичных «облаках», вызывает достаточно много споров. В этой связи многими экспертами не рекомендуется хранить наиболее ценные для компании документы на публичном «облаке», поскольку на сегодняшний день не существует технологий, которые обеспечивали бы полную безопасность хранимой информации.

В-третьих, в случае возникновения нарушений в системе резервного копирования данных, компания рискует полностью лишиться информации, размещенной в «облаке».

В-четвертых, несмотря на надежность облачных хранилищ данных, всегда существует вероятность их взлома со стороны различных злоумышленников, которые сумеют в этом случае получить доступ к огромным объемам информации со всеми вытекающими из этого последствиями.

В-пятых, для создания собственных «облаков» компаниям необходимо выделять на это значительные финансовые средства, что может быть оправдано только лишь при больших масштабах использования данных технологий.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье были рассмотрены основные аспекты внедрения облачных вычислений в телекоммуникационную сферу.

1. Внедрение облачных вычислений позволит улучшить качество телекоммуникационных услуг, обеспечивая гибкость и масштабируемость. Это создаст возможность для местных операторов связи

предоставить своим пользователям доступ к новым сервисам и приложениям, не требующим значительных затрат на локальную инфраструктуру.

2. Облачные технологии позволяют сократить время внедрения новых решений, адаптируясь к изменяющимся потребностям рынка и потребителей.

3. Облачные вычисления способствуют оптимизации затрат на обслуживание и обновление оборудования, поскольку многие задачи могут быть выполнены удаленно и централизованно. Это, в свою очередь, повысит надежность и устойчивость сетевой инфраструктуры региона, что особенно важно для сельских и удаленных территорий, где доступ к качественным услугам связи зачастую ограничен.

4. Решения, основанные на облачных технологиях, также открывают перспективы для развития новых бизнес-моделей. Компании могут использовать облачные платформы для наращивания аналитических мощностей, обработки больших данных и создания инновационных продуктов.

5. Внедрение облачных вычислений в телекоммуникационную сферу может также повысить уровень безопасности и защиты данных. Современные облачные решения предлагают передовые методы защиты информации и шифрования, что крайне важно в условиях растущих угроз кибербезопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сервисы для облачной инфраструктуры (мировой рынок). URL: <https://www.tadviser.ru/index> (дата обращения: 12.02.2025).
- [2] Росляков, А. В. Сеть связи как облачная услуга NAAS / А. В. Росляков, М. В. Марыков // Инфокоммуникационные технологии. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 70-82. – DOI 10.18469/ikt.2022.20.1.09. – EDN TQICMU.
- [3] Рубашенков Антон Михайлович, Бобров Андрей Виорелович Облачные вычисления // Academy. 2018. №6 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-vychisleniya> (дата обращения: 12.02.2025).
- [4] Нефедов, Е. В. Облачные вычисления / Е. В. Нефедов, С. А. Галимжанов, И. Н. Баранов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : Сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию академика М.Ф. Решетнева и Дню космонавтики. В 3-х томах, Красноярск, 08–12 апреля 2024 года. – Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2024. – С. 79-80. – EDN SUVXLH.
- [5] Слияния и поглощения в сфере интернета вещей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php>, свободный (дата обращения: 17.02.2025).
- [6] Росляков, А. В. Сеть связи как облачная услуга NAAS / А. В. Росляков, М. В. Марыков // Инфокоммуникационные технологии. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 70-82. – DOI 10.18469/ikt.2022.20.1.09. – EDN TQICMU.
- [7] Антипо, А. В. Облачные вычисления. Модели развертывания систем облачных вычислений / А. В. Антипо // Молодой ученый. – 2023. – № 6(453). – С. 9-10. – EDN PHYRFQ.
- [8] Кузнецова, Д. А. Инфраструктура безопасности облачных вычислений / Д. А. Кузнецова // Инициативы молодых - науке и производству : Сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Пенза, 25–26 ноября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 930-933. – EDN FCXXER.

- [9] Батура, Т. В. Облачные технологии: основные понятия, задачи и тенденции развития / Т. В. Батура, Ф. А. Мурзин, Д. Ф. Семич // Программные продукты, системы и алгоритмы. – 2014. – № 1. – С. 22. – EDN VLPCCN.
- [10] Кузнецова, Д. А. Инфраструктура безопасности облачных вычислений / Д. А. Кузнецова // Инициативы молодых - науке и производству : Сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Пенза, 25–26 ноября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 930-933. – EDN FCXXER.
- [11] Unified Communications Унифицированные коммуникации мировой рынок. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php>, свободный (дата обращения: 17.02.2025).
- [12] Данешманд Бехруз Мехди СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ 5G/IMT-2020 В РОССИИ, КИТАЕ, США И ЕВРОПЕ // T-Comm. 2021. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-kontseptsii-sozdaniya-i-razvitiya-setey-5g-imt-2020-v-rossii-kitae-ssha-i-evrope> (дата обращения: 12.03.2025).

Информация об авторах:

Алишева Альбина Ерсаиновна - преподаватель высшей квалификационной категории отделения «Связь и телекоммуникации», Факультета среднего профессионального образования Астраханского государственного технического университета, Астрахань, Россия, e-mail: Alisheva94@mail.ru

Мальцева Наталия Сергеевна – к.т.н., доц., доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, Астрахань, Россия, e-mail: maltseva@mail.ru

Ведерникова Татьяна Владимировна – заведующий отделением «Связь и телекоммуникации», факультета среднего профессионального образования Астраханского государственного технического университета, Астрахань, Россия, e-mail: sitfspo@mail.ru

Ведерников Данил Вадимович - магистрант по направлению Инфокоммуникационные технологии и системы связи Астраханского государственного технического университета, Астрахань, e-mail: student-vedernikov@mail.ru

The implementation of cloud computing in telecommunications networks

A.E. Alisheva ¹, N.S. Maltseva ¹, T.V. Vedernikova ¹, D.V. Vedernikov ¹

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract - This paper analyzes the implementation of cloud computing in the telecommunications network, highlighting

the main advantages and disadvantages. The use of cloud computing in the telecommunications sector will meet customer demands and minimize costs associated with the reorganization and modernization of the network. The cloud computing principle is based on providing computing services over the Internet, which include infrastructure as a service, platform as a service, and software as a service. Furthermore, the adoption of cloud computing in the organization of telecommunications networks will enable operators to offer a broader range of services.

Keywords – cloud computing, telecommunications networks, network functions virtualization, software-defined networking architecture.

References

- [1] Cloud infrastructure services (global market). URL: <https://www.tadviser.ru/index> (accessed: 12.02.2025).
- [2] Roslyakov, A. V. Communication network as a NAAS cloud service / A. V. Roslyakov, M. V. Marykov // Infocommunication technologies. - 2022. - Vol. 20, No. 1. - Pp. 70-82. - DOI 10.18469/ikt.2022.20.1.09. - EDN TQICMU.
- [3] Rubashenkov Anton Mikhailovich, Bobrov Andrey Viorelovich Cloud computing // Academy. 2018. No. 6 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-vychisleniya> (date of access: 12.02.2025).
- [4] Nefedov, E. V. Cloud computing / E. V. Nefedov, S. A. Galimzhanov, I. N. Baranov // Actual problems of aviation and cosmonautics: Collection of materials of the X International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of academician M. F. Reshetnev and Cosmonautics Day. In 3 volumes, Krasnoyarsk, April 08-12, 2024. - Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after academician. M. F. Reshetnev, 2024. - P. 79-80. - EDN SUVXLH.
- [5] Mergers and acquisitions in the field of the Internet of things. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.tadviser.ru/index.php>, free (date accessed: 17.02.2025).
- [6] Roslyakov, A. V. Communication network as a cloud service NAAS / A. V. Roslyakov, M. V. Marykov // Infocommunication technologies. - 2022. - Vol. 20, No. 1. - Pp. 70-82. - DOI 10.18469/ikt.2022.20.1.09. - EDN TQICMU.
- [7] Antipko, A. V. Cloud computing. Models of deployment of cloud computing systems / A. V. Antipko // Young scientist. - 2023. - No. 6 (453). - Pp. 9-10. - EDN PHYRFQ.
- [8] Kuznetsova, D. A. Cloud computing security infrastructure / D. A. Kuznetsova // Initiatives of the young - to science and production: Collection of articles of the VIII All-Russian scientific and practical conference of young scientists and students, Penza, November 25-26, 2024. - Penza: Penza State Agrarian University, 2024. - Pp. 930-933. - EDN FCXXER.
- [9] Batura, T. V. Cloud technologies: basic concepts, tasks and development trends / T. V. Batura, F. A. Murzin, D. F. Semich // Software products, systems and algorithms. - 2014. - No. 1. - P. 22. - EDN VLPCCN.
- [10] Kuznetsova, D. A. Cloud computing security infrastructure / D. A. Kuznetsova // Initiatives of the young - to science and production: Collection of articles of the VIII All-Russian scientific and practical conference of young scientists and students, Penza, November 25-26, 2024. - Penza: Penza State Agrarian University, 2024. - Pp. 930-933. - EDN FCXXER.
- [11] Unified Communications Unified communications global market. / [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.tadviser.ru/index.php>, free (date of access: 02/17/2025).
- [12] Daneshmand Behrouz Mehdi COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONCEPT OF CREATION AND DEVELOPMENT OF 5G/IMT-2020 NETWORKS IN RUSSIA, CHINA, USA AND EUROPE // T-Comm. 2021. No. 6. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-kontseptsii-sozdaniya-i-razvitiya-setey-5g-imt-2020-v-rossii-kitae-ssha-i-evrope>
(date of access: 12.03.2025).