

Каплина Марина Сергеевна,

канд.экон.наук,

доцент, кафедры автоматике и телемеханики,

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Россия, г. Новочеркасск

Демин Владислав Романович,

студент магистратуры,

1 курс, факультет «Информационные технологии и управление»

Южно-Российский государственный политехнический университет

Россия, г. Новочеркасск

ИНТЕГРАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ И НАЗЕМНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УДАЛЁННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

***Аннотация:** Статья посвящена актуальной проблеме преодоления цифрового неравенства в России, обусловленного сложными географическими и климатическими особенностями страны. Рассматривается концепция глубокой интеграции наземных и спутниковых сетей связи в единую гибридную экосистему как экономически эффективная альтернатива традиционному развитию оптоволоконной инфраструктуры в удаленных регионах.*

***Ключевые слова:** цифровое неравенство, инфокоммуникации, гибридные сети, спутниковая связь, неназемные сети, проект «Сфера», многоорбитальные системы.*

***Annotation:** The article addresses the urgent problem of bridging the digital divide in Russia, stemming from the country's complex geographical and climatic features. It examines the concept of deep integration of terrestrial and satellite communication networks into a unified hybrid ecosystem as a cost-effective*

alternative to the traditional expansion of fiber-optic infrastructure in remote regions.

Key words: *digital divide, infocommunications, hybrid networks, satellite communications, non-terrestrial networks, project "Sphere", multi-orbit systems.*

В условиях современной цифровой экономики обеспечение повсеместного, высокоскоростного и надежного доступа к инфокоммуникационным услугам является одной из приоритетных задач государственного развития Российской Федерации. Территория России характеризуется уникальными географическими особенностями: огромная протяженность с запада на восток, наличие обширных зон со сложным рельефом, районы вечной мерзлоты и крайне низкая плотность населения в Сибири, на Дальнем Востоке и в Арктической зоне. Эти факторы делают развитие телекоммуникационной инфраструктуры исключительно за счет традиционных наземных средств — волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и радиорелейных линий — экономически нецелесообразным, а в ряде случаев технически невозможным.

Существующий разрыв в уровне цифровизации между центральными регионами и удаленными территориями создает угрозу замедления темпов экономического роста и снижения качества жизни населения. В то время как крупные агломерации внедряют технологии пятого поколения (5G) и «умные» городские сервисы, значительная часть населенных пунктов до сих пор не имеет доступа к широкополосному интернету или пользуется нестабильными каналами связи с низкой пропускной способностью. Решением данной проблемы становится концепция глубокой интеграции наземных и спутниковых сетей в единую гибридную экосистему, что открывает принципиально новые возможности для покрытия территорий со сложной географией [1].

Современное состояние проблемы цифрового неравенства.

На сегодняшний день карта покрытия мобильной связью и фиксированным интернетом в России имеет выраженный очаговый характер. Качественные услуги доступны преимущественно в населенных пунктах с численностью населения более 10 тысяч человек и вдоль федеральных автомобильных трасс. Однако стратегически важные объекты экономики, такие как месторождения нефти и газа, горнодобывающие предприятия, энергетическая инфраструктура и логистические маршруты зачастую находятся в так называемых «зонах цифровой тени».

В современных российских условиях сильно выражено территориальное неравенство, которое объясняется такими причинами как: относительно низкая в регионах конкуренция среди провайдеров; региональным провайдерам приходится платить Ростелекому за трафик до крупного регионального узла, где проходит магистральный канал, то есть стоимость услуги для потребителя определяется в большей степени стоимостью «последней мили» для провайдера [2].

Технологические аспекты интеграции (Концепция NTN).

Основой для технической реализации интеграции выступает развитие международных стандартов связи. В частности, консорциум 3GPP в релизах 15 и 16 спецификаций 5G официально закрепил архитектуру Non-Terrestrial Networks (NTN). Это революционный шаг, позволяющий рассматривать спутник не как обособленную систему, а как прозрачный элемент общей сети, выполняющий функции ретранслятора или базовой станции (gNodeB).

Техническая реализация интеграции осуществляется по двум ключевым сценариям. Первый сценарий — это организация транспортных каналов. В этом случае спутниковый канал используется для подключения удаленных наземных базовых станций к ядру сети оператора. Это позволяет развернуть полноценную сотовую сеть в изолированном поселке или вахтовом городке без необходимости прокладки сотен километров дорогостоящего оптоволокна через тайгу или тундру.

Второй сценарий, получивший название Direct-to-Device (D2D), предполагает прямое соединение абонентского терминала (смартфона, планшета или IoT-датчика) со спутником. Реализация этого сценария требует использования низкоорбитальных (LEO) группировок, так как только они способны обеспечить достаточный уровень сигнала для приема на компактную антенну и приемлемую задержку (~20-40 мс) [3]. Важным аспектом здесь является необходимость компенсации эффекта Доплера, возникающего из-за высокой скорости движения низкоорбитальных аппаратов относительно поверхности Земли.

Роль федерального проекта «Сфера» и многоорбитальные системы.

Для обеспечения технологического суверенитета и независимости от глобальных провайдеров, таких как Starlink или OneWeb, в России реализуется федеральный проект «Сфера» — один из ключевых проектов Роскосмоса, направленный на развитие космических информационных технологий и ликвидацию цифрового неравенства: обеспечение доступа в интернет через спутники там, где невозможно проложить оптоволокно. Например, в высоких широтах, зонах тайги, тундры и вечной мерзлоты [4].

Анализ показывает, что для географических условий России наиболее эффективной является многоорбитальная модель, сочетающая преимущества аппаратов на различных высотах. Геостационарные спутники (серии «Ямал», «Экспресс») продолжают играть роль «опорного хребта» для телевидения и магистральных каналов в средней полосе. Однако для Арктической зоны критически важны высокоэллиптические системы (НЕО). В рамках проекта «Сфера» создается система «Экспресс-РВ», аппараты которой будут двигаться по орбите типа «Молния» или «Тундра». Особенность такой орбиты заключается в том, что спутник большую часть времени «висит» над северным полушарием, обеспечивая высокий угол места для потребителей в

Арктике, что гарантирует стабильную связь даже в условиях сложного рельефа и городской застройки.

Третьим, и наиболее инновационным компонентом, являются низкоорбитальные группировки, такие как система «Марафон-IoT» и широкополосная система «Скиф» (работающая на средней орбите). «Марафон-IoT» предназначен для отработки технологии интернета вещей, и бортовой комплекс аппаратов «Аист-2Т», которые будут осуществлять стереоскопическую съемку земной поверхности [5]. Интеграция «Марафона» с наземными сетями LPWAN позволит создать единое информационное пространство для промышленности и логистики.

Современное состояние проблемы и предпосылки интеграции.

Дополнительной технико-экономической предпосылкой интеграции является исчерпание возможностей экстенсивного развития сетей. Традиционные методы покрытия исключительно за счет геостационарных спутников (GEO) уже не отвечают современным требованиям к задержкам сигнала и пропускной способности, необходимым для цифровизации промышленности. В то же время, попытки дублировать спутниковые каналы наземными ВОЛС в условиях вечной мерзлоты приводят к экспоненциальному росту капитальных затрат, делая проекты нерентабельными. Сложившаяся ситуация диктует необходимость смены парадигмы: перехода от конкуренции наземных и спутниковых операторов к модели их технологической конвергенции, где спутник становится органичным продолжением наземной инфраструктуры 5G.

Ключевым драйвером этого процесса выступает и фактор государственного стратегического планирования, выраженный в реализации проекта «Сфера». В условиях необходимости обеспечения технологического суверенитета критически важно создать доверенную среду передачи данных, независимую от глобальных зарубежных операторов. Формирование единой гибридной сети становится единственным способом гарантировать

неразрывность информационного пространства страны и обеспечить надежное управление инфраструктурой. Эти вызовы формируют запрос не просто на новые спутники, а на системную интеграцию разнородных сетей в единую экосистему, что требует внедрения принципиально новых стандартов взаимодействия, описываемых концепцией NTN.

Использованные источники:

1. Спутниковый интернет вещей IoT: проблемы развития и современные тенденции. [Электронный ресурс]. — URL: <https://forumtech.ru/novosti-v-sfere-telekommunikacij/sputnikovuj-internet-veshchej-iot> (дата обращения: 18.12.2025).
2. Устинова, Н. Г. Проблема цифрового неравенства в современной России / Н. Г. Устинова // Новый университет. Серия: Экономика и право. — 2014. — № 3. — С. 23–25.
3. NTN: Интеграция спутниковых сетей: Данные Московской области. [Электронный ресурс]. — URL: <https://mosregdata.ru/article/ntn-satellite-networks-integration> (дата обращения: 20.12.2025).
4. Ячменникова Н. Как в России развивается космический проект «Сфера»: Российская газета. — URL: <https://rg.ru/2024/01/02/kak-v-rossii-razvivaetsia-kosmicheskij-proekt-sfera.html> (дата обращения: 21.12.2025).
5. В РКС разработали аппаратуру для спутников «Марафон IoT» и «Аист-2Т»: Pro Космос. [Электронный ресурс] — URL: <https://prokosmos.ru/2025/11/19/v-rks-razrabotali-apparaturu-dlya-sputnikov-marafon-iot-i-aist-2t> (дата обращения: 21.12.2025).