

Концепция создания и развития сетей 5G/ИМТ-2020  
в Российской Федерации  
(Проект)

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 Определение основных характеристик сетей 5G/ИМТ-2020 и их сопоставление с действующими сетями ИМТ.....	12
1.1 Общее описание услуг и сервисов, предполагаемых для предоставления на сетях 5G/ИМТ-2020.....	12
1.2 Общее описание технологических решений для радиointерфейсов сетей 5G/ИМТ-2020.....	19
1.3 Общее описание технологических решений для сетевой инфраструктуры 5G/ИМТ-2020 .....	21
2 Определение основных услуг и сервисов, представляемых в сетях 5G/ИМТ-2020, и их востребованность в Российской Федерации .....	24
2.1 Анализ международных тенденций развития услуг и сервисов в сетях подвижной связи при переходе к технологиям 5G/ИМТ-2020.....	24
2.2. Оценка востребованности услуг сетей 5G/ИМТ-2020 в различных сферах и отраслях экономики, в том числе, в сфере транспорта и логистики, промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и здравоохранения .....	26
2.3. Прогноз количества пользователей и количества потребляемого трафика в сетях 5G/ИМТ-2020 в различных сферах и отраслях экономики с учетом эволюционного развития сетей 4G к сетям 5G/ИМТ-2020.....	34
3 Формирование подхода к созданию и использованию сети радиосвязи 5G/ИМТ-2020 операторами с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот, включая диапазоны радиочастот в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц с учетом международных тенденций развития телекоммуникационного рынка.....	40
3.1 Международные тенденции создания сети радиосвязи 5G/ИМТ-2020 операторами с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот .....	40

3.2 Подходы к созданию и использованию в Российской Федерации сети радиосвязи 5G/IMT-2020 операторами с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот, включая диапазоны радиочастот в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц.....	46
4 Определение требований высокого уровня по построению сетевой инфраструктуры 5G/IMT-2020, с учетом виртуализации сетевых элементов и функциональности (SDN/NFV), внедрения облачных технологий радиодоступа (Cloud RAN) и виртуализации транспортной сети (Virtualized Backhaul).....	54
4.1 «Применение технологий, оборудования и программного обеспечения российского происхождения в сетевой инфраструктуре 5G/IMT-2020» .....	59
5. Принципы и требования обеспечения информационной безопасности сети 5G/IMT-2020, основанных на применении российских криптографических алгоритмов и аппаратных средств, в том числе отечественных USIM-карт с доверенным ПО и ключами, российской системы обеспечения и управления ключами отечественного доверенного абонентского и сетевого оборудования и ПО, обеспечивающих устойчивость функционирования разрабатываемого оборудования и доступность разрабатываемой сети связи.....	62
6. Анализ финансово-экономических показателей различных вариантов развертывания сетей связи 5G/IMT-2020 .....	69
6.1. Формирование различных вариантов развертывания сетей связи 5G/IMT-2020 для удовлетворения различных сегментов услуг и сервисов, включая вариант развертывания сети связи 5G/IMT-2020 единым инфраструктурным оператором.....	69
6.2. Оценка финансово-экономических показателей для различных вариантов развертывания сетей подвижной связи технологии 5G/IMT-2020, включая вариант развертывания сети связи 5G/IMT-2020 единым инфраструктурным оператором.....	75
7. Формирование направлений по разработке нормативно-правовых актов, необходимых для обеспечения использования технологии 5G/IMT-2020 в Российской Федерации .....	87

7.1. Направления по разработке мероприятий по использованию радиочастотного ресурса в приоритетных полосах радиочастот для развития сетей связи 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации ...	87
7.2. Направления разработки нормативно-правовых актов, необходимых для обеспечения функционирования технологии 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации.....	95
7.3. Направления разработки НПА, необходимых для проведения сертификации (подтверждения соответствия) технологии 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации.....	98
7.4. Направления разработки НПА, необходимых для обеспечения электромагнитной безопасности при внедрении РЭС сетей связи стандарта 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации .....	102
7.5 Предлагаемые меры по поддержке отечественного производства оборудования сетей связи 5G/ИМТ-2020 .....	103

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ, ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

3D	– 3-dimensioning, трехмерный
3GPP	– 3rd Generation Partnership Project (проект партнерства третьего поколения)
5G	– 5 generation, 5-ое поколение
5GNOW	– 5th Generation Non-Orthogonal Waveforms (Европейский проект по стандартизации обработки неортогональных сигналов для сетей 5G)
AAA	– Authentication, Authorization and Accounting (идентификация, авторизация и учет)
AAS	– Active antenna system (активная антенная система)
AF	– Application Function (функция приложения)
AMF	– Access and Mobility Management Function (функция управления доступом и мобильностью)
API	– Application Programming Interface (интерфейс прикладного программирования)
AR	– Augmented Reality (услуги дополненной реальности)
ARN	– Active Remote Node (активный удаленный узел)
ARPU	Average revenue per user (средняя выручка на одного пользователя)
AUSF	– Authentication Server Function (функция сервера аутентификации)
AWG	– Arrayed Waveguide Gratings (пассивный волновой мультиплексор)
BBU	– BaseBand Unit (блок обработки сигнала)
BF	– Beamforming (формирование луча)
BPSK	– Binary Phase Shift Keying (двоичная фазовая манипуляция)
BSS	– Business Support System (система поддержки бизнеса)
CAGR	– Compound Annual Growth Rate (средний темп, с которым осуществленная инвестиция росла в течение периода более одного года)
CAPEX	– CAPital EXpenditure (капитальные расходы)
CN	– Core Network (опорная сеть)
CP	– Control Plain (плоскость управления)
C-RAN	– Cloud Radio Access Network (облачная сеть радиодоступа)
D2D	– Device-to-Device (взаимодействие между устройствами)
DL	– Downlink (канал от БС к пользователю)
DN	– Data Network (сеть передачи данных)
DNS	– Domain Name System (система наименований доменов в сети Интернет)

D-RAN	– Distributed Radio Access Network (распределенная сеть радиодоступа)
DWDM	– Dense Wavelength Division Multiplexing (плотное волновое мультиплексирование)
eMBB	– Enhanced Mobile Broadband (улучшенный мобильный широкополосный доступ)
EPC	– Evolved Packet Core (усовершенствованная опорная пакетная сеть)
ETSI	– European Telecommunications Standards Institute (Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций)
E-UTRA	– Evolved Universal Terrestrial Radio Access (беспроводный интерфейс LTE)
eV2X	– Enhanced Vehicle-to-Everything (режим работы «автомобиль - все окружение»)
FBMC	– Filter Bank Multicarrier (модуляция с множеством несущих с использованием банка фильтров)
FDD	– Frequency Division Duplex (частотное разделение каналов)
FOFDM	– Flash Orthogonal Frequency Division Multiplexing (фильтрованное мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов)
FTN	– Faster-than-Nyquist (вид сигнала с интерференцией)
FW	– FireWall (сетевой экран)
GFDM	– Generalized Frequency Division Multiplexing (общее частотное уплотнение)
GPS	– Global Positioning System (система глобального позиционирования)
GSM	– Global System for Mobile Communications (глобальная система мобильной связи)
HARQ	– Hybrid Automatic Repeat Request round-trip-time (схема адаптации канала, в которой отчеты о передаче, относящиеся к канальному уровню, используют для принятия решения о повторной передаче)
RTT	
HSS	– Home Subscriber Server (сервер домашних абонентов)
IETF	– Internet Engineering Task Force (рабочая группа по инженерным задачам Интернет)
IDMA	– Interleave Division Multiple Access (многостанционный доступ с разделением на основе перемежения)
IIoT	– Industrial Internet of Things (промышленный интернет вещей)

IMS	– IP Multimedia Subsystem (мультимедийная подсистема на базе протокола IP)
IoT	– Internet of Things (Интернет вещей)
IP	– Internet Protocol (межсетевой протокол)
IP/MPLS	– IP/Multi Protocol Label Switching (передача IP-трафика с использованием многопротокольной коммутации по меткам)
IRC	– Interference Rejection Combining (разнесенный прием с подавлением мешающих компонент)
IRTF	– Internet Research Task Force (исследовательская группа Интернет-технологий)
ISG NFV	– Industry Specification Group Network Functions Virtualisation (группа отраслевой спецификации по концепции виртуализации сетевых служб)
LAA	– License Assisted Access (способ организации доступа к спектру, при котором агрегируется главная несущая из лицензионного диапазона с вторичной несущей из нелицензируемого диапазона)
LSA	– License Shared Access (совместно лицензируемый доступ)
LTE	– Long Term Evolution (эволюция в долгосрочной перспективе)
M2M	– Machine-to-Machine (межмашинное взаимодействие)
MIoT	– massive IoT
MANO	– Management and Orchestration (оркестрация и управление)
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Services (технология широковещательной многоадресной передачи данных)
MEC	– Mobile Edge Computing (периферийные вычисления)
MIMO	– Multiple Input Multiple Output (системы с многоканальным входом/многоканальным выходом)
MME	– Mobility Management Entity (узел управления мобильностью)
MIoT	– Machine Type Communications (массовые межмашинные коммуникации)
MPLS	– Multi Protocol Label Switching (многопротокольная коммутация по меткам)
MVNO	– Mobile Virtual Network Operator (виртуальный оператор подвижной связи)
MU-MIMO	– Multi user MIMO (многопользовательское MIMO)
NEF	– Network Exposure Function (функция изменения конфигурации сети)

NFV	– Network Functions Virtualisation (виртуализация сетевых функций)
NFVI	– Network Functions Virtualisation Infrastructure (инфраструктура виртуализации сетевых функций)
NFVI-PoP	– Network Functions Virtualisation Infrastructure Point of Presence (точка присутствия инфраструктуры NFV)
NFVO	Network Functions Virtualisation Orcestrator (оркестратор виртуализации сетевых функций)
NGC	– Next Gen Core (опорная сеть нового поколения)
NGMN	– Next Generation Mobile Networks Alliance (альянс сетей мобильной связи следующего поколения)
NGN	– Next Generation Network (сеть связи следующего поколения)
N-OFDM	– Non-Orthogonal Frequency Division Multiplexing (технология мультиплексирования с неортогональным частотным разделением каналов)
NR	– New Radio (новые радиointерфейсы)
NSSF	– Network Slice Selection Function (функция выбора сетевых слоев)
OAM	– Operation, Administration and Maintenance (эксплуатация, административное управление и техническое обслуживание)
OFDM	– Orthogonal frequency-division multiplexing (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов)
OPEX	– Operating Expenses (операционные расходы)
OSS	– Operations Support System (система эксплуатационной поддержки)
PCF	– Policy Control Function (функция управления политиками)
PDMA	– Polarization Division Multiple Access (многостанционный доступ с разделением по шаблону)
PLMN ID	– Public Land Mobile Network Identifier (идентификатор наземной подвижной сети общего пользования)
PON	– Passive Optical Network (пассивная оптическая сеть)
QoS	– Quality of service (качество услуги)
RAN	– Radio Access Network (сеть радиодоступа)
RAT	– Radio Access Technology (технология радиодоступа)
ROADM	– Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer (программно перестраиваемый оптический мультиплексор ввода-вывода)
RRH	– Remote Radio (удаленный радиомодуль)
RRU	– Remote Radio Unit (вынесенная радиоголовка)
SBC	– Session Border Controller (пограничный контроллер сессий)



SC-FDMA	– Single Carrier FDMA (технология множественного доступа с частотным разделением каналов с одной несущей частотой)
SCMA	– Sparse code multipleaccess (многостанционный доступ на основе разреженных кодов)
SDN	– Software-Defined Networking (программно-конфигурируемая сеть)
SMF	– Session Management Function (функция управления сеансом)
TDD	– Time Division Duplex (временное разделение каналов)
UDM	– Unified Data Management (управление унифицированными данными)
UE	– User Equipment (оборудование пользователя)
UFMC	– Universal Filtered Multicarrier (универсальный интерфейс на нескольких несущих с возможностью фильтрации трафика)
UHD	– Ultra High Definition (технология высокой четкости)
UL	– Uplink (канал от пользователя к БС)
UP	– User Plane (плоскость пользователя)
UPF	– User Plane Function (функция плоскости пользователя)
URLLC	– Ultra-Reliable and Low Latency Communications (ультранадежная связь с низкими задержками)
V2X	– Vehicle to Everything (подключение автомобиля к любому объекту в сети)
VIM	– Virtual Infrastructure Manager (менеджер виртуальной инфраструктуры)
vIMS	– virtual IMS (виртуальная IMS)
VNF	– Virtual Network Function (виртуальная сетевая функция)
VR	– Virtual Reality (услуги виртуальной реальности)
Wi-Fi	– Wireless Fidelity (технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11)
WiGig	– Wireless Gigabit Alliance (тип беспроводной связи стандарта 802.11ad)
WiMAX	– Worldwide Interoperability for Microwave Access (технология радиосвязи для построения беспроводных сетей)
WLAN	– Wireless Local Area Network (беспроводная локальная сеть)
WDM	– Wavelength Division Multiplexing (мультиплексирование по длине волны)
WRC	– World Radiocommunication Conferences (Всемирная радиоконференция)
xPON	– Passive optical network (пассивная оптическая сеть)

БС	– Базовая станция
ВОЛС	– Волоконно-оптическая линия связи
ГосСОПКА	– Государственная система обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак
ГКРЧ	– Государственная комиссия по радиочастотам
ДНА	– Диаграмма направленности антенны
ЕИО	– Единый инфраструктурный оператор
ИК	– Исследовательская комиссия
ИКТ	– Информационно-коммуникационные технологии
ЖКХ	– Жилищно-коммунальное хозяйство
ЗС ФСС	– Земная станция фиксированной спутниковой связи
КУ	– Коэффициент усиления
МСЭ-Т	– Сектор стандартизации Международного союза электросвязи
НПА	– Нормативно-правовой акт
ПА	– Правовой акт
ПО	– Программное обеспечение
РЧС	– Радиочастотный спектр
РЭС	– Радиоэлектронное средство
Сеть ПРТС	– Сеть подвижной радиотелефонной связи
СанПин	– Санитарные правила и нормы
СОРМ	– Система оперативно-розыскных мероприятий
ССОП	– Сеть связи общего пользования
ТВ	– Телевизионный
ТВЧ	– Телевизионная частота
ЦОД	– Центр обработки данных
ЭМБ	– Электромагнитная безопасность
ЭМС	– Электромагнитная совместимость

## ВВЕДЕНИЕ

Программой «Цифровая экономика Российской Федерации», паспорт которой утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. №16), определен следующий значимый контрольный результат федерального проекта «Информационная инфраструктура» на первый плановый год - «04.01.011.001 Утверждена Концепция создания и развития сетей 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации».

В настоящей Концепции создания и развития сетей 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации (далее – Концепция):

- определены основополагающие услуги и сервисы, представляемые в сетях 5G/ИМТ-2020;
- определены потребности экономики Российской Федерации в услугах и сервисах;
- определены технологические решения и требования высокого уровня к построению сетей;
- сформирован подход к созданию и использованию сети радиосвязи операторами с использованием различных диапазонов радиочастот с учетом международных тенденций развития телекоммуникационного рынка;
- определены требования к обеспечению информационной безопасности сети 5G/ИМТ-2020;
- разработаны сценарии построения архитектуры сетей 5G/ИМТ-2020 и проведена оценка ресурсов на реализацию по различным моделям перехода от сетей предыдущих поколений к сетям 5G/ИМТ-2020, в том числе с использованием модели единого инфраструктурного оператора;
- сформированы направления по разработке нормативно-правовых актов, необходимых для обеспечения возможности использования технологии 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации;
- сформирован перечень мер по обеспечению защиты отечественного производителя оборудования сетей связи 5G/ИМТ-2020 (импортозамещению).

Данная Концепция разработана в соответствии с нормами Федерального закона от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

## **1 Определение основных характеристик сетей 5G/IMT-2020 и их сопоставление с действующими сетями IMT**

### **1.1 Общее описание услуг и сервисов, предполагаемых для предоставления на сетях 5G/IMT-2020**

Существующие сети 4G не позволяют в требуемой мере обеспечить новые потребности абонентов в инновационных услугах подвижной связи. При этом операторы столкнулись с недостаточной гибкостью сетей связи, увеличением их сложности и ростом стоимости их эксплуатации. Технологии 5G/IMT-2020, позволяющие нивелировать указанные недостатки, являются закономерным этапом развития сетей подвижной связи.

Международный союз электросвязи МСЭ-R определил показатели главных эксплуатационных характеристик сети, достижение которых позволяет отнести ее к сети 5-го поколения:

- увеличение пропускной способности сети (рост скорости передачи данных в 10-100 раз в расчете на абонента - до 10 Гбит/с (DL) и до 5 Гбит/с (UL);

- обеспечение роста потребляемого трафика в расчете на 1 абонента (рост в 1000 раз) – до 500 Гб на пользователя в месяц;

- увеличение количества подключаемых абонентских устройств в сети в 10-100 раз - до 300 000 на узел и до 1 миллиона устройств на 1 км<sup>2</sup>;

- уменьшение сквозной задержки передачи данных в сети с 10 мс до 1 мс;

- рост спектральной эффективности радиointерфейса до 3 раз;

- многократное увеличение времени автономной работы абонентских устройств с небольшим энергопотреблением, таких как сенсоры IoT/M2M/D2D – до 10 лет;

- снижение стоимости эксплуатации и энергопотребления сетей 5G/IMT-2020 до 10 раз по сравнению с сетью 4G.

Услуги, предоставляемые сетью связи 5G/ IMT-2020, классифицированы МСЭ-R на 3 группы:

Первая группа: усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB). Эта группа услуг охватывает сценарии использования, ориентированные на человека и обеспечивающие доступ к мультимедийному контенту, услугам и данным (аналогична услугам, предоставляемым в настоящее время сетями LTE). К таким услугам относятся: Ultra HD и видео, 3D видео, в том числе в реальном времени, онлайн игры, виртуальная реальность (возможные области применения: образование, развлечения, здравоохранение, военная промышленность),

расширенные сервисы социальных сетей, облачные сервисы (возможные области применения: государственные услуги, бизнес приложения, вычисления), голос, в том числе потоковый, музыка в реальном времени, вещание MBMS.

Для качественной поддержки этих услуг должны обеспечиваться мультигигабитные скорости передачи данных. В сценариях для eMBB высокое значение имеют практическая пользовательская скорость передачи данных, трафик на единицу площади, пиковая скорость передачи данных, мобильность, энергоэффективность и эффективность использования спектра.

Вторая группа: крупномасштабные системы межмашинной связи (MIIoT). Данный сценарий использования характеризуется большим количеством подключенных устройств, передающих относительно небольшой объем данных, не столь чувствительных к задержке. Для качественной поддержки этих услуг необходимо обеспечить низкую стоимость абонентских устройств при поддержке большой зоны охвата и продолжительного времени работы устройства от батареи. Основные области применения: энергетика, транспорт, здравоохранение, торговля, общественная безопасность, промышленность, ЖКХ, беспилотные транспортные средства. Сценариям MIIoT свойственны высокая плотность соединений и необходимость поддержания корректного функционирования большого количества устройств в сети. Для реализации данного сценария важны низкая стоимость устройства и его энергоэффективность.

Третья группа: сверхнадежная передача данных с малой задержкой (URLLC). В данном сценарии использования предъявляются жесткие требования к таким показателям функционирования сети, как пропускная способность, задержка и готовность. К таким услугам относятся беспроводное управление промышленными и производственными процессами (роботизация), дистанционная медицина, в частности, хирургия, автоматизация распределения энергии в "умных" электросетях, общественная безопасность, «умные» дома и города, применение интеллектуальных транспортных средств и внедрение интеллектуальной дорожной инфраструктуры на базе V2X и т.д. В некоторых сценариях URLLC высокое значение имеет низкая задержка для того, чтобы обеспечить работу критически важных служб безопасности, а также высокий уровень мобильности в сфере услуг безопасности перевозок.

В таблице 1.1 показаны потенциальные требования к некоторым применениям типов услуг 5G/IMT-2020 и возможность их реализации с использованием существующих сетей.

Для реализации на сети мобильной связи пятого поколения перечисленных выше трех основных групп услуг сети 5G/IMT-2020 должны обладать следующими характеристиками:

- гибкость использования спектра и ширины полосы – возможность проектирования системы связи по отношению к различным спектральным сценариям, и, в частности, к возможности функционировать в различных диапазонах частот;

- надежность - способность обеспечить работу услуги с очень высоким коэффициентом готовности (где под коэффициентом готовности подразумевается вероятность того, что сеть окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени);

- устойчивость - способность сети сохранять работоспособное состояние во время и после влияния внешних воздействий (чрезвычайные ситуации, аварийное отключение электроэнергии и т.п.);

- безопасность и конфиденциальность - способность обеспечивать шифрование и защиту целостности абонентских данных, предотвращение несанкционированного доступа, защиту сети от взлома, мошенничества и т.д.;

- энергоэффективность - способность обеспечивать заданное время работы, обеспечиваемое накопленной энергетической емкостью. Это особенно важно для M2M-устройств, которым необходим продолжительный срок службы аккумулятора (например, более 10 лет), так как их постоянное техническое обслуживание затруднено физическими или экономическими причинами.

Таблица 1.1 Требования к некоторым применениям типов услуг 5G/IMT-2020 и возможность предоставления услуг на существующих сетях

Тип услуг	Применение	Основные требования	Возможность предоставления на сетях LTE Advanced	Требования к покрытию
Сверхширокополосная мобильная связь (eMBB)	Передача видео со сверхвысоким разрешением (4K, 8K), 3D видео (в т.ч. широкоэмитательные услуги)	Сверхвысокая скорость радиосоединения, низкая задержка (видео реального времени). Задержка $\leq 200$ мс	1. LTE Advanced - возможно при невысокой концентрации абонентов (суммарная пропускная способность до 100 Гбит/с/км <sup>2</sup> ) 2. От 100 Гбит/с/км <sup>2</sup> до 1000 Гбит/с/км <sup>2</sup> – только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное
	Виртуальная реальность (применение VR в производстве, телеприсутствие и прочие VR-сервисы). Дополненная реальность	Сверхвысокая скорость радиосоединения, сверхнизкая задержка	1. LTE Advanced - возможно при невысокой концентрации абонентов (суммарная пропускная способность до 100 Гбит/с/км <sup>2</sup> ) и требованиях по задержке до 7 мс. 2. Требования по скорости свыше 4 Гбит/с и задержке $\leq 2$ мс – только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное
	Тактильный интернет	Сверхнизкая задержка	Только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное
	Игры в облаке (VR-сервисы с коммуникациями)	Сверхвысокая скорость радиосоединения. Низкая задержка $\leq 7$ мс	Только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное
	Мобильная «последняя миля» - альтернатива оптической линии связи до квартиры	Высокая скорость радиосоединения до 150 Мбит/с	LTE Advanced - возможно при невысокой концентрации абонентов (суммарная пропускная способность до 100 Гбит/с/км <sup>2</sup> )	Ограниченное
	Беспроводная связь в высокоскоростных поездах	Скорость до 500 км/ч. Задержка $\leq 10$ мс	LTE Advanced - возможно	Отдельные транспортные артерии
	Услуги передачи данных в условиях высокой концентрации абонентов	Суммарная пропускная способность до 100 Гбит/с/км <sup>2</sup>	Только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное

Тип услуг	Применение	Основные требования	Возможность предоставления на сетях LTE Advanced	Требования к покрытию
Массовая межмашинная связь (M2M)	Подключенные счетчики воды, электроэнергии и пр.	Возможность преодоления препятствий	LTE Advanced - возможно – до 100 тыс. устройств на кв. км.	Региональное или федеральное
	Умный дом (подключенные бытовые устройства и пр.)	Возможность преодоления препятствий	LTE Advanced - возможно – до 100 тыс. устройств на кв. км.	Региональное или федеральное
	Умный офис	Функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, возможность преодоления препятствий, высокая надежность	LTE Advanced - возможно – до 100 тыс. устройств на кв. км.	Региональное или федеральное
	Умный город (системы видеонаблюдения и пр.)	Работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа в условиях быстро движущихся объектов и наличия препятствий, высокая надежность радиосоединения, возможность преодоления препятствий	1. LTE Advanced - возможно – до 100 тыс. устройств на кв. км. 2. Полномасштабный «Умный город» в крупных городских агломерациях с высокой плотностью населения – только сети 5G/IMT-2020	Городское
	Сенсорные сети (промышленные, коммерческие и т.д.)	Работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа в условиях быстро движущихся объектов и наличия препятствий, Mesh сеть	1. LTE Advanced - возможно – до 100 тыс. устройств на кв. км. 2. Сценарии со сверхвысокой концентрацией датчиков IoT в отдельных зонах (производство, инфраструктура) – только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное



Тип услуг	Применение	Основные требования	Возможность предоставления на сетях LTE Advanced	Требования к покрытию
Массовая межмашинная связь (M2M)	Удаленный контроль перевозок (мониторинг транспортных средств)	Работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа в условиях быстро движущихся объектов и наличия препятствий	LTE Advanced - возможно	Региональное или федеральное
Сверхнадежная связь (URLLC)	Частичная промышленная автоматизация, мониторинг и контроль	Надежность и высокая скорость радиосоединения, низкая задержка, работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций	1. Удаленный контроль производственного оборудования и объектов - возможно LTE Advanced 2. Smart Grid – («умные» сети) - управление производством, передачей и потреблением электроэнергии - возможно LTE Advanced	Региональное или федеральное
	Полная промышленная автоматизация, в том числе управление ключевыми энергетическими объектами, удаленно управляемое оборудование	Сверхвысокая надежность и высокая скорость радиосоединения, сверхнизкая задержка, работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций	Только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное
	Критически важные приложения. Электронное здравоохранение (удаленная хирургия при помощи роботов и др.)	Сверхвысокая надежность и высокая скорость радиосоединения, низкая или сверхнизкая задержка	Только сети 5G/IMT-2020	Ограниченное

Тип услуг	Применение	Основные требования	Возможность предоставления на сетях LTE Advanced	Требования к покрытию
Сверхнадежная связь (URLLC)	Критически важные приложения (работа в опасных средах, спасательные миссии)	Высокая или сверхвысокая надежность и высокая скорость радиосоединения, низкая или сверхнизкая задержка, работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, возможность преодоления препятствий	1. Дроны (наблюдение, доставка) - возможно LTE Advanced 2. Дроны, спасательные роботы (real-time - поиск людей, тушение пожаров и пр.) - только сети 5G/IMT-2020	Региональное или федеральное
	Поддержка транспорта. Требуется непосредственное участие водителя (прямые коммуникации между устройствами, предиктивная аналитика движения, оповещения об опасных ситуациях, анализ плотности трафика)	Высокая надежность и высокая скорость радиосоединения, низкая задержка, работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа в условиях быстро движущихся объектов и наличия препятствий	Частичная автоматизация транспортной системы - возможно LTE Advanced	Региональное или федеральное
	Беспилотный транспорт (полнофункциональная интеллектуальная поддержка транспортной системы, в том числе автоматизация вождения)	Сверхвысокая надежность и высокая скорость радиосоединения, сверхнизкая задержка, работа на коротких и длинных дистанциях, функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа в условиях быстро движущихся объектов и наличия препятствий	Только сети 5G/IMT-2020	Региональное или федеральное

## *1.2 Общее описание технологических решений для радиointерфейсов сетей 5G/IMT-2020*

В отличие от предыдущих поколений, где для каждого нового поколения сетей связи (2G, 3G, 4G) разрабатывался новый радиointерфейс, в сети подвижной связи технологии 5G/IMT-2020 планируется применять как новый радиointерфейс (New Radio или NR согласно спецификациям 3GPP серии 38), так и эволюцию стандарта LTE-Advanced.

Стандарт LTE-Advanced продолжает эволюционировать, приближаясь по своим характеристикам к возможностям стандарта NR. В стандарте LTE-Advanced уже реализована поддержка активных антенных систем, использование более эффективного кодирования и модуляции, агрегация нескольких частотных каналов, уменьшенная задержка на уровне радиointерфейса. Однако структура радиointерфейса NR изначально разрабатывалась для обеспечения более высоких скоростей передачи данных и меньших задержек, более эффективного использования частотного ресурса за счет:

- применения сигналов с большей шириной спектра (до 100 МГц в диапазоне до 6 ГГц и до 400 МГц в диапазоне свыше 6 ГГц);
- обеспечения минимальных задержек на радиointерфейсе за счет возможности увеличения частоты следования временных слотов кадровой структуры, за счет модификации протокола управления радиоресурсами;
- применения адаптивного к нагрузке временного дуплекса;
- применения более эффективных помехоустойчивых кодов;
- использования активных антенных систем миллиметрового диапазона с большим количеством элементов, узкой диаграммой направленности излучения и высокой избирательностью;
- реализации индивидуальных сценариев использования ресурсов полосы частот канала NR для абонентских терминалов различных типов и производительности (широкополосных/узкополосных абонентских терминалов WB/NB UE, абонентских терминалов с агрегацией несущих CA UE).

Несмотря на меньшую эффективность реализованных технических решений по сравнению с NR, эволюционный путь развития имеет более низкую стоимость и обеспечивает высокую скорость развертывания на основе существующей инфраструктуры, а также возможность обслуживания имеющихся терминалов LTE.

Для поддержки возможности подключения большого числа маломощных устройств в рамках реализации концепции IoT в 3GPP были разработаны такие режимы работы LTE как eMTC и NB-IoT, дополняющие возможности друг друга.

Технология LTE-eMTC в большей степени ориентирована на более надежную связь с поддержкой мобильности и возможностью более высокой скорости передачи при потере в максимальном покрытии и энергетике (в силу больших скоростей передачи). NB-IoT оптимизирована для сегмента IoT, где требуются максимальная дальность связи, малые скорости и большая энергоэффективность.

Радиоинтерфейс NR играет роль ключевого радиоинтерфейса для сценариев высокой пропускной способности и малой задержки. New Radio предполагается развертывать как в нижних, так и верхних диапазонах радиочастот. Ключевыми особенностями радиоинтерфейса являются пересмотренная структура кадра с возможностью минимизации задержки до 1 мс, более широкие каналы, более эффективное помехоустойчивое кодирование и более эффективное использование сложных антенных систем.

Спектральная эффективность технологии 5G/IMT-2020 существенно выше, чем у 4G, за счет использования усовершенствованного радиоинтерфейса. В миллиметровом диапазоне радиочастот (26 ГГц) основной вклад в повышение пиковой спектральной эффективности достигается за счет применения Massive MIMO с большим количеством излучающих элементов в активной антенной решетке, и выигрыш может достигать 50-80%. К методам повышения эффективности использования спектра в сети 5G/IMT-2020, которые рассматривались в 3GPP, относятся следующие:

1. Усовершенствованные формы сигналов, модуляция и кодирование, схемы многостанционного доступа:

- фильтрованное OFDM (FOFDM);
- модуляция с множеством несущих с использованием банка фильтров (FBMC);
- многостанционный доступ с разделением по шаблону (PDMA);
- многостанционный доступ на основе разреженных кодов (SCMA);
- многостанционный доступ с разделением на основе перемежения (IDMA) и распределение по несущим с низкой плотностью (LDS).

На данном этапе стандартизации технологии 5G/IMT-2020 (3GPP релиз 15), в качестве метода мультиплексирования принят метод CP-OFDM (Cyclic-Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing) на канале «вниз» (DL) и CP-OFDM с DFT или без в канале «вверх» (UL).

2. Антенные технологии:

- формирование трехмерного луча FD-MIMO (3D beamforming);
- активная антенная система (AAS) с решеткой излучателей;

- усовершенствованные системы с многоканальным входом/ многоканальным выходом (massive и multi user MIMO).

3. Гибкость при использовании спектра:

- агрегация несущих с различным дуплексом (TDD и FDD);
- двухканальное подключение, в том числе и в мультистандартной сети;
- динамический TDD.

4. Обеспечение прямой связи между абонентскими терминалами.

5. Использование в микросотах схем модуляции более высокого порядка и использование эталонных сигналов с уменьшенным объемом служебной информации (основан на применении функционала Lean Carrier).

В таблице 1.2 представлено сравнительное описание семейства радиointерфейсов стандартов NR и LTE-Advanced, в совокупности формирующих единую сеть подвижной связи технологии 5G/IMT-2020, управляемую единым ядром сети.

### ***1.3 Общее описание технологических решений для сетевой инфраструктуры 5G/IMT-2020***

Мобильные сети 5G/IMT-2020 должны строиться с применением новых технологических принципов:

- мультидиапазонность радиосети;
- технологическая гетерогенность построения сетей 5G/IMT-2020 (HetRAT) - состоит в возможностях одновременного использования сетей радиодоступа на различных радиотехнологиях 5G/4G/WLAN;
- инфраструктурная гетерогенность построения сетей (HetNet) состоит в возможностях одновременного использования и управления в одной соте базовых станций различного уровня – макро/ микро/ пико и фемто.

Сеть ПРТС, создаваемая на технологиях 5G/IMT-2020, должна соответствовать следующим архитектурным требованиям высокого уровня:

- обеспечение реализации разнообразных услуг и приложений с разными требованиями к сети связи, в том числе и пограничных вычислений (MEC);
- быстрое внедрение новых услуг и приложений;
- обеспечение автоматического конфигурирования услуг, виртуальных и физических ресурсов и их мониторинга;
- обеспечение поддержки большого количества MVNO и выделенных сетей, в том числе для обеспечения предоставления услуг IoT;
- обеспечение гарантированного качества обслуживания;

- обеспечение эффективного использования сетевых ресурсов, включая использование радиочастотного спектра и пропускной способности сети.

Таким образом, сеть 5G/IMT-2020 подразумевает полностью автоматическое конфигурирование новых услуг и приложений, быстрое выделение необходимых сетевых ресурсов, эффективное использование полосы частот и пропускной способности сети, обеспечение качества обслуживания.

Технологически обеспечение перечисленных выше требований в сетях на базе технологий 5G/IMT-2020 должно достигаться путем:

- реализации принципа программируемости сети, что означает повсеместный, где это возможно, переход от использования оборудования к использованию программного обеспечения, включая реализацию функций обработки информации управления и сигнализации, конфигурирование услуг, виртуальных и физических ресурсов сети;

- четкого логического отделения функций уровня управления от уровня данных пользователя, включая опорную сеть 5G/IMT-2020. Реализация этой возможности позволит независимо друг от друга развивать и масштабировать программные и физические ресурсы, относящиеся к этим уровням;

- реализации принципа логических сетевых слоев, который позволяет автоматизировать процесс конфигурирования сетевых ресурсов и адаптировать архитектуру сети к требованиям услуг и сетевых сервисов;

- использования облачных вычислений (cloud computing), обеспечивающих возможность эмуляции сетевых элементов посредством услуги «Инфраструктура как услуга (Infrastructure as a Service (IaaS))»;

- внедрения технологий NFV (Network Functions Virtualization – виртуализация физических сетевых элементов телекоммуникационной сети, когда сетевые функции исполняются программными модулями, работающими на стандартных серверах и виртуальных машинах (VM) в них) и SDN (Software Defined Network - программно-определяемая сеть – метод администрирования компьютерных сетей, позволяющий управлять услугами сети, когда функционал управления отделен от нижележащего уровня пересылки пакетов) в сетях радиодоступа (C-RAN), пакетных транспортных сетях, а также для виртуализации функций узлов коммутации сети телефонной связи (vIMS - virtual IMS);

- реализации функций хранения и предоставления контента для услуг, чувствительных к задержкам передачи, на границе сети, как можно ближе к потребителю контента (Mobile Edge Computing).

Таблица 1.2 – Описание семейства радиointерфейсов сетей 5G/IMT-2020

Параметр	Эволюция стандарта LTE-Advanced					NR Фаза 1 и Фаза 2	
	NB-IoT	LTE-eMTC	LTE-Advanced и улучшения	LTE-eLAA/ MultiFire	LTE-V2X/ C-V2X	NR ниже 6 ГГц	NR выше 6 ГГц
Ширина канала	180/200 кГц	1.06 МГц (размещается внутри канала LTE 5 МГц или шире)	1.4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц и 20 МГц. Возможна агрегация нескольких несущих	20 МГц и агрегация нескольких несущих	10 МГц или 20 МГц	5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц, 25 МГц, 30 МГц, 40 МГц, 50 МГц, 60 МГц, 80 МГц и 100 МГц. Возможна агрегация нескольких несущих	50 МГц, 100 МГц, 200 МГц и 400 МГц. Возможна агрегация нескольких несущих
Диапазоны	Отдельные полосы 450-3800 МГц, но преимущественно низкие полосы радиочастот	Отдельные полосы 450-3800 МГц	Отдельные полосы 450-3800 МГц	5150-5350 МГц, 5470-5850 МГц	5855-5925 МГц, а также диапазоны 450-3800 МГц в части получения вспомогательной информации	Отдельные полосы 450-3800 МГц, а также 3800-4200 МГц и 4400-5000 МГц	26,5-29,5 ГГц, 24,25-27,5 ГГц, 37-40 ГГц
Задержка (на уровне радиointерфейса)	Секунды	Десятки мс	5-10 мс, прорабатывается дальнейшее снижение	5-10 мс	Не более 4 мс	4 мс (Фаза 1) 1 мс (Фаза 2)	4 мс (Фаза 1) 1 мс (Фаза 2)
Пиковые скорости	Порядка 130 кбит/с	До 1 Мбит/с	До 2 Гбит/с	Сотни Мбит/с	До 44 Мбит/с	2 Гбит/с или более	До 20 Гбит/с
Ожидаемые применения	Маломощные и простые устройства IoT (датчики, счетчики)	Маломощные устройства (носимая электроника, более сложные датчики и счетчики)	Мобильный широкополосный доступ, профессиональная связь, сложные IoT системы	Мобильный широкополосный доступ, частные сети LTE (в том числе для промышленного IoT)	Вспомогательные системы вождения, автомобильная безопасность, элемент автономного автотранспорта	Фаза 1: Мобильный широкополосный доступ, сложные IoT системы Фаза 2: Дальнейшие улучшения, включая критически важные системы IoT	Фаза 1: Мобильный широкополосный доступ, трафикоемкие IoT системы Фаза 2: Дальнейшие улучшения, включая критически важные системы IoT

## **2 Определение основных услуг и сервисов, представляемых в сетях 5G/IMT-2020, и их востребованность в Российской Федерации**

### **2.1 Анализ международных тенденций развития услуг и сервисов в сетях подвижной связи при переходе к технологиям 5G/IMT-2020**

5G/IMT-2020 – это и новый стандарт связи, и технологическая эволюция мобильных сетей, и новая парадигма услуг телекоммуникаций и информационных технологий. Сеть 5G/IMT-2020 будет представлять собой плотно распределенную матрицу следующих функций: вычисления, хранения и сети.

Развитие мобильных сетей связи при переходе к технологиям 5G/IMT-2020 характеризуются следующими особенностями:

#### **1. Внедрение принципиально новых услуг, таких как:**

- услуги на основе голограмм и мультимедиа с полным эффектом присутствия, включая трансляции спортивных матчей и интерактивные фильмы с охватом в 360°;

- полномасштабные услуги виртуальной и дополненной реальности (Virtual Reality/Augmented Reality - VR/AR), включая услуги AR при навигации и вождении автомобиля, диагностику и хирургическое вмешательство на расстоянии с помощью хирургического робота;

- услуги со сверхнизкой задержкой по времени, включая дистанционное управление спасательным роботом и автономное вождение автомобиля;

- услуги Интернета вещей (Internet of Things - IoT) на основе массового подключения устройств;

- интеллектуальные услуги на основе больших объемов данных;

- тактильный Интернет.

#### **2. Многократный рост мобильного трафика, вызванный:**

- ростом объема потребления видеослужб и увеличением разрешения видеоизображения;

- увеличением количества подключенных к сети устройств (смартфоны, планшеты, разнообразные устройства класса M2M и D2D, беспилотные транспортные средства и т.д.);

- ростом темпа использования приложений;

- широким использованием облачных технологий;

- использованием современных online игр и их обновлением.

#### **3. Превалирующая роль смартфонов, как источника мобильного трафика данных.**

- во всех регионах Земного шара за период с 2017 г. по 2023 г. прогнозируется резкий рост трафика данных - в 6-10 раз в зависимости от региона;

- около 95% трафика данных будет генерироваться смартфонами.



4. Мобильное видео – доминирующий вид мобильного трафика данных.

5. На первом этапе развития сетей связи стандарта 5G/IMT-2020 наиболее востребованными будут функциональные возможности и услуги, относящиеся к мультимедийным развлечениям с повышенными требованиями к качеству контента: обеспечение гигабитных скоростей, «живые» спортивные трансляции, кино с элементами виртуальной реальности, использование элементов дополненной реальности для управления автомобилями в реальном времени. Также абоненты заинтересованы в таких новых услугах, как синхронный перевод с иностранного языка, «умный дом», управление дронами (беспилотными летательными аппаратами).

Менее важны для потенциальных абонентов сети 5G/ IMT-2020 следующие возможности: большее время работы смартфона от одной зарядки аккумулятора, усиленная безопасность персональных данных, наивысшее качество видеостриминга, возможность подключения к сети почти любого устройства в доме.

6. Превращение предприятий различных сфер и отраслей экономики в контент-провайдеров мобильных сетей.

Ведущие мировые операторы имеют намерение развивать 5G-услуги как для абонентов, так и для корпоративного и промышленного использования.

7. Изменение способов монетизации услуг сетей связи 5G/IMT-2020.

- развитие интернета вещей (IoT/IIoT/M2M/D2D);
- совместные проекты с компаниями из других отраслей;
- специализированные отраслевые проекты и сценарии с распределением доходов.

8. Непосредственная заинтересованность администраций связи в скором и эффективном внедрении разнообразных технологий на базе сетей связи 5G/IMT-2020 в экономики своих стран:

- усилия по глобальной или региональной гармонизации спектра, выделяемого для сетей 5G/ IMT-2020;

- изменение тарифов за использование 1 МГц спектра в связи с необходимостью выделения гораздо более широких полос непрерывного спектра для эффективной работы сетей 5G/ IMT-2020;

- создание государственно-частных партнерств для практического продвижения сетей 5G/ IMT-2020 в реальную экономику;

- активное проведение мер по конверсии и перераспределению спектра в пользу сетей связи 5G/ IMT-2020.

## ***2.2. Оценка востребованности услуг сетей 5G/ИМТ-2020 в различных сферах и отраслях экономики, в том числе, в сфере транспорта и логистики, промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и здравоохранения***

Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 определены национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на период до 2024 года. Основная цель – осуществление прорывного научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации, увеличение численности населения страны, повышение уровня жизни граждан, создание комфортных условий для их проживания, а также условий и возможностей для самореализации и раскрытия таланта каждого человека.

В части инфраструктуры сетей связи для национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» определены следующие задачи:

- создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок;

- преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, образование, промышленность, сельское хозяйство, строительство, городское хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуру, финансовые услуги, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений.

Решение указанных задач предполагает внедрение и развитие новых радиотехнологий. Внедрение сетей 5G/ИМТ-2020, как ожидается, позволит упростить внедрение инфокоммуникационных технологий в традиционные отрасли промышленности и народного хозяйства. При этом использование современных сетей сотовой подвижной связи для различных отраслей экономики России в первую очередь должно быть ассоциировано с внедрением «Интернета вещей».

Сферы деятельности, для которых будет востребован тот или иной сегмент услуг в сетях 5G/ИМТ-2020 показан в табл. 2.1.

В настоящее время развитие инфраструктуры сетей связи все меньше определяется необходимостью предоставления абонентам традиционных голосовых услуг и услуг передачи данных. Эта тенденция с развитием сетей 5G также позволит создать дополнительную конкуренцию в области оказания различных услуг связи, предоставление которых в существующих сетях невозможно.

Медицинские учреждения, в том числе государственного и муниципального здравоохранения получают возможность оказывать услуги дистанционной медицины. Музеи смогут обеспечивать проведение виртуальных экскурсий, а учреждения

образования - услуги дистанционного образования с использованием дополненной реальности.

МЧС России перейдет от концепции реагирования на концепцию предотвращения разного рода чрезвычайных ситуаций (пожаров, паводков и др.), предусматривающую оценку состояния с помощью многочисленных датчиков окружающей среды, анализ происходящих в ней процессов и своевременное выявление тенденций ее изменения. Правоохранительные органы все шире будут использовать технологию биометрической идентификации в сочетании с подключаемыми по сети камерами высокого разрешения для поимки преступников и злоумышленников.

Почта России успешно тестирует услуги беспилотной доставки посылок. Транспортные организации в недалеком будущем смогут оказывать услуги по беспилотной перевозке пассажиров железнодорожным и автомобильным транспортом (например на 2020 год запланировано начало внедрения системы управления поездами «Ласточка» на МЦК без машиниста в кабине), а также предоставлять различные информационные и развлекательные услуги на «умных остановках», автозаправках и пр.

Помимо этого развитие сетей связи 5G/IMT-2020 окажет существенное влияние на реализацию следующих проектов и инициатив:

1. Ведомственного проекта Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации «Умный город». Данный проект объединяет города с различной численностью населения (от 50 тысяч до 1,5 миллионов человек), в которых будет реализовываться концепция «умного» города.

2. Стратегии развития Москвы до 2030 года, которая реализуется Департаментом информационных технологий г. Москвы.

3. Проекта «Беспилотный транспорт», реализуемого ПАО КАМАЗ, ФГУП НАМИ, Правительство г. Москва, Фонд Сколково, ПАО Мегафон. Целью данного проекта является внедрение беспилотных транспортных средств как на выделенных дорогах, так и на дорогах общего пользования.

3. Национальной технологической инициативы (НТИ) «Автонет», целью которой является формирование рынка для развития услуг, систем и современных транспортных средств на основе интеллектуальных платформ, сетей и инфраструктуры в логистике людей и вещей.

4. НТИ «Аэронет», целью которой является формирование рынка информационных, логистических и иных услуг, предоставляемых флотом беспилотных аппаратов.

5. НТИ «Энерджинет», целью которой является формирование рынка по созданию и управлению распределенными «умными» сетями и объектами электроснабжения (smart grid, smart city).

6. НТИ «Сейфнет», целью которой является формирование рынка по разработке и внедрению безопасных и защищенных решений в области передачи данных

7. НТИ «Хэлснет», целью которой является формирование рынка персонализированных медицинских услуг

8. НТИ «Технет», целью которой является формирование рынка по обеспечению технологической поддержки развития высокотехнологичных отраслей

9. НТИ «Маринет», формирование рынка по разработке интеллектуальных систем управления морским транспортом

Динамика роста распределения прогнозируемого объема рынка внедрения услуг 5G/ ИМТ-2020 по отраслям мировой промышленности до 2026 г. показала, что наибольший рост объема рынка будет наблюдаться в розничной торговле (135%), сфере автомобильного транспорта и промышленности (по 134%), общественном транспорте (128%). Прогнозная оценка общего объема мирового рынка услуг 5G/ ИМТ-2020 составит в 2026 г. около 3500 млрд. долл. США.

Таблица 2.1 - Востребованность услуг сетей 5G/ИМТ-2020 в различных сферах и отраслях экономики Российской Федерации

Отрасль экономики	Наиболее востребованные сценарии применения 5G	Ожидаемый эффект
Обрабатывающие производства	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечение взаимодействия между машинами в реальном времени для роботизации отдельных узлов производственных линий.</li> <li>2. Использование беспроводного транспорта для доставки товара и комплектующих по территории предприятия</li> <li>3. Обеспечение беспроводной связи между большим количеством датчиков и манипуляторов с пультом управления для автоматизации производственных процессов:</li> <li>4. Логистика: отслеживание потока продукции от сырья до момента передачи в доставку готовой продукции.</li> <li>5. Дистанционное управление роботами по каналам связи 5G/ИМТ-2020, в том числе в новых отраслях.</li> <li>6. Использование дополненной реальности для моделирования реальных ситуаций в процессе обучения персонала.</li> <li>7. Дистанционная оценка качества или диагностика</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение гибкости и эффективности отечественного производства.</li> <li>2. Сокращение складских расходов.</li> <li>3. Сокращение затрат времени на логистику.</li> <li>4. Повышение качества продукции</li> <li>5. Повышение эффективности, безопасности персонала.</li> <li>6. В перспективе переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть вещей и услуг (Индустрия 4.0).</li> </ol>
ЖКХ (Обеспечение электрической энергией, водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание интегрированной сети датчиков для управления сетями распределения ресурсов (электроэнергии, воды, газа)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Снижение потребления энергии, воды и других ресурсов.</li> <li>2. Сокращение времени выявления и устранения последствий чрезвычайных ситуаций в ЖКХ: утечек, протечек, задымления, неконтролируемого изменения температуры, влажности.</li> <li>3. Сокращение потерь при генерации и распределении электроэнергии.</li> </ol>

Транспортировка и хранение	1. Обеспечение взаимодействия транспортных средств со средой движения V2X (Vehicle-to-everything - система обмена данными между автомобилем и другими объектами дорожной инфраструктуры, например, с другими автомобилями, дорожными знаками, разметкой, светофорами).	1. Повышение безопасности дорожного движения. 2. Снижение числа происшествий, раненых и погибших в ДТП.
	2. Сбор данных в реальном времени от транспорта, инфраструктуры и других устройств	1. Оптимизация управления городским трафиком автомобильного движения
	3. Беспилотный транспорт	1. Повышение эффективности и безопасности эксплуатации метро и поездов. 2. Внедрение беспилотных автобусов и такси.
	4. Использование дронов для доставки товаров, почты, предметов первой необходимости и лекарств при чрезвычайных ситуациях	1. Сокращение времени доставки товаров, почты, предметов первой необходимости и лекарств при чрезвычайных ситуациях
	5. Приборные панели с использованием элементов дополненной реальности	1. Повышение уровня удовлетворенности водителя и пассажиров
	6. Развлекательные системы в автомобиле	
Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	1. Передача видео высокой четкости от сотрудников чрезвычайных служб с мест происшествий.	1. Получение актуальной и точной информации.
	2. Управление спасательными роботами.	1. Получение актуальной и точной информации. 2. Сокращение времени реагирования на происшествия и ЧС, а также устранения их последствий. 3. Повышение эффективности управляемости персоналом при возникновении происшествий и ЧС.

	3. Видеомониторинг с большого числа камер. Видеоаналитика (системы видеомониторинга и автоматического распознавания лиц, автомобилей, брошенных предметов и происшествий с автоматическими оповещениями о возможных происшествиях).	1. Сокращение времени реагирования на происшествия и ЧС, а также устранения их последствий.
	4. Использование компьютеризированных очков и шлемов с возможностью проецирования дополненной и виртуальной реальности для обучения персонала	1. Повышение эффективности действий персонала в условиях ЧС.
Сельское, лесное хозяйство	1. Беспилотные сельскохозяйственные машины (тракторы, комбайны, летательные аппараты).	1. Повышение эффективности сельскохозяйственной логистики 2. Сокращение времени получения информации при различных стихийных бедствиях и техногенных авариях.
	2. Сбор данных в режиме реального времени с различных датчиков, размещенных в сельскохозяйственных угодьях и местах нахождения скота.	1. Повышение эффективности контроля паводков, выявления очагов возгораний 2. Сокращение ущерба, наносимого окружающей среде паводками, пожарами. 3. Повышение контроля состояния урожая на всех этапах воспроизводства сельхозпродукции
	3. Дистанционный контроль физического состояния животных	1. Повышение эффективности контроля здоровья племенных животных и как следствие сокращение их падежа.
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	1. Сбор, обработка и хранение данных о пациенте и обобщенных медицинских данных.	1. Сокращение времени сбора анамнеза и постановки диагноза.
	2. Удаленный оперативный мониторинг состояния пациентов и консультирование пациентов на основе переданных в специализированные медицинские учреждения параметров.	1. Возможность получения дистанционной консультации у любого специалиста. 2. Повышение качества диагностики. 3. Повышение уровня доступности медицинских услуг.

	3. Проведение операций за счет управления манипуляциями робота под руководством высококвалифицированного врача, находящегося в другом месте	1. Повышение уровня доступности медицинских услуг.
Образование	1. Обеспечение возможности виртуального посещения музеев. 2. Изучение различных процессов и объектов в учебных классах на основе моделей, созданных с использованием дополненной реальности. 3. Дистанционное образование.	1. Повышение качества и доступности образования.
Торговля	1. Использование дополненной реальности в рекламных целях. 2. Применение беспилотного транспорта для доставки товаров со склада, на склад, покупателю.	1. Повышение уровня удовлетворенности потребителей.



Тестирование сценариев применения сетей связи 5G/ИМТ-2020 осуществляется в рамках пилотных зон, реализуемых в соответствии с мероприятием 04.01.011.003.003 «Реализация проектов пилотных зон сетей 5G/ИМТ-2020», предусмотренным паспортом федеральной программы «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика РФ», утвержденным протоколом президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 27.12.2018 №6 и с учетом лучших практик в области сквозных технологий.

Формирование рынка услуг связи 5G/ИМТ-2020 будет осуществляться за счет возможности появления новых участников, в том числе виртуальных операторов, на рынке предоставления услуг связи:

- компаний-посредников между традиционным оператором подвижной связи и конечным пользователем;

- создания совместных предприятий с участием традиционных операторов связи и представителей вертикальных рынков или производителей оборудования;

- компаний-посредников между операторами и владельцем площадок, где оператор хочет разместить базовую станцию, в районах с высокой плотностью застройки.

Оценка распределения доходов рынка от цифровизации по отраслям промышленности в Российской Федерации к 2026 г.:

1. На рис. 2.1 показано распределение доходов рынка от цифровизации по отраслям промышленности в России к 2026 г. Согласно прогнозу, наибольшая часть доходов формируется в областях энергетики, общественной безопасности и промышленности, а в целом доход составит более 60 млрд. долларов США.



Рисунок 2.1 - Распределение доходов рынка от цифровизации по отраслям промышленности в Российской Федерации

2. На рис.2.2 показано распределение доходов участников рынка, включая операторов сетей 5G/ИМТ-2020, от внедрения услуг 5G в различных отраслях промышленности России к 2026 г., а в целом доход составит более 37 млрд. долларов США.



Рисунок 2.2 - Распределение доходов участников рынка 5G/ИМТ-2020 от внедрения услуг в различных отраслях промышленности Российской Федерации в 2026 г.

Согласно прогнозу, наибольшие части доходов будут получены от предоставления услуг в промышленности и ЖКХ, а в целом доход участников рынка 5G/ИМТ-2020 составит не менее 37 млрд. долларов США.

3. Прогнозируемые доходы непосредственно операторов сетей 5G/ИМТ-2020 в России к 2026 г. составят не менее 11,1 млрд. долларов США. При этом наибольшие доходы операторов ожидаются от предоставления услуг в таких сферах экономики Российской Федерации, как промышленное производство – до 20% и энергетика и коммунальные услуги – до 17,5% от общего дохода.

### ***2.3. Прогноз количества пользователей и количества потребляемого трафика в сетях 5G/ИМТ-2020 в различных сферах и отраслях экономики с учетом эволюционного развития сетей 4G к сетям 5G/ИМТ-2020***

В среднем абоненты существующих мобильных сетей могут быть готовы стать абонентами новой сети 5G/ИМТ-2020 через примерно 2,5 года после запуска сети 5G/ ИМТ-2020 в их стране. Этот вывод целесообразно учитывать операторам для прогнозирования роста их абонентской базы и предполагаемого объема трафика

в их сетях 5G/ IMT-2020, а также для оценок срока формирования критической массы абонентов сетей 5G/IMT-2020.

Обобщенный анализ экспертных мнений и отчетных материалов компаний-производителей оборудования для сетей ПРТС показал, что к концу 2023 г. прогнозируемое количество абонентов сетей 5G/IMT-2020 в мире достигнет 1 млрд., а к 2025 г. - 2,6 млрд человек.

Прогноз роста общего трафика данных в мире показал, что объем трафика данных увеличится с 2017 г. за 6 лет в среднем в 8 раз - в 2023 г. объем трафика достигнет величины 110 Эксабайт в месяц, причем 95% трафика будет генерироваться пользователями смартфонов.

Планом мероприятий федерального проекта «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (Приложение № 2 к протоколу заседания Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 25 декабря 2018 г. № 1) предусмотрены следующие ожидаемые результаты: «Созданы условия и приступили к реализации дорожной карты по внедрению сетей 5G/IMT-2020 на территории не менее 10 городов Российской Федерации с численностью населения более 1 млн человек.» со сроком реализации 2021-2024 гг.

Оценка объема трафика, генерируемого сетями 5G/ IMT-2020 в крупных городах России в 2025 г. составила:

- для Москвы: 1,35 Эксабайт/год, что эквивалентно 350 Терабайт/ЧНН;
- для Петербурга: 0,9 Эксабайт/год, что эквивалентно 230 Терабайт/ЧНН.

Прогноз по темпам проникновения устройств 5G/IMT-2020 для городов-миллионников России до 2030 года показан на рис.2.3.

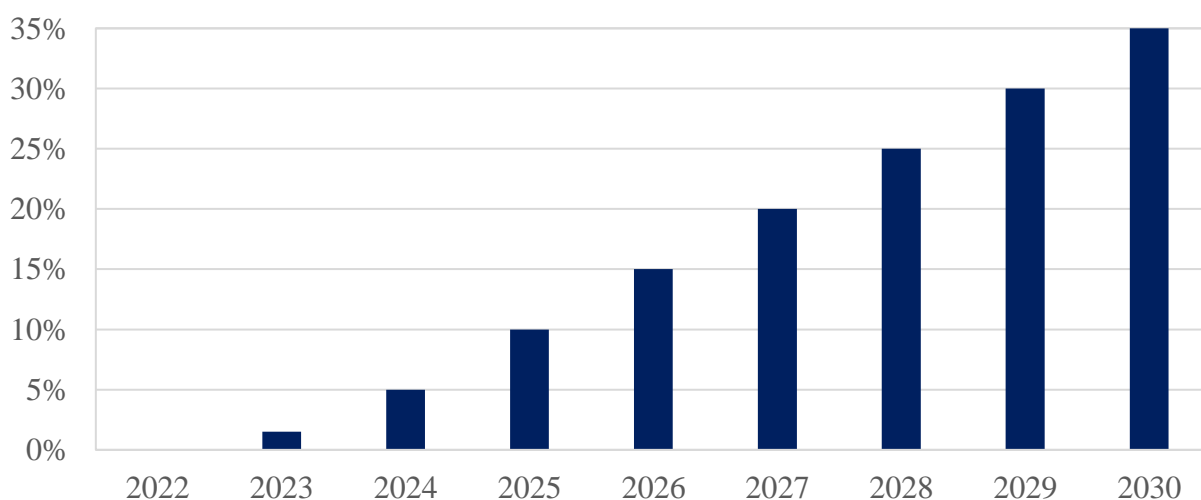


Рисунок 2.3 - Прогноз проникновения устройств 5G/IMT-2020 в 15 городах-миллионниках России

Текущий уровень проникновения подвижной связи в городах-миллионниках – 3 абонентских устройства на человека. Исходя из текущей численности населения 15 городов миллионников российской Федерации, и предполагая, что численность населения и уровень проникновения подвижной связи существенно не изменятся, прогноз количества пользователей сверхширокополосной мобильной связи eMBB в сетях 5G/IMT-2020 городов-миллионников представлен на рис.2.4.

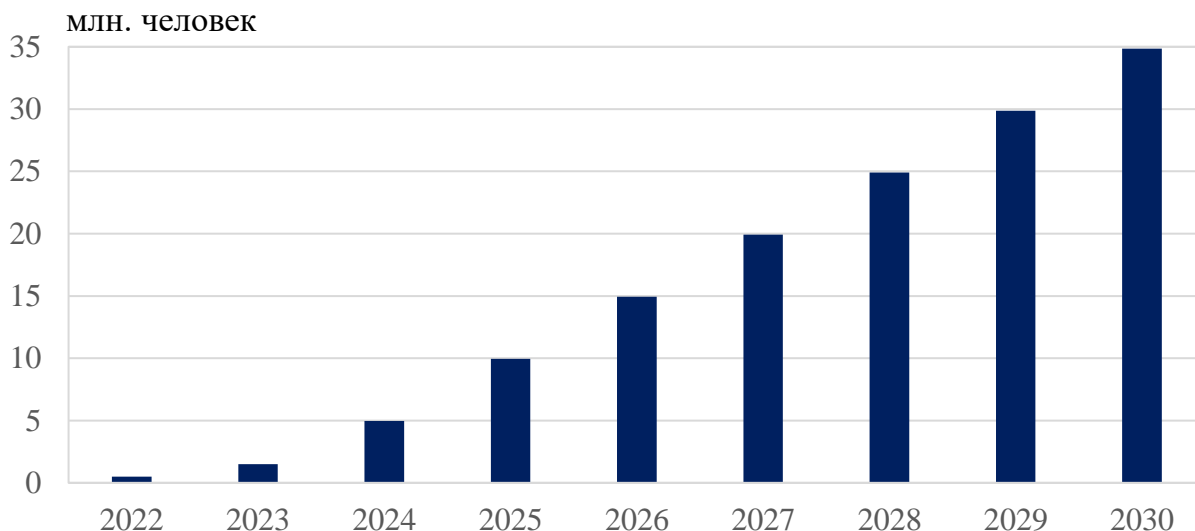


Рисунок 2.4 - Прогноз общего количества пользователей услуг eMBB в сетях 5G/IMT-2020 в 15 городах-миллионниках России

Количество IoT/M2M подключений в России ежегодно растет в среднем на 30%. Исходя из существующих прогнозов по проникновению IoT/M2M устройств в сетях 5G/IMT-2020, и сопоставления данных по темпам проникновения IoT/M2M устройств в сетях LTE, составлен прогноз по темпам проникновения IoT/M2M устройств в сетях 5G/IMT-2020 в России до 2030 года (рис.2.5).

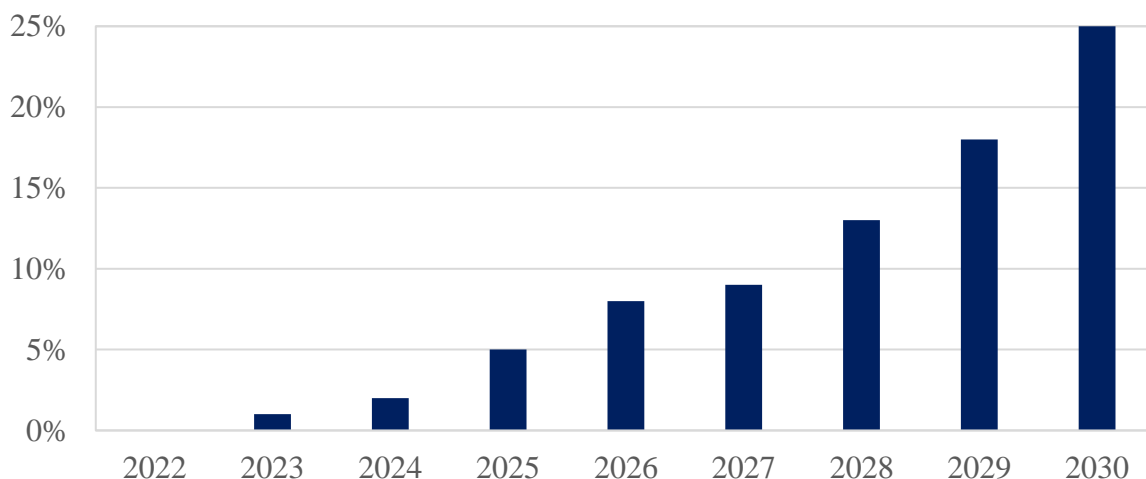


Рисунок 2.5 - Прогноз проникновения IoT/M2M устройств в сетях 5G/IMT-2020 в 15 городах-миллионниках России

Прогноз количества IoT/M2M подключений в сетях 5G/IMT-2020 в России до 2030 года представлен на рис.2.6.

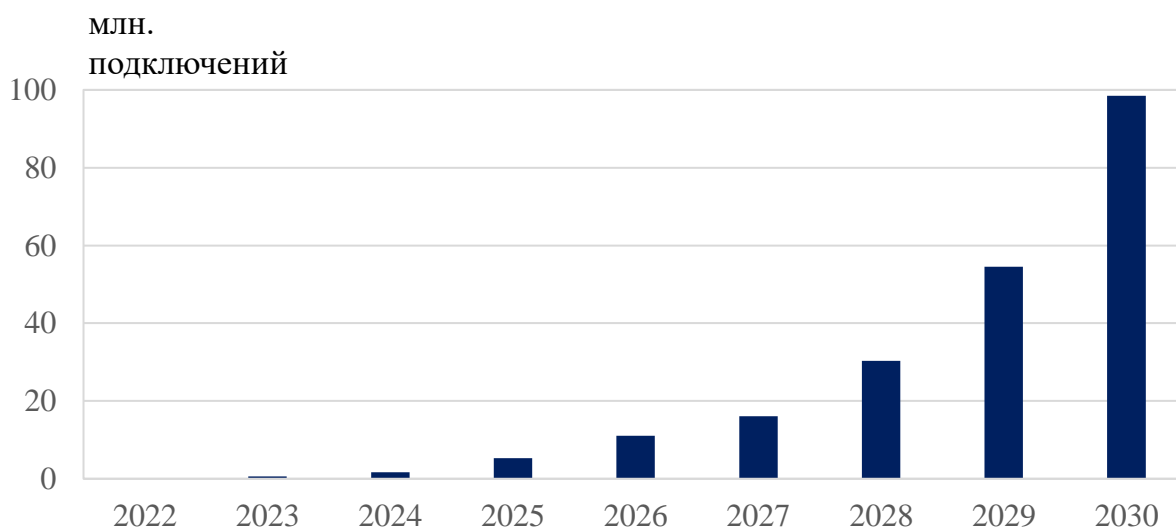


Рисунок 2.6- Прогноз общего количества IoT/M2M подключений в сетях 5G/IMT-2020 в 15 городах-миллионниках России

На основе анализа сведений, приведенных в разделе 2 настоящей Концепции, выполнена оценка количества пользователей с учетом эволюционного развития сетей 4G к сетям 5G/IMT-2020 в различных сферах и отраслях экономики Российской Федерации. Результаты прогноза показаны в табл. 2.2.

Таблица 2.2 - Прогноз распределения количества пользователей сетей 5G/ IMT-2020 по отраслям экономики Российской Федерации в 2026 г.

Сфера экономики	Прогноз количества абонентов, млн
-----------------	-----------------------------------

Промышленность	3
ЖКХ	2,55
Медицина	2,1
Общественная безопасность	1,95
Общественный транспорт	1,8
Медиа и развлечения	1,5
Автотранспорт	1,2
Финансовый сектор	0,9

При расчете количества пользователей были использованы следующие исходные данные и приняты следующие допущения:

- доминирующая услуга – eMBB;
- количество абонентов eMBB в сетях 5G/ IMT-2020 – 15 млн. человек в 2026 г. (10% всех мобильных вызовов в 2026 г. будет приходиться на сети 5G/IMT-2020);
- плата за единицу трафика одинакова для всех отраслей экономики (то есть распределение доходов по отраслям экономики пропорционально распределению количества абонентов);
- распределение доходов операторов сетей 5G/ IMT-2020 по отраслям экономики Российской Федерации приведено на рис. 2.2 настоящей Концепции.

Также на основе анализа сведений, приведенных в разделе 2 работы, выполнена оценка объема передаваемого трафика сетей 5G/IMT-2020 в различных сферах и отраслях экономики Российской Федерации. Результаты анализа показаны в табл. 2.3. Приведен прогноз распределения объема трафика в сетях 5G/ IMT-2020 по отраслям экономики, как в процентном, так и в абсолютном (Гб/мес.) отношении.

Таблица 2.3 - Прогноз распределения объема трафика в сетях 5G/ IMT-2020 по отраслям экономики Российской Федерации в 2026 г.

<b>Сфера экономики</b>	<b>Распределение мобильного трафика данных по отраслям экономики, %</b>	<b>Объем мобильного трафика данных на одного абонента, Гб/мес.</b>
Медиа и развлечения	25	15
Общественная безопасность	18	10,8
Промышленность	15	9
Медицина	15	9
Финансовый сектор	10	6
Общественный транспорт	7	4,2

<b>Сфера экономики</b>	<b>Распределение мобильного трафика данных по отраслям экономики, %</b>	<b>Объем мобильного трафика данных на одного абонента, Гб/мес.</b>
Автотранспорт	6	3,6
ЖКХ	4	2,4

При расчете объема трафика были использованы следующие исходные данные и приняты следующие допущения:

- доминирующая услуга: eMBB;
- среднее значение объема мобильного трафика данных за 2-ой квартал 2018г. бралось по данным операторов подвижной связи Российской Федерации, равным 5 Гб/мес. на одного абонента;
- рост объема мобильного трафика данных за 2018 – 2026 года: 12 раз;
- абонент может потреблять услуги 5G/ IMT-2020, предоставляемые в одном или нескольких из всех рассматриваемых отраслей экономики Российской Федерации.

**3 Формирование подхода к созданию и использованию сети радиосвязи 5G/IMT-2020 операторами с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот, включая диапазоны радиочастот в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц с учетом международных тенденций развития телекоммуникационного рынка**

***3.1 Международные тенденции создания сети радиосвязи 5G/IMT-2020 операторами с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот***

Для предоставления услуг 5G/IMT-2020 каждого типа необходимо выполнение определенных технических требований, оптимально реализующихся в различных диапазонах частот.

В соответствии с Техническими спецификациями Партнерского проекта 3GPP диапазоны частот 5G/ IMT-2020 разделены на два поддиапазона FR1 (450–6000 МГц) и FR2 (24,25 – 52,6 ГГц), а документами Ассоциации GSMA частоты 5G/ IMT-2020 разделены на 3 группы:

- ниже 1 ГГц (частотный диапазон FR1);
- в полосе 1 – 6 ГГц (частотный диапазон FR1);
- свыше 6 ГГц (частотный диапазон FR2).

***Диапазоны частот ниже 1 ГГц*** имеют наилучшие характеристики распространения в условиях городской, пригородной и сельской местности, обеспечивают эффективное радиопокрытие больших территорий, а также покрытие в помещениях и актуальны для использования IoT устройствами .

На данный момент времени техническими спецификациями 3GPP определены следующие частотные диапазоны (NR bands) на частотах ниже 1 ГГц:

- n5 (824-849 МГц, 869-894 МГц);
- n8 (880-915 МГц, 925-960 МГц);
- n12 (699-716 МГц, 729-746 МГц);
- n20 (791-821 МГц, 832-862 МГц);
- n28 (703-748 МГц, 758-803 МГц);
- n71 (617-652 МГц, 663-698 МГц);
- n81 (880-915 МГц), частотный диапазон линии «вверх»;
- n82 (832-862 МГц), частотный диапазон линии «вверх»;
- n83 (703-748 МГц), частотный диапазон линии «вверх».

В качестве ключевого диапазона радиочастот для внедрения сетей 5G/IMT-2020 ниже 1 ГГц рассматривается полоса 694-790 МГц. В ней в Европе планируется



использовать 2×30 МГц для развертывания сетей 5G/IMT-2020 с широким покрытием, которые должны обеспечить массовое предоставление сервисов Интернета вещей и минимального набора сервисов 5G/IMT-2020 за пределами крупных городов и вдоль транспортных магистралей. При этом данный диапазон в Европе дополняет возможности сетей LTE в диапазоне 800 МГц.

Частотный диапазон 450-470 МГц не указан среди частотных диапазонов, стандартизированных 3GPP для систем 5G/IMT-2020, поэтому он не может рассматриваться как часть спектрального ресурса для систем 5G/IMT-2020. Часть этого частотного диапазона – 452,5 – 457,5 МГц (канал вверх) и 462,5 – 467,5 МГц (канал вниз) - выделена для сетей LTE (3GPP Band 31).

*Диапазон частот 1-6 ГГц* имеет как хорошие характеристики распространения в условиях городской, пригородной и сельской местности, так и достаточную ширину диапазонов для организации высокоскоростных каналов с шириной спектра канала до 100 МГц. В этой полосе радиочастот для развития сетей 5G/IMT-2020 рассматриваются следующие диапазоны: 3400-3800 МГц, 4400-4990 МГц, 5,9 ГГц.

В качестве перспективных для сетей 5G/IMT-2020 также рассматриваются полосы частот 3300-3800 МГц (п78) с общей шириной 500 МГц и 3300-4200 МГц (п77) с общей шириной 900 МГц.

Полоса радиочастот 3400-4200 МГц в Российской Федерации для использования РЭС подвижной службы не распределена и используется на первичной основе РЭС фиксированной и фиксированной спутниковой служб различного назначения.

У отдельных стран существуют планы по освоению полосы радиочастот 3400-4200 МГц, но в среднесрочной перспективе их реализация маловероятна. Все перечисленные полосы радиочастот во многих странах заняты ЗС ФСС, и именно совместимость с данной службой радиосвязи определяет фактические возможности использования вышеперечисленных полос радиочастот.

Япония изучает возможность использования полосы радиочастот 4400-4900 МГц, Китай - 4800-4990 МГц. Окончательные планы по их использованию могут быть сформированы в 2019 году.

Диапазон 1427-1517 МГц доступен не в полном объеме, и его планируется использовать только в качестве вспомогательного при агрегации с более низкими диапазонами радиочастот в сетях LTE-Advanced.

Частотный диапазон 5,15-5,95 ГГц не стандартизирован 3GPP для систем 5G/IMT-2020. Полосы частот 5,15-5,35 ГГц и 5,65-5,85 ГГц с установленными

ограничениями могут использоваться в Российской Федерации на безлицензионной основе, а также могут использоваться системами 5G/IMT-2020.

**Частоты выше 6 ГГц** предназначены для организации сверхвысокоскоростных каналов связи на небольших расстояниях от базовой станции за счет использования каналов с шириной спектра до 400 МГц, обеспечения сверхмалых задержек на радиointерфейсе NR. Частоты свыше 6 ГГц имеют неудовлетворительные характеристики распространения. На данный момент техническими спецификациями 3GPP определены четыре NR диапазона выше 6 ГГц: n257 (26,5-29,5 ГГц), n258 (24,25-27,5 ГГц), n260 (37-40 ГГц), n261 (27,5-28,35 ГГц).

В соответствии с Резолюцией № 238 ВКР-15 МСЭ-R предлагается провести к ВКР-19 соответствующие исследования с целью определения потребностей в спектре для наземного сегмента IMT в диапазоне частот между 24,25 ГГц и 86 ГГц. Результаты данных исследований должны быть представлены на ВКР-19. Кроме того, необходимо провести исследования возможности совместного использования частот различными службами в полосах частот:

- 24,25–27,5 ГГц, 37–40,5 ГГц, 42,5–43,5 ГГц, 45,5–47 ГГц, 47,2–50,2 ГГц, 50,4–52,6 ГГц, 66–76 ГГц и 81–86 ГГц, которые распределены подвижной службе на первичной основе;

- 31,8–33,4 ГГц, 40,5–42,5 ГГц и 47–47,2 ГГц, которые могут потребовать дополнительных распределений подвижной службе на первичной основе.

При этом Ассоциация GSMA отмечает, что:

- частоты в диапазонах 24,25-27,5 ГГц и 40,5–43,5 ГГц являются наиболее актуальными для развертывания сети 5G/IMT-2020 для стран Европы, Африки, Ближнего Востока, Азии, а также для стран – членов Регионального содружества в области связи (РСС), которые планируют использовать эти частоты на своих территориях;

- частоты 66-71 ГГц рассматривают для использования на безлицензионной основе.

В Резолюции 238 ВКР-15 также учитывается, что:

- для применений IMT со сверхмалым временем задержки и очень высокой скоростью передачи потребуются большие непрерывные блоки спектра, чем имеющиеся в полосах частот, которые в настоящее время определены для использования IMT администрациями связи;

- для рассмотрения вопроса об этих блоках спектра могут подходить полосы в более высоких диапазонах частот.

В настоящее время в рамках 3GPP сформирован частотный план 24250–27500 МГц для сетей 5G/IMT-2020, который является предложением Европы

и интенсивно исследуется в рамках подготовки к ВКР-19. Однако в силу значительной неопределенности, возникшей в рамках исследований помех на пассивные службы ниже 24,25 ГГц, он пока не реализован. Требования по защите пассивных служб могут значительно сократить радиочастотный ресурс, доступный для сетей 5G/IMT-2020, в особенности в нижней части данного диапазона радиочастот.

В частотном диапазоне 30-55 ГГц выделены несколько поддиапазонов: 37-43,5 ГГц и 40,5-43,5 ГГц.

Поддиапазон 37-43,5 ГГц. Текущие результаты исследований совместимости в полосах частот 37-42,5 ГГц показывают, что существенных трудностей в вопросе совместимости систем существующих радиослужб с системами IMT не наблюдается. Но в то же время в разных странах в этом поддиапазоне работают различные РЭС/службы. В условиях такой фрагментации спектра целесообразно применение подхода, позволяющего абонентскому терминалу выбирать соответствующий поддиапазон в зависимости от того, в каком регионе/стране он сейчас используется.

Поддиапазон 40,5-43,5 ГГц. СЕРТ считает эту полосу частот важной для исследований эффективности внедрения сетей 5G/IMT-2020, и что «по возможности, следует избегать перемещения служб из других диапазонов в эту полосу, чтобы была возможность сделать ее доступной для сетей 5G/IMT-2020 в будущем».

Частотные диапазоны 66-76 ГГц и 81-86 ГГц.

Диапазон 71,0-76,0 ГГц является парным диапазону 81,0-86,0 ГГц. В настоящее время он используется для мобильного backhaul - распределительной сети, связывающей базовые станции с контроллерами и центрами коммутации подвижной связи. Результаты исследований совместимости в полосах радиочастот 71-76 ГГц и 81-86 ГГц показывают, что данный вопрос относится к области национального регулирования и не является препятствием для идентификации для IMT данного диапазона. Результаты показывают возможную необходимость координации развертывания РРЛ и БС IMT-2020 в данных диапазонах радиочастот. Однако на практике ожидается развертывание в данном диапазоне радиочастот систем IMT-2020 для использования внутри помещений, что может нивелировать необходимость в каком-либо регулировании условий совместимости РРЛ и систем IMT-2020 в данных полосах радиочастот.

Для увеличения пропускной способности сетей радиодоступа 5G/IMT-2020, а также повышения эффективности использования радиочастотного спектра (РЧС) в

целом, также целесообразно применять следующие рекомендованные международными организациями новые способы его выделения и использования:

1. Licensed-Assisted Access (LAA). Данный способ основан на применении участков нелицензируемого спектра со свободным доступом пользователей для формирования вторичных агрегируемых несущих (SCC) в групповом агрегируемом сигнале.

С целью обеспечения возможности использования данного способа необходимо решение следующих вопросов, которые рассматриваются в настоящее время международной организацией 3GPP:

- работа радиointерфейса NR в нелицензированном спектре, включая физические каналы, выбор дуплексного режима, формы сигнально-кодовой конструкции, ширины полосы пропускания, интервала между поднесущими, структуры кадра и дизайна физического уровня, сделанных как часть исследования радиointерфейса NR;

- возможность использования нелицензированных полос ниже 7 ГГц;

- принципы обеспечения прямой совместимости, реализованные в радиointерфейсе NR;

- начальный доступ в сеть, доступ к каналу, планирование/повторение с переспросом HARQ и мобильность, включая работу подключенного/неактивного/ждущего режима и режима мониторинг/отказ связи;

- методы обеспечения электромагнитной совместимости в радиointерфейсе NR и между радиointерфейсами NR в нелицензированном диапазоне в режиме LAA и радиointерфейсами LTE и другими RAT в соответствии с нормативными требованиями, например для диапазонов 5 ГГц и 6 ГГц;

- методы обеспечения совместимости, определенные при применении LAA в сетях LTE для диапазона 5 ГГц, который следует рассматривать как основной диапазон для работы в режиме LAA. При этом работа радиointерфейса NR в нелицензионном спектре не должна влиять на развернутые там сети Wi-Fi (данные, видео и голосовые услуги) больше, чем включение дополнительной сети Wi-Fi в том же диапазоне.

2. Licensed Sharing Access (LSA). Способ основан на совместном использовании участков лицензируемого спектра, выделенных операторам одной или разных радиослужб. Метод LSA служит регуляторным и технологическим инструментом предоставления дополнительного спектрального ресурса пользователям подвижной широкополосной связью, если перегруппирование спектра невозможно или нежелательно.

Дополнительные пользователи получают разрешение использовать спектр (или часть спектра) в соответствии с правилами совместного использования, включенными в их права на использование спектра, что позволяет всем уполномоченным пользователям, включая традиционных пользователей, обеспечивать определенное качество обслуживания (QoS).

Для реализации этого способа лицензируемого совместного использования спектра в сетях 5G/IMT-2020 будет использоваться новый функциональный сетевой элемент – спектральный менеджер (HSM).

Менеджер спектра HSM будет рассматривать только те частотные ресурсы, которые доступны для повторного использования, и распределит их между вторичными пользователями частотного ресурса LSA.

Роль спектрального менеджера HSM может быть определена регулирующим органом, независимой доверенной третьей стороной или даже одним из владельцев лицензии радиочастотного спектра. Операторы мобильной связи могут достичь взаимного согласия через менеджера спектра HSM для того, чтобы иметь общий ресурс спектра, дополненный спектральными ресурсами каждого из операторов и доступный для всех шеринговых операторов.

Недостатками использования технологии LSA в сетях 5G/IMT-2020 является накопление задержки при принятии решения спектральным менеджером о возможности использования полос LSA за счет необходимости обращения к геолокационной базе данных, что делает их неприменимыми в бизнес-моделях критических услуг 5G/IMT-2020 таких как услуги RLLC.

В настоящее время для внедрения сетей на основе эволюции стандарта LTE-Advanced, а в последствии и с переходом к NR, рассматриваются все существующие полосы радиочастот сетей сотовой подвижной связи. Российская Федерация исторически тяготеет к европейскому региону и соответствующему использованию полос радиочастот за исключением отдельных полос радиочастот, заимствованных из других регионов, или полос радиочастот, которые недоступны в Российской Федерации из-за сложившегося использования.

Для построения мобильных сетей актуальным является вопрос обеспечения технологической нейтральности, позволяющий оператору осуществлять планомерное развитие своей сети и замещение технологий.

Предлагаемые подходы к созданию и использованию сети радиосвязи 5G/IMT-2020 в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц показаны в табл. 3.1, где использованы следующие обозначения:

- LAA – применение технологии агрегации нелицензируемого и лицензируемого спектра;
- LSA – применение технологии лицензируемого шеринга спектра;
- LA – применение спектра в лицензируемых полосах частот.

Таблица 3.1 - Предлагаемые подходы к созданию и использованию сети радиосвязи 5G/IMT-2020

Полоса частот	Технология доступа к спектру		
	LAA	LSA	LA
694-790 МГц	да	да	да
3,4-3,8 ГГц	да	да	да
4,4-4,99 ГГц	да	да	да
5,9 ГГц	нет	да	да
24,25-29,5 ГГц	да	нет	да
30-55 ГГц	да	нет	да
66-76 ГГц	нет	нет	да
81-86 ГГц	нет	нет	да

Авторизация прав использования спектра на основе лицензионного доступа применима ко всем девяти частотным диапазонам и технологии LA могут использоваться без ограничений.

Получение права на использование спектра в сетях 5G/IMT-2020 на основе технологий нелицензионного доступа (LAA) и лицензионного доступа на основе шеринга ограниченного числа пользователей (LSA) имеет ряд недостатков и ограничений. Это вызвано технологическими особенностями реализации LAA и LSA, а также техническими требованиями, используемыми в бизнес-моделях сетей 5G/IMT-2020. Применимость с методами доступа к спектру в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц определена в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Применимость различных технологий доступа к спектру в зависимости от бизнес-модели услуг 5G/IMT-2020

Бизнес-модели услуг 5G/ IMT-2020	Технология доступа к спектру		
	LAA	LSA	LA
eMBB	да	да	да
uRLLC	нет	нет	да
mIoT	да	да	да

### *3.2 Подходы к созданию и использованию в Российской Федерации сети радиосвязи 5G/IMT-2020 операторами с использованием лицензируемого и*

*нелицензируемого диапазонов частот, включая диапазоны радиочастот в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц*

В табл. 3.3 рассмотрена взаимосвязь между частотным диапазоном и типами услуг, которые целесообразно предоставлять в нем.

Таблица 3.3 - Диапазоны частот для возможных реализаций различных сервисов системы 5G/IMT-2020

<b>Тип услуг 5G/IMT-2020</b>	<b>Высокоуровневые требования</b>	<b>Возможные вопросы, связанные со спектром</b>	<b>Оптимальные частотные диапазоны</b>
Усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB)	Сверхвысокоскоростные радиоканалы	Сверхширокие полосы несущих	24 ГГц и выше
	Высокоскоростные радиоканалы	Широкие полосы несущих	3,4-3,8 ГГц, 4,4-4,99 ГГц
	Устойчивость к большому Допплеровскому сдвигу	Зависит от требований к емкости	Все диапазоны
	Сверхмалая временная задержка	Приложения малого радиуса действия	3,4-3,8 ГГц, 4,4-4,99 ГГц, 24 ГГц и выше
	Малая временная задержка	Приложения среднего радиуса действия	3,4-3,8 ГГц, 4,4-4,99 ГГц
	Сверхвысоконадежные радиоканалы	Существенное влияние атмосферных осадков на надежность outdoor радиоканалов мм-диапазона	Ниже 1 ГГц, 3,4-3,8 ГГц, 4,4-4,99 ГГц
Сверхнадежная передача данных с малой задержкой (URLLC)	Малый радиус действия	Использование радиочастот мм-диапазона	24 ГГц и выше
	Средний радиус действия	-	3,4-3,8 ГГц, 4,4-4,99 ГГц
	Преодоление препятствий радиосигналом на своем пути	-	Ниже 1 Гц
Крупномасштабные системы межмашинной связи (MIoT)	Работа в cluttered environment	Доминирование дифракции в низких и отражений в высоких частотных диапазонах	Все диапазоны
	Работа около быстро движущихся препятствий	Каналы с частотно избирательным замиранием (фейдингом)	Предпочтительные частоты ниже 4 ГГц
	Mesh networking	Высокоскоростной распределенный беспроводной backhaul, работающий	Выше 24 ГГц

Тип услуг 5G/ IMT-2020	Высокоуровневые требования	Возможные вопросы, связанные со спектром	Оптимальные частотные диапазоны
		в или вне полосы (in-band или out-of-band)	

Ниже приведены подходы к созданию и использованию сети радиосвязи 5G/IMT-2020 в Российской Федерации операторами с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот, включая диапазоны радиочастот в полосах: 694-790 МГц; 3,4-3,8 ГГц; 4,4-4,99 ГГц, 5,9 ГГц, 24,25-29,5 ГГц, 30-55 ГГц, 66-76 ГГц, 81-86 ГГц. При этом для наиболее эффективного и быстрого внедрения будущих сетей подвижной радиосвязи технологии 5G/IMT-2020 требуется использование существующих полос радиочастот для эволюции сетей LTE-Advanced и выделение новых полос радиочастот в более высоких диапазонах радиочастот для внедрения сетей NR.

1. Диапазон радиочастот ниже 1 ГГц.

В качестве ключевого диапазона радиочастот для внедрения сетей 5G/IMT-2020 ниже 1 ГГц рассматривается диапазон 694-790 МГц, который включен в Дорожную карту Евросоюза по внедрению сетей 5G/IMT-2020.

Высвобождение диапазона радиочастот 694-790 МГц для сетей 5G/IMT-2020 от РЭС ЦТВ является наиболее предпочтительным вариантом обеспечения сетей 5G/IMT-2020 радиочастотным ресурсом. Это подтверждается опытом европейских стран по перепланированию сетей телевизионного вещания в диапазоны радиочастот ниже 694 МГц в относительно сжатые сроки и с малыми затратами.

Однако в Российской Федерации использование сетями 5G/IMT-2020 полосы радиочастот 694-790 МГц (703-733 МГц/758-788 МГц, 2×30 МГц) требует проведения ряда мероприятий и решений.

Для сетей LTE-Advanced в Российской Федерации ранее были выделены полосы радиочастот 720-750/761-791 МГц, но решение о прекращении использования диапазона 694-790 МГц РЭС ЦТВ в настоящее время отсутствует. Согласно Плану перспективного использования РЧС РЭС гражданского назначения в полосе радиочастот 694-790 МГц продолжается дальнейшее использование цифрового телевизионного вещания (ЦТВ), а использование аналогового телевизионного вещания в полосе 470-790 МГц определено до 19.08.2019 г. Сложившаяся ситуация требует проведения оптимизации частотно-территориального плана ЦТВ для заданного числа мультиплексов и с учетом планов отключения аналогового вещания и планов по объему ЦТВ с высвобождением



максимально возможного частотного ресурса в полосе 694-790 МГц для всей территории страны.

Прямое заимствование европейского опыта для диапазона 790-862 МГц также невозможно в силу сложившейся практики использования полос радиочастот РЭС военного и специального назначения. При этом проблемы конверсии в диапазонах 790-862 МГц и 880-960 МГц, решение которых пока не найдено, существенно ограничивают возможности использования данных диапазонов радиочастот для сетей LTE-Advanced. Наибольшие ограничения накладываются приемниками бортового оборудования, замена которого на значительном парке летательных аппаратов сопряжена со значительными финансовыми затратами и сроками реализации.

## 2. Диапазон радиочастот от 1 до 6 ГГц.

Диапазоны частот 1-6 ГГц имеют как хорошие характеристики распространения в условиях городской, пригородной и сельской местности, так и достаточную ширину диапазонов для организации высокоскоростных каналов с шириной спектра канала до 100 МГц. В этой полосе радиочастот для развития сетей 5G/IMT-2020 рассматриваются следующие диапазоны: 3400-3800 МГц, 4400-4990 МГц, 5,9 ГГц.

С точки зрения действующих операторов подвижной радиотелефонной связи, в качестве приоритетной рассматривается полоса радиочастот 3400-3600 МГц, однако не исключается и разработка мероприятий по использованию радиочастотного ресурса в полосах 3600-3800 МГц, 4400-4500 МГц и 4800-4990 МГц.

В настоящее время в Российской Федерации полоса радиочастот 3400- 3800 МГц используется на первичной основе РЭС фиксированной спутниковой службы (линия космос-Земля) и РЭС фиксированной службы и для подвижной службы не предназначена.

Результаты оценки ЭМС сетей 5G/IMT-2020 с действующими РЭС показывают, что найти необходимый доступный ресурс для внедрения указанных сетей в Российской Федерации в полосе 3400 - 3800 МГц без проведения работ по конверсии радиочастотного спектра не представляется возможным.

В рамках фиксированной службы в полосе 3400-3600 МГц используются также РЭС фиксированного беспроводного доступа (ФБД), при этом в соответствии с имеющимися решениями, в части указанной полосы эти РЭС могут быть отключены 11 марта 2021 года без необходимости принятия дополнительных мер по

высвобождению частотного ресурса. Сроки высвобождения полосы от использования РЭС радиорелейных линий (РРЛ) прямой видимости и фиксированной спутниковой службы (ФСС) не определены. С учетом необходимости первоначального развертывания сетей пятого поколения в районах с высокой плотностью населения в сложившейся ситуации может быть рассмотрена возможность использования географического разнесения сетей 5G/IMT-2020 и земных станций (ЗС) ФСС С-диапазона в крупных городах.

В Российской Федерации полоса радиочастот 4500-4800 МГц также используется для ФСС. Полоса 4575-4610 МГц относится к категории правительственного назначения и не доступна для сетей 5G/IMT-2020. Окончательный вывод возможен по результатам проведения НИР. Полоса радиочастот 4800-5000 МГц используется преимущественно гражданскими радиорелейными станциями, количество которых не превышает нескольких сотен. В целом полоса радиочастот 4400-5000 МГц, за исключением отдельных участков, является менее загруженной, чем полоса 3400-3800 МГц и, предположительно, также может быть частично выделена для внедрения сетей 5G/IMT-2020 в России (полосы 4800 - 4990 МГц, либо 4790 - 5000 МГц)».

Учитывая результаты аукционов по распределению спектра 3400-3800 МГц для сетей связи 5G, которые прошли в период 2017-2018 гг. в разных странах, а также прогнозную оценку объемов трафика и ожидаемую топологию сети, рекомендуемый объем минимально необходимого радиочастотного ресурса в этой полосе составляет 50 МГц на одного оператора.

Диапазоны частот 3400 -3800 МГц и 4800 - 4990 МГц расположены достаточно близко друг к другу, поэтому характеристики, определяющие распространение в них электромагнитных волн, будут весьма близки. Это также делает весьма похожими и количественные и качественные требования к параметрам оборудования базовых станций сети связи 5G в этих полосах частот. В связи с этим полосы частот 3400-3800 МГц и 4800-4990 МГц можно рассматривать как части одного частотного диапазона 3400 - 5000 МГц. С учетом этого, объем радиочастотного ресурса, минимально необходимый для эффективного развертывания сетей связи 5G в полосах частот 3400 - 3800 МГц и 4800 - 4990 МГц на начальном этапе, при прочих равных условиях будет одинаков и составит 50 МГц на одного оператора при самостоятельном развитии сети связи..

При этом объем доступного радиочастотного ресурса в полосе частот 4800-4990 МГц на территории Российской Федерации определен Решением ГКРЧ от 24.12.2018 №18-48-02 «Об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами связи пятого поколения» и составляет 190 МГц.

Так же в диапазоне частот ниже 3 ГГц МСЭ-R определены полосы радиочастот 1427-1517 МГц и 2300-2400 МГц для использования сетями 5G/IMT-2020. Эти полосы в настоящее время планируются к использованию в отдельных странах. Так полоса 1427-1517 МГц планируется к использованию в Европейских странах как вспомогательная полоса для повышения скорости передачи данных на линии «базовая станция – абонентский терминал», а полоса 2300-2400 МГц планируется к использованию для сетей 5G/IMT-2020 в отдельных странах азиатско-тихоокеанского региона (например, Китай). Обе полосы радиочастот (1427-1517 МГц и 2300-2400 МГц) имеют большой потенциал при их агрегировании с более низкими полосами радиочастот (ниже 1 ГГц) для обеспечения эффективного радиопокрытия больших территорий и значительного повышения скорости передачи данных.

В Российской Федерации применение полосы радиочастот 1427-1517 МГц практически невозможно в ближайшей перспективе, в связи с ее использованием системами воздушной телеметрии. Применение полосы 2300-2400 МГц так же имеет значительные ограничения, связанные с необходимостью обеспечить совместимость с радиолокационными системами. Окончательный вывод будет сформулирован в рамках НИР предусмотренной мероприятием Федерального проекта «Информационная инфраструктура» № 04.01.011.002.002 и рассмотрении результатов ГКРЧ.

3. Частоты выше 6 ГГц предназначены для организации сверхвысокоскоростных каналов связи на небольших расстояниях от базовой станции за счет использования каналов с шириной спектра до 400 МГц (разнос поднесущих частот SCS равен 240 кГц) и обеспечения сверхмалых задержек. Частоты свыше 6 ГГц имеют значительное ослабление при распространении. На данный момент техническими спецификациями 3GPP определены четыре NR диапазона в полосах выше 6 ГГц: 26,5-29,5 ГГц, 24,25-27,5 ГГц, 37-40 ГГц, 27,5-28,35 ГГц.

В краткосрочной и даже в среднесрочной перспективе в Российской Федерации следует сосредоточиться на рассмотрении диапазонов радиочастот 24,25-27,5 ГГц и 27,5-29,5 ГГц, для которых предусмотрена стандартизация оборудования. С этой целью в Российской Федерации необходимо решить задачу обеспечения совместимости с 3С спутниковой службой исследования Земли (ССИЗ), работающих в соседней полосе частот с полосой радиочастот сетей 5G/IMT-2020 24,25-27,5 ГГц, вывод их за пределы крупных городов, а также совместимости с ограниченным числом систем ФБД и РРЛ в диапазоне 24,25-27,5 ГГц, предусмотрев

перевод их в другие диапазоны или замену на проводные линии связи, что сопряжено с финансовыми и временными затратами.

4. В частотном диапазоне 30-55 ГГц в рамках подготовки к ВКР-19 рассматриваются диапазоны радиочастот 31,8-33,4 ГГц, 40-40,5 ГГц, 40,5-43,5 ГГц, 45,5-50,2 ГГц, 50,4-52,6 ГГц. Кроме того рассматриваются диапазоны 66-76 ГГц и 81-86 ГГц. Однако все эти диапазоны радиочастот рассматриваются только для долгосрочной перспективы и для более узкого круга сценариев. Например, полоса радиочастот 66-71 ГГц рассматривается для безлицензионного использования и очень малых сот.

5. Частоты в диапазоне 50-80 ГГц имеют большое затухание при распространении и входят в «окно непрозрачности атмосферы». Поэтому вопрос их применения зависит от результатов исследований возможности реализации сетей 5G/IMT-2020.

Все перечисленные диапазоны радиочастот рассматриваются только для долгосрочной перспективы и для более узкого круга сценариев, например, полоса радиочастот 66-71 ГГц рассматривается для безлицензионного использования и очень малых сот. По этой причине их детальное рассмотрение на текущем этапе нецелесообразно.

С учетом рассмотренных выше международных тенденций развития телекоммуникационного рынка для полномасштабной реализации потенциала сетей 5G/IMT-2020 и успешной цифровизации экономики Российской Федерации необходимо выделение, с учетом обеспечения ЭМС с действующими РЭС других служб, в интересах построения многодиапазонной сети 5G/IMT-2020 нескольких полос радиочастот:

- в диапазоне 694-790 МГц: обеспечение эффективного радиопокрытия в условиях городской, пригородной и сельской местности на базе существующих сайтов. Выделение этого диапазона частот позволит развивать услуги 5G/IMT-2020 в малонаселенных районах, а также обеспечить реализацию услуг IoT/M2M;

- в диапазоне 2,3-2,4 ГГц: с целью повышения скорости передачи данных и емкости сетей 5G/IMT-2020 на линии «базовая станция – абонентский терминал» за счет агрегирования данного диапазона либо с полосами частот ниже 1 ГГц, либо с полосами в диапазоне 3-5 ГГц;

- в диапазоне 4,4 - 4,99 ГГц: организация в районах с высокой плотностью трафика на базе существующих сайтов высокоскоростных каналов, поддержка основного набора услуг 5G/IMT-2020, обеспечивающего доступ к мультимедийному контенту, услугам и данным, а также «облачные» сервисы и разнообразные услуги

IoT/M2M/D2D. Выделение диапазона 4,4-4,99 ГГц позволит развивать сети 5G/IMT-2020 для решения тех же задач, планируемых в диапазоне 3,4-3,8 ГГц, с учетом того, что использование диапазона 3,4-3,8 ГГц в ближайшей перспективе в Российской Федерации будет затруднено;

- в диапазоне 24,25 - 29,5 ГГц: организация сверхвысокоскоростных каналов связи на небольших расстояниях от базовой станции, обеспечение покрытия в hot spots, обеспечение всех типов услуг 5G/IMT-2020, особенно услуг типа URLLC.

Решение о выделении конкретных полос радиочастот в указанных и иных рассматриваемых для внедрения в Российской Федерации сетей 5G/IMT-2020 диапазонах, а также определение условий их использования будут осуществляться Государственной комиссией по радиочастотам в установленном порядке.

#### **4 Определение требований высокого уровня по построению сетевой инфраструктуры 5G/IMT-2020, с учетом виртуализации сетевых элементов и функциональности (SDN/NFV), внедрения облачных технологий радиодоступа (Cloud RAN) и виртуализации транспортной сети (Virtualized Backhaul)**

Перспективы использования технологий SDN/NFV в сетях операторов связи обусловлены следующим:

- высокая масштабируемость сети, гибкое централизованное управление сетью и сетевыми ресурсами;
- снижение капитальных расходов на закупку оборудования COTS; снижение операционных расходов благодаря использованию виртуальных сетевых функций;
- улучшение энергетической эффективности за счёт использования высокопроизводительных серверов центров обработки данных;
- уменьшение времени запуска новых сетевых сервисов;
- возможность использования оборудования различных вендоров;
- повышение уровня безопасности;
- использование облачных платформ в центрах обработки данных на периферии оператора для повышения качества сервиса.

Виртуальная сетевая инфраструктура NFV и инфраструктура программно-определяемой сети SDN позволяют создать условия для ускоренного внедрения новых услуг, внедрения новых сетевых протоколов и функциональности, дают возможность интеграции с инновационными приложениями сторонних разработчиков.

Ниже рассмотрены требования высокого уровня по построению сетевой инфраструктуры 5G/IMT-2020, с учетом виртуализации сетевых элементов и функциональности (SDN/NFV), внедрения облачных технологий радиодоступа (Cloud RAN) и виртуализации транспортной сети (Virtualized Backhaul).

1. Технология виртуализации NFV позволяет отделить программное обеспечение от физического оборудования, и, в частности, реализовать функции телекоммуникационного оборудования на универсальном оборудовании – ИТ серверах. На одном физическом сервере большой производительности при помощи программного обеспечения виртуализации (гипервизора) может быть организована работа нескольких виртуальных серверов (или виртуальных машин VM) со своими операционными системами и программным обеспечением, взаимодействующих между собой посредством виртуального коммутатора. При этом виртуальные сервера совместно используют ресурсы физических серверов.

Отличительной особенностью опорной сети 5GC является использование технологии виртуализации – реализации телекоммуникационных модулей (сетевых функций 5G Core) с помощью виртуальных сетевых функций VNF (рис. 4.1).

Виртуальная сетевая инфраструктура NFV центров обработки данных сети 5G/IMT-2020 должна соответствовать техническим спецификациям 3GPP и ETSI в части построения системы управления и оркестрации MANO.

Виртуальная инфраструктура NFV позволяет построить гибкую, масштабируемую сеть связи, адаптированную к требованиям услуг связи, снизить стоимость владения сети TCO (Total Cost of Ownership - совокупная стоимость владения) за счет применения типовой высокопроизводительной и надежной инфраструктуры ЦОД.

Недостатком виртуальной инфраструктуры является то, что обработка трафика пользователей (пакетов данных плоскости User Plane) выполняется на серверном уровне, что требует больших ресурсов. Исключение данного недостатка возможно за счет применения концепции программно-определяемой сети SDN.

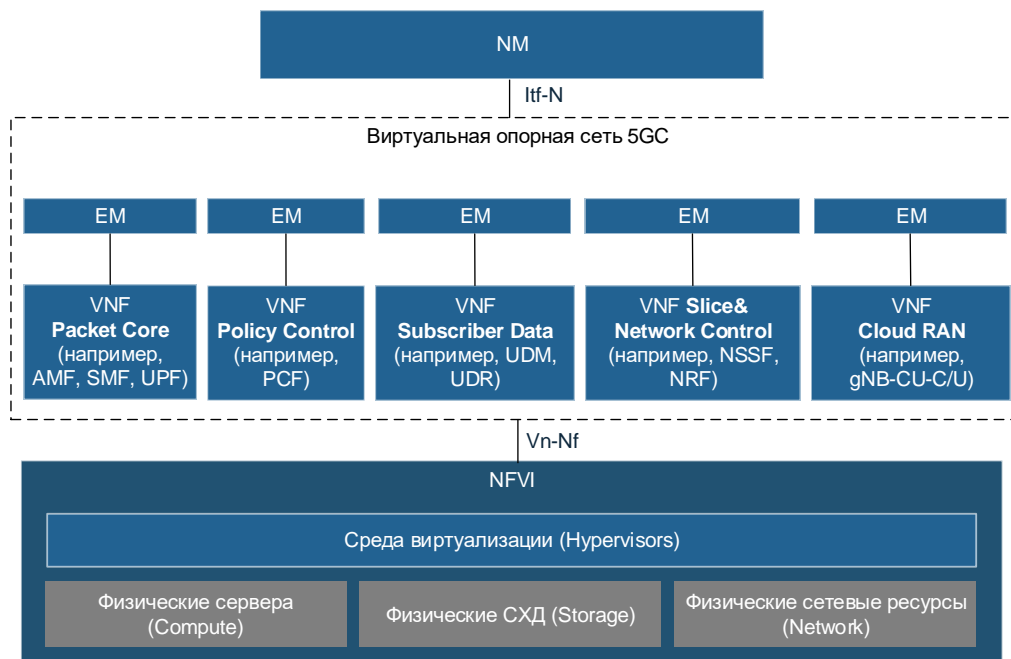


Рисунок 4.1 - Виртуализация сетевых элементов инфраструктуры 5G/IMT-2020

2. Программно-определяемые сети SDN (Software Defined Network) – это технология, позволяющая отделять функции уровня передачи данных от функций уровня управления коммутатором и передаваемым им трафиком. Такой подход предполагает перенос из сетевого устройства интеллектуальной составляющей на

выделенный сервер и, как следствие, максимальное упрощение и удешевление сетевых элементов – коммутаторов, маршрутизаторов.

Технология SDN нацелена на решение следующих проблем:

- повышение эффективности механизмов управления пропускной способности сети;
- упрощение управления сетью и повышению его уровня автоматизации;
- повышение масштабируемости сети;
- усиление безопасности сетей;
- повышение эффективности маршрутизации;
- снижение капитальных затрат и затрат на эксплуатацию.

Основная идея SDN-подхода:

- отделить управление сетевым оборудованием от управления передачей данных за счет создания специального программного обеспечения, которое может работать на обычном отдельном компьютере и которое находится под контролем администратора сети;

- перейти от управления отдельными экземплярами сетевого оборудования к управлению сетью в целом;

- создать интеллектуальный программно-управляемый интерфейс между сетевым приложением и транспортной средой сети.

Основными компонентами программно-определяемых сетей SDN на базе протокола OpenFlow являются (рис. 4.3):

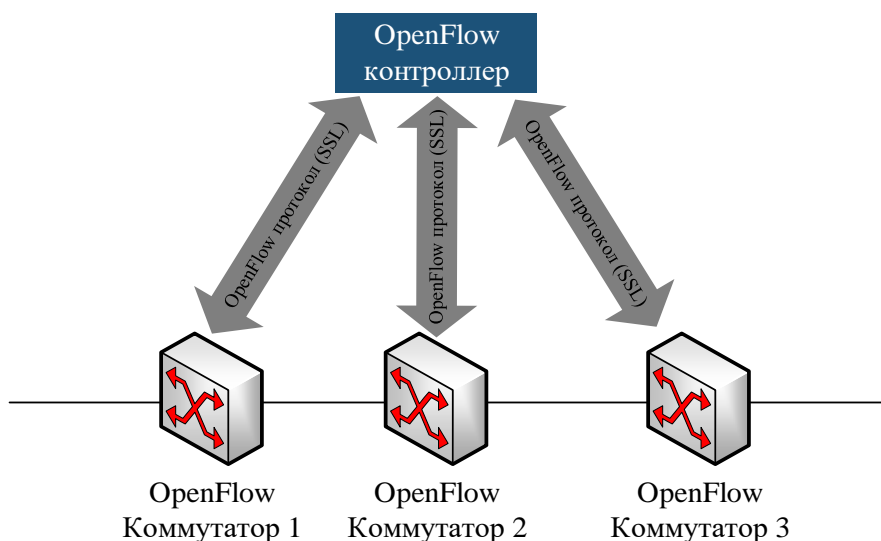


Рисунок. 4.3 - Схема взаимодействия коммутаторов с контроллером по протоколу OpenFlow

- OpenFlow коммутатор;



- OpenFlow контроллер, или сетевая операционная система;
- защищенный канал, посредством которого осуществляется взаимодействие контроллера и коммутатора (в большинстве случаев для защиты передаваемых сообщений используется TLS (transport layer security - протокол защиты транспортного уровня), однако, возможна передача без шифрования).

Сетевая инфраструктура программно-определяемой сети SDN должна строиться в соответствии с открытыми протоколами OpenFlow, быть унифицированной и обеспечивать возможность реализации мультивендорных технических решений.

Сетевая инфраструктура программно-определяемой сети SDN позволяет строить сети в высокой коммутационной емкости и скоростью передачи данных.

### 3. Облачная инфраструктура Cloud RAN сети радиодоступа NG-RAN

Облачная сеть радиодоступа NG-RAN, представленная на рис.4.4, основана на реализации моделей базовой станции gNB с использованием технологии виртуализации NVF и имеет ряд преимуществ:

- реализация программно-определяемых мультистандартных базовых станций NR/E-UTRA, гибкость и масштабируемость виртуальных решений;
- размещение оборудования базовых станций в центрах обработки данных высокой степени надежности и безопасности;
- единая облачная инфраструктура Cloud RAN управляет большим количеством радиомодулей и охватывает большую территорию радиопокрытия, обеспечивает более оптимальное использование частотного ресурса, более эффективную работу алгоритмов компенсации помех ICIC и многоточечной передачи CoMP, Intra-RAT хендверов.

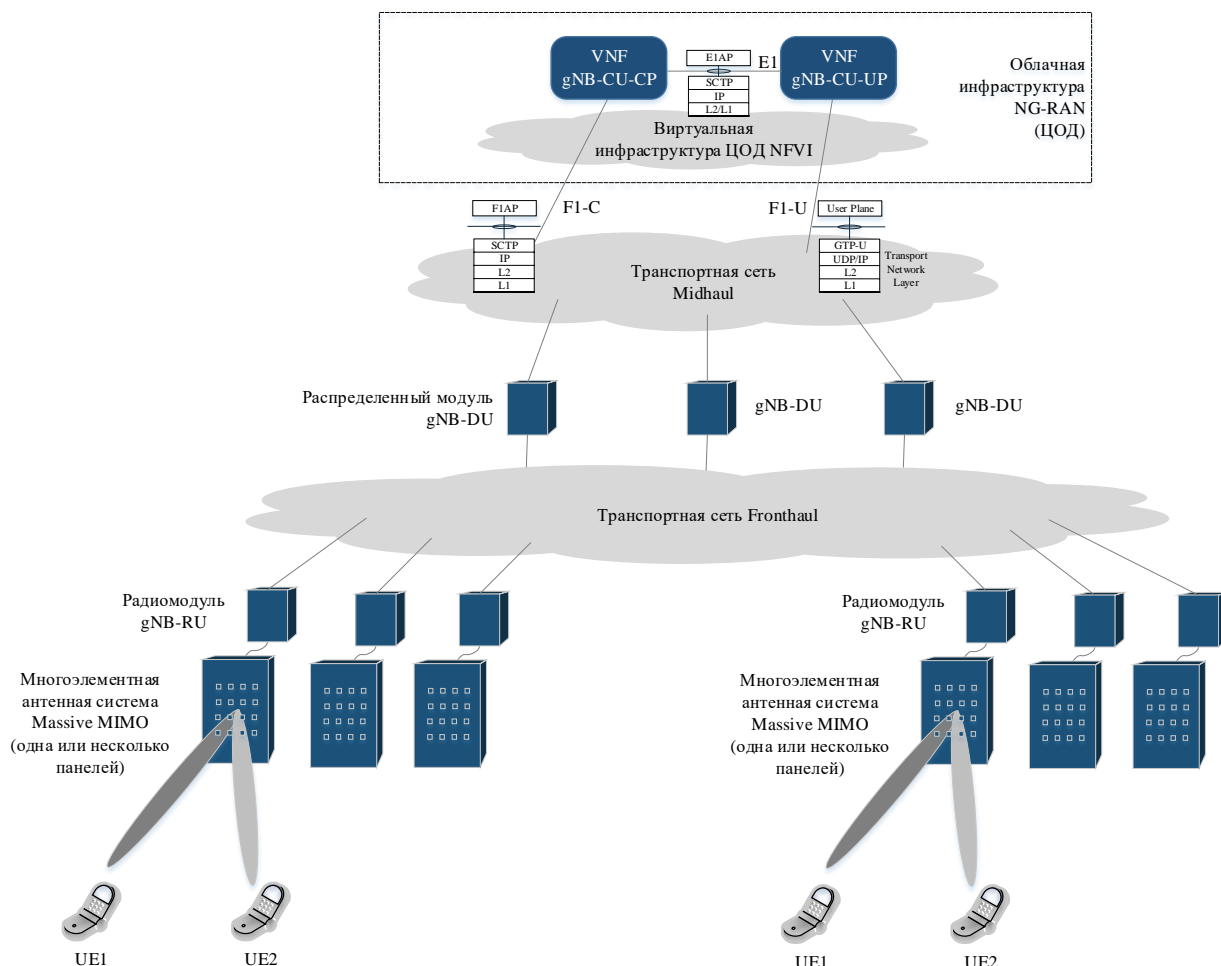


Рисунок 4.4 - Облачная инфраструктура Cloud RAN сети радиодоступа NG-RAN

#### 4. Виртуализация транспортной сети (Virtualized Backhaul)

Классическая транспортная сеть мобильной сети состоит из двух основных частей: распределительной сети (Backhaul), связывающей базовые станции с функциональными элементами опорной сети, и магистральной сети (Backbone), обеспечивающей высокоскоростные каналы связи между функциональными элементами опорной сети. Переход на архитектуру C-RAN привел к выделению в сети Backhaul двух новых сегментов: сети «Fronthaul», объединяющей пулы радиомодулей gNB-RU и распределенные модули gNB-DU, и сети «Midhaul», объединяющей пулы распределенных модулей gNB-DU и центральные модули gNB-CU. Совокупность сетей «Fronthaul», «Midhaul» и «Backhaul» получила обобщенное наименование сети «X-haul» и может быть построена с применением различных технологий, включая оптоволоконные линии связи, радиорелейные линии, спутниковые линии связи, Carrier Ethernet, IP/MPLS, Segment Routing и др.

Внедрение технологий SDN/NFV в сети 5G/IMT-2020 также существенно для модернизации функциональных узлов транспортных сетей (например, узлов P, PE, сети IP/MPLS). Поэтому для построения транспортной сети возможно, как

применение только концепции NFV, то есть внедрение виртуализированных маршрутизаторов и коммутаторов, работающих на серверах COTS, так и применение комплексной концепции SDN/NFV, что означает новый подход к организации сетевого взаимодействия (использование контроллера и коммутаторов SDN, как виртуализированных, так и нет).

Программно-определяемая транспортная сеть SDN/NFV позволяет отделить функционал управления (плоскости Control Plane и Management Plane) от функционала приема, обработки и пересылки пакетов данных (плоскости Data Plane), а также реализовать функционал управления с использованием технологии виртуализации.

Виртуальная транспортная сеть позволяет повысить эффективность механизмов управления пропускной способностью сети; централизовать алгоритмы управления сетью, повысить масштабируемость сети и обеспечить автоматизированную реализацию новых сетевых сервисов и новых сетевых слоев (network slices) опорной сети 5GC (5G Core).

5. Анализ принципов и требований обеспечения информационной безопасности сети 5G/ИМТ-2020, основанных на применении российских криптографических алгоритмов и аппаратных средств, в том числе отечественных USIM-карт с доверенным ПО и ключами, российской системы обеспечения и управления ключами отечественного доверенного абонентского и сетевого оборудования и ПО, обеспечивающих устойчивость функционирования разрабатываемого оборудования и доступность разрабатываемой сети связи

Анализ принципов и требований обеспечения информационной безопасности сети 5G/ИМТ-2020, основанных на применении российских криптографических алгоритмов и аппаратных средств, в том числе отечественных USIM-карт с доверенным ПО и ключами, российской системы обеспечения и управления ключами отечественного доверенного абонентского и сетевого оборудования и ПО, обеспечивающих устойчивость функционирования разрабатываемого оборудования и доступность разрабатываемой сети связи будет проведен после предоставления Заказчиком исходных данных, согласно п. 2.5.3 ТЗ.

#### ***4.1 «Применение технологий, оборудования и программного обеспечения российского происхождения в сетевой инфраструктуре 5G/ИМТ-2020»***

При создании сетевой инфраструктуры 5G/ИМТ-2020 на каждом уровне её архитектуры преимущественно должны применяться телекоммуникационное оборудование (ТКО), средства вычислительной техники (СВТ) и программное обеспечение (ПО) российского происхождения, которые разработаны, в том числе,

в рамках реализации ведомственных целевых программ в соответствии с мероприятиями национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», при условии их конкурентоспособности:

- 1) абонентское оборудование, терминалы и ПО;
- 2) абонентское, сетевое оборудование и ПО систем беспроводного доступа;
- 3) оборудование и ПО сети радиодоступа;
- 4) оборудование и ПО оптических транспортных сетей;
- 5) оборудование и ПО пакетных сетей передачи данных;
- 6) оборудование и ПО, реализующее функции сетевой и информационной безопасности;
- 7) ПО реализующее функции сетевых элементов опорной сети 5G/IMT-2020;
- 8) ПО сетевых и серверных операционных систем;
- 9) ПО среды виртуализации;
- 10) ПО платформ мониторинга, управления и оркестрации;
- 11) оборудование и ПО системы оперативно-розыскных мероприятий;
- 12) ПО платформ приложений и сервисов;
- 13) серверы общего назначения;
- 14) оборудование и ПО систем хранения данных;
- 15) трансиверы, преобразователи физических сред;
- 16) антенны и радио- модули базовых станций;
- 17) датчики, сенсоры, контроллеры и ПО платформ Интернета вещей.

В целях обеспечения миграции существующих сетей связи на перспективную архитектуру 5G/IMT-2020 и их бесшовное взаимодействие, при развитии и модернизации местных/региональных/магистральных оптических транспортных, пакетных сетей, ЦОД и платформ предоставления услуг в инфраструктуре 5G/IMT-2020 преимущественно должны применяться технологии, ТКО, СВТ и ПО российского происхождения при условии их конкурентоспособности, разработанные (или разрабатываемые в настоящее время), в том числе, в рамках реализации государственных программ развития радиоэлектронной отрасли:

- 1) абонентское, сетевое оборудование и ПО систем беспроводного и проводного доступа;
- 2) оборудование и ПО, выполняющее функции шлюзов;
- 3) оборудование и ПО оптических транспортных сетей;
- 4) оборудование и ПО пакетных сетей передачи данных;
- 5) оборудование и ПО, реализующее функции сетевой и информационной безопасности;
- 6) ПО сетевых и серверных операционных систем;

- 7) ПО среды виртуализации;
- 8) ПО платформ мониторинга и управления;
- 9) ПО платформ приложений и сервисов;
- 10) серверы общего назначения;
- 11) оборудование и ПО систем хранения данных;
- 12) трансиверы, преобразователи физических сред.

**5. Принципы и требования обеспечения информационной безопасности сети 5G/IMT-2020, основанных на применении российских криптографических алгоритмов и аппаратных средств, в том числе отечественных USIM-карт с доверенным ПО и ключами, российской системы обеспечения и управления ключами отечественного доверенного абонентского и сетевого оборудования и ПО, обеспечивающих устойчивость функционирования разрабатываемого оборудования и доступность разрабатываемой сети связи**

Настоящий раздел разработан на основе анализа данных об организации информационного обмена, построении и функционировании системы управления, а также об архитектуре сетей связи 5G/IMT-2020, изложенных в стандартах и спецификациях консорциума 3GPP (TS 33.501, TS 23.401, TS 23.502, TS 33.310), IETF (RFC 5810, IETF RFC 5440) и ряде других публикаций профильных международных организаций.

Согласно указанным документам сеть связи 5G состоит из следующих основных компонентов:

- абонентского оборудования с USIM-картами,
- сети радиодоступа (RAN), включая сеть backhaul и fronthaul<sup>1</sup>,
- ядра сети (5GC).

На основании имеющихся сведений об архитектуре сети была разработана модель нарушителя для сетей связи 5G/IMT-2020, в которой сформулирован перечень основных угроз информационной безопасности и определены аппаратно-программные объекты защиты, влияющие на конфиденциальность, целостность и доступность информации, обрабатываемой в этих сетях, а именно:

- 1) оборудование центра изготовления ключей,
- 2) оборудование изготовления и программирования USIM-карт,
- 3) USIM-карты (eSIM),
- 4) средства аутентификации абонентов,
- 5) ЦОД различного уровня с серверным оборудованием и оркестраторами,
- 6) SDN контроллеры,
- 7) коммутаторы,
- 8) базовые станции с модулями (CU, DU, RU),

---

<sup>1</sup> Классическая транспортная сеть мобильной сети связи состоит из двух основных частей: распределительной сети (Backhaul), связывающей базовые станции с функциональными элементами опорной сети, и магистральной сети, обеспечивающей высокоскоростные каналы связи между функциональными элементами опорной сети.

Переход на облачную архитектуру радиодоступа C-RAN выделил в сети Backhaul два новых сегмента: сеть Fronthaul, объединяющей пулы радиомодулей gNB-RU и распределенные модули gNB-DU, а также сети Midhaul, объединяющей пулы распределенных модулей gNB-DU и центральные модули gNB-CU. Таким образом, базовая станция в общем случае может включать модули CU, DU и RU.

9) абонентские устройства (UE).

Обеспечение информационной безопасности сети связи 5G/IMT-2020, согласно принципам, заложенным в действующих спецификациях и рекомендациях, основано на следующих подходах с применением зарубежных криптографических алгоритмов, в том числе:

1) Применение протоколов аутентификации и согласования ключей для взаимной аутентификации абонентского оборудования с сетью 5G (протоколы 5G-AKA и EAP-AKA').

2) Обеспечение абонентским устройством (UE) и базовой станцией (gNB) обязательной поддержки шифрования и контроля целостности абонентского и сигнального RRC трафика от UE до gNB, и обязательной поддержки шифрования и контроля целостности сигнального NAS трафика от UE до функции управления доступом и мобильностью (AMF). Шифрование и контроль целостности осуществляется применением базовых алгоритмов SNOW 3G, AES, ZUC.

3) Использование скрытого идентификатора абонента SUCI и глобального временного уникального идентификатора абонента 5G-GUTI для обеспечения конфиденциальности личности абонента.

4) Применение защиты интерфейсов базовых станций и формирование сетевого домена безопасности.

5) Реализация обеспечения информационной безопасности в общей архитектуре сети, на основе криптографических механизмов, заложенных в сетевых функциях AUSF, SEAF, ARPF, SCMF, SPCF, SIDF.

6) Применение архитектуры «Network slicing», обеспечивающей изоляцию различных слоев сети с определением для каждого из них собственного уровня безопасности.

7) Обеспечение возможности реализации криптографической защиты конечными сервисами (V2X, IoT, IMS, и др.), функционирующими поверх сетей 5G.

8) Поддержка протокола TLS для взаимного защищенного обмена информацией между функциями ядра сети 5G.

9) Применение защиты сигнального и пользовательского трафика между базовой станцией eNb сети 4G-LTE и базовой станцией gNb сети 5G («Option 3» сценария миграции 4G к 5G).

Анализ перечисленных подходов к обеспечению информационной безопасности показывает, что они основаны на применении иностранных криптографических алгоритмов. Целесообразно, при создании и развитии сетей 5G/IMT 2020 на территории Российской Федерации внедрять механизмы

обеспечения информационной безопасности в указанных сетях отечественные криптографические алгоритмы.

Наряду с использованием отечественных криптографических алгоритмов информационная безопасность сетей 5G/IMT-2020 должна гарантироваться применением доверенного программного обеспечения (ПО) и доверенной электронной компонентной базы (ЭКБ).

Учитывая сложность внедрения российских криптоалгоритмов в спецификации международных стандартов, на ранних этапах развития сети 5G в Российской Федерации видится необходимым применение отечественных криптографических решений в ключевых элементах сети: SIM-картах, оборудовании изготовления ключей, оборудовании аутентификации абонентов.

Дальнейшее повышение уровня информационной безопасности должно вестись путем планомерной работы по увеличению доли доверенного ПО и ЭКБ, а также внедрения российских криптоалгоритмов в спецификации международных стандартов.

Помимо этого, для обеспечения безопасности в сетях 5G должны быть реализованы:

- защита от несанкционированного доступа к ключевой и критически важной информации,
- обеспечение устойчивости функционирования, включая противодействие недокументированному функционалу в ПО, недекларированным возможностям ЭКБ, использование доверенного времени и т.д.,
- разграничение сегментов сети с применением межсетевых экранов,
- защита от компьютерных атак, в том числе DDoS-атак, с применением средств обнаружения и предупреждения компьютерных атак,
- защита от проникновения вредоносного ПО, включая средства антивирусной защиты,
- обеспечение технической готовности к защищенному обмену с субъектами ГосСОПКА,
- средства отладки и разработки программно-технических комплексов, обеспечивающие безопасность информации при использовании информационной инфраструктуры 5G/IMG-2020,
- выполнение требований ГОСТ 56939-2016 «Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования».
- обеспечение целостности программного обеспечения, настроек и конфигураций,



- обеспечение защиты каналов управления.

Важной составляющей обеспечения информационной безопасности является наличие сформированной нормативной базы, по вопросам обеспечения информационной безопасности в сетях связи 5G. Анализ действующих нормативных документов по указанным вопросам выявил необходимость их доработки в части формирования стандартов и методик обеспечения информационной безопасности сетей 5G в рамках деятельности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта), серии документов ГОСТ Р 53109, с последующим выборочным закреплением их в нормативной базе отрасли «связь». В число задач, требующих решения по данному направлению, должна быть включена разработка следующих документов:

- типового комплекса организационных мер защиты сетей связи;
- политики обеспечения безопасности сетей связи;
- методик проведения аудита информационной безопасности;
- методик обработки и анализа инцидентов;
- рекомендаций по обеспечению управления персоналом;
- рекомендаций по обеспечению безопасной эксплуатации;
- требований по обеспечению непрерывности функционирования сетей связи;
- типовых требований по обеспечению физической безопасности;
- типовых политик конфиденциальности;
- типового порядка архивного хранения документированной информации.

Для решения задачи обеспечения информационной безопасности в сетях 5G, с учетом рассмотренных подходов и принципов, необходимо создание линейки средств криптографической защиты информации (СКЗИ) и межсетевых экранов (МЭ) соответствующих классов защиты. Указанные СКЗИ должны разрабатываться и производиться в соответствии с «Положением о лицензировании деятельности по разработке, производству, распространению шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств, выполнению работ, оказанию услуг в области шифрования информации, техническому обслуживанию шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств (за исключением случая, если техническое обслуживание шифровальных (криптографических) средств, информационных

систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств, осуществляется для обеспечения собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя)», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2012 г. № 313, и «Положением о разработке, производстве и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (Положение ПКЗ-2005)», зарегистрированного в Минюсте России 3 марта 2005 г. № 6382, а межсетевые экраны в соответствии с действующими требованиями к МЭ.»

Требования, предъявляемые к отечественному оборудованию, предназначенному для защиты оборудования сети пятого поколения приведены ниже.

Оборудование	Класс защищенности
Оборудование центра изготовления ключей	КА
Отечественные USIM-карты <sup>2</sup>	КСЗ
Оборудование для изготовления отечественных USIM- карт	КА
Оборудование для программирования и ввода ключевой информации в отечественные USIM-карты и их персонализации	КА
Средство криптографической защиты аутентификации абонента	КА
Средство защиты центра коммутации	КА
Средство защиты для базовых станций	КСЗ
Средство защиты для транзитного оборудования	КСЗ
Средство защиты шлюзового оборудования	КА
Абонентские устройства	КСЗ

**Примечание:** предлагаемый класс защищенности определяется согласно рекомендациям Р 1323565.1.012-2017 «Информационная технология. Криптографическая защита информации, Принципы разработки и модернизации шифровальных (криптографических) средств защиты информации».

Для обеспечения последовательного внедрения отечественных решений по обеспечению информационной безопасности сетей 5G в Российской Федерации предлагается следующий план мероприятий.

---

<sup>2</sup> Должны удовлетворять требованиям, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 17 июля 2015 года №719, в части требований к интегральным схемам не ниже второго уровня

Порядок внедрения	Мероприятие
Этап-1	Разработка и внедрение отечественных криптоалгоритмов в алгоритмы выработки ключевой информации и протоколы аутентификации
Этап-1	Разработка и внедрение доверенной USIM карты и SIM-чипа, оборудования для их изготовления, персонализации и преперсонализации, а также средств аутентификации абонента в сети. Создание доверенного ПО сетевых функций обработки и хранения аутентификационных данных абонентов (UDM, ARPF, AUSF, SIDF, UDR)
Этап-2	Стандартизация отечественных криптоалгоритмов в функциях шифрования и контроля целостности абонентских данных и сигнальных сообщений в документах международных организаций и партнерств (IETF, 3GPP)
Этап-3	Создание доверенного ПО сетевой функции передачи данных пользователя (UPF)
Этап-3	Создание доверенного ПО сетевых функций блоков обработки сигнальных сообщений (AMF, SEAF, SMF, PCF, SEPP и другие)
Этап-3	Создание доверенного ПО сетевых функций в части мониторинга и управления (Функции NMS, NRF, NSSF, NWDAF и другие).
Этап-4	Создание отечественных реализаций платформ виртуализации и управления инфраструктурой сети (Функции блоков MANO и SDN)
Этап-5	Разработка доверенных абонентских устройств
Этап-5	Создание доверенного ПО центрального модуля Базовой станции (gNB-CU)
Этап-6	Миграция компонент сети 5G на сервера общего пользования российской разработки, на базе доверенной ЭКБ

На первом этапе необходимо обеспечить разработку оборудования центра изготовления ключей, USIM-карт, оборудования для изготовления USIM-карт и программирования, средств аутентификации абонентов, которые обеспечат возможностью формирования ключевой информации с соблюдением требований информационной безопасности, а также формирование сессионных ключей для процедур аутентификации абонентов.

На втором этапе предполагается внедрить отечественные криптоалгоритмы в функции шифрования и контроля целостности абонентских данных и сигнальных сообщений, путем включения их в профильные спецификации ассоциации 3GPP, для обеспечения возможности их взаимоувязанной реализации всеми

производителями сетевых узлов и абонентских устройств. Успешное массовое внедрение поддержки новых криптографических алгоритмов в наиболее актуальных сегментах сети 5G невозможно без включения таких алгоритмов в профильные спецификации ассоциации 3GPP.

На втором и третьем этапе предполагается поэтапная разработка отечественных программных и программно-аппаратных решений и их внедрение. Данный подход позволит по мере доступности отечественной ЭКБ реализовать критически важные функции обеспечения безопасности компонентов аутентификации и данных пользователя.

На третьем этапе предполагается создание и внедрение отечественного программного обеспечения всех основных сетевых функций ядра сети с целью снижения рисков реализации недеklarированных возможностей программного обеспечения.

На четвертом этапе мероприятий, завершить создание отечественных реализаций аппаратных и программных платформ виртуализации и управления инфраструктурой сети. Наличие отечественной платформы виртуализации и управления инфраструктурой позволит гарантировать отсутствие недеklarированных возможностей, как на программном, так и аппаратном уровне.

На пятом этапе, разработать доверенные абонентские устройства и создать доверенное ПО центрального модуля базовой станции (gNB-CU).

На шестом этапе, осуществить миграцию компонент сети 5G с импортных серверов общего пользования, на сервера общего пользования российской разработки, на базе доверенной ЭКБ, по мере их готовности.

## 6. Анализ финансово-экономических показателей различных вариантов развертывания сетей связи 5G/IMT-2020

### 6.1. Формирование различных вариантов развертывания сетей связи 5G/IMT-2020 для удовлетворения различных сегментов услуг и сервисов, включая вариант развертывания сети связи 5G/IMT-2020 единым инфраструктурным оператором

При разработке вариантов развертывания сетей связи 5G/IMT-2020 для удовлетворения различных сегментов услуг и сервисов учитываются архитектурные особенности разделения сети на сетевые слои, адаптированные к требованиям сегментов услуг.

Для предоставления абоненту услуг определенного сегмента задействуется сетевой слой сети 5G/IMT-2020, который включает в свой состав необходимый набор виртуальных сетевых функций VNF (рис. 6.1). Один абонентский терминал одновременно может использовать до 8 таких сетевых слоев. Особенностью является то, что модуль управления доступом и мобильностью AMF должен быть общим для всех сетевых слоев, обслуживающих абонентский терминал.

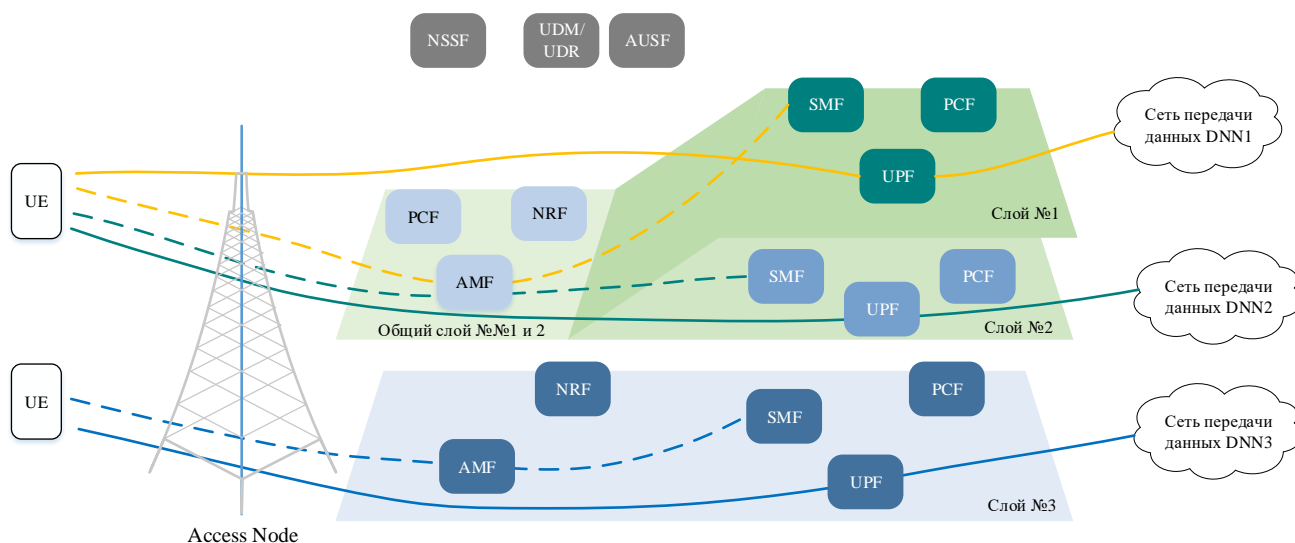


Рисунок 6.1 - Пример разделения опорной сети 5GC на сетевые слои

Каждый сетевой слой характеризуется информацией S-NSSAI (Single Network Slice Selection Assistance Information). Информация нескольких сетевых слоев S-NSSAI (до восьми) группируется в сводную информацию о сетевых слоях NSSAI. Сводная информация NSSAI формируется отдельно для разных сетей мобильной связи в зависимости от идентификатора PLMN-id.

Информация о сетевом слое (вертикальной плоскости) S-NSSAI опорной сети 5GC содержит параметр – тип сетевого слоя/сервиса SST (Slice/Service Type). Тип

сетевого слоя SST принимает как стандартные значения в соответствии с 3GPP (табл. 6.1), так и значения, определенные оператором по собственному усмотрению.

Таблица 6.1 - Стандартные значения типов сетевых слоев SST, определенные в 3GPP

Тип сетевого слоя (SST)	Значение SST	Описание
eMBB	1	Слой для предоставления услуг передачи данных с высокими скоростями, например, потоковая передача высококачественного видео, файлов больших размеров и др.
URLLC	2	Слой для предоставления услуг с ультрамалыми задержками между оконечными устройствами, например, для автоматизации производств/индустрий, обеспечения удаленного управления системами.
MIoT	3	Слой для обеспечения взаимодействия огромного количества устройств IoT, размещенных с высокой плотностью.

Реализация сетевых слоев на базовых станциях gNB фактически означает гибкое распределение частотно-временных ресурсов между сетевыми слоями, учитывая особенности организации частотно-территориального покрытия (ЧТП). Особенности реализации сетевых слоев eMBB, URLLC и MIoT на опорной сети 5G приведены в табл.6.2.

Варианты развертывания сетей связи 5G/IMT-2020 должны также учитывать следующие особенности построения архитектуры сети 5G/IMT-2020:

1. Возможность локализации трафика за счет децентрализации пакетных шлюзов UPF и размещения их ближе к абоненту, в том числе и в составе оборудования базовой станции;
2. Гибкие режимы управления сессиями абонентов, в том числе обеспечение непрерывности сессий абонентов при смене обслуживающего пакетного шлюза UPF в процессе перемещения;
3. Возможность одновременного использования нескольких шлюзов UPF и раздельной маршрутизации трафика;

Схема варианта развертывания сети 5G/IMT-2020 в РФ, разработанная в соответствии с требованиями к сетевым слоям, представлена на рис. 6.2. Она подразумевает три уровня разделения по географическому признаку:

- Федеральный Округ РФ (макрорегиональный уровень);
- Субъект РФ: Область, Край, Республика, Город Федерального Значения (региональный уровень);

- Город/Муниципальное образование (местный уровень).

На уровне Федеральных Округов в центрах обработки данных (ЦОД) развертываются виртуальные сетевые функции VNF плоскости «управления»:

- сервера аутентификации AUSF (Authentication Server Function);
- унифицированной базы данных UDM (Unified Data Management);
- выбора сетевого слоя NSSF (Network Slice Selection Function);
- управления доступом и мобильностью AMF (Core Access and Mobility Management Function);
- управления сессиями SMF (Session Management Function);
- передачи данных абонентов UPF (User Plane Function);
- управления политиками PCF (Policy Control Function);
- системы хранения структурированных данных SDSF (Structured Data Storage network function);
- системы хранения не структурированных данных UDSF (Unstructured Data Storage network function);
- управления сетью согласно требованиям приложений AF (Application Function);
- обеспечения взаимодействия сети с внешними функциями NEF (Network Exposure Function);
- репозитория (хранилища) сетевых функций NRF (NF Repository Function).

Виртуальные сетевые функции AUSF, UDM, NSSF не относятся к сетевым слоям и являются общими. Виртуальные сетевые функции NRF, PCF обслуживают все сетевые слои (или могут быть распределены между сетевыми слоями в соответствии с технической политикой оператора). Виртуальные сетевые функции AMF, SMF, UPF макрорегионального уровня обслуживают сессии и трафик сетевых слоев, не критичных к задержкам (eMBB, MIoT).

Таблица 6.2 - Особенности реализации сетевых слоев на опорной сети 5G

Сетевой слой		Особенность реализации сетевых слоев на опорной сети 5G
Наименование	SST	
eMBB	1	<p>Абонентский трафик централизован в ЦОД в точке пиринга с Интернет-провайдерами ISP.</p> <p>Пакетные шлюзы UPF с большой пропускной способностью и сессионной емкостью размещаются в ЦОД макрорегионального уровня. Диапазон допустимых задержек PDB между абонентским терминалом и интерфейсом N6 пакетного шлюза UPF составляет 100-300 мс.</p> <p>Для обслуживания некоторых видов трафика с задержками PDB в диапазоне 50-75 мс пакетные шлюзы UPF могут размещаться географически ближе к базовым станциям gNB на региональном уровне.</p> <p>Степень резервирования – высокая.</p>
URLLC	2	<p>Трафик децентрализуется на уровне сети доступа.</p> <p>Пакетные шлюзы UPF с невысокой пропускной способностью и сессионной емкостью размещаются вблизи, либо вместе с базовыми станциями gNB. Диапазон допустимых задержек PDB между абонентским терминалом и интерфейсом N6 пакетного шлюза UPF составляет 5-30 мс.</p> <p>Степень резервирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая для систем автоматизации производства и услуг, критичных к доступности и непрерывности сервисов;</li> <li>– не высокая для массовых услуг, не критичных к доступности и непрерывности сервисов.</li> </ul>
МIoT	3	<p>Абонентский трафик централизован в ЦОД макрорегионального уровня в точке расположения сервисной платформы MIoT.</p> <p>Диапазон допустимых задержек PDB между абонентским терминалом и интерфейсом N6 пакетного шлюза UPF составляет до 300 мс.</p> <p>Пакетные шлюзы UPF с небольшой пропускной способностью и большой сессионной емкостью размещаются в ЦОД макрорегионального уровня.</p> <p>Степень резервирования – невысокая</p>



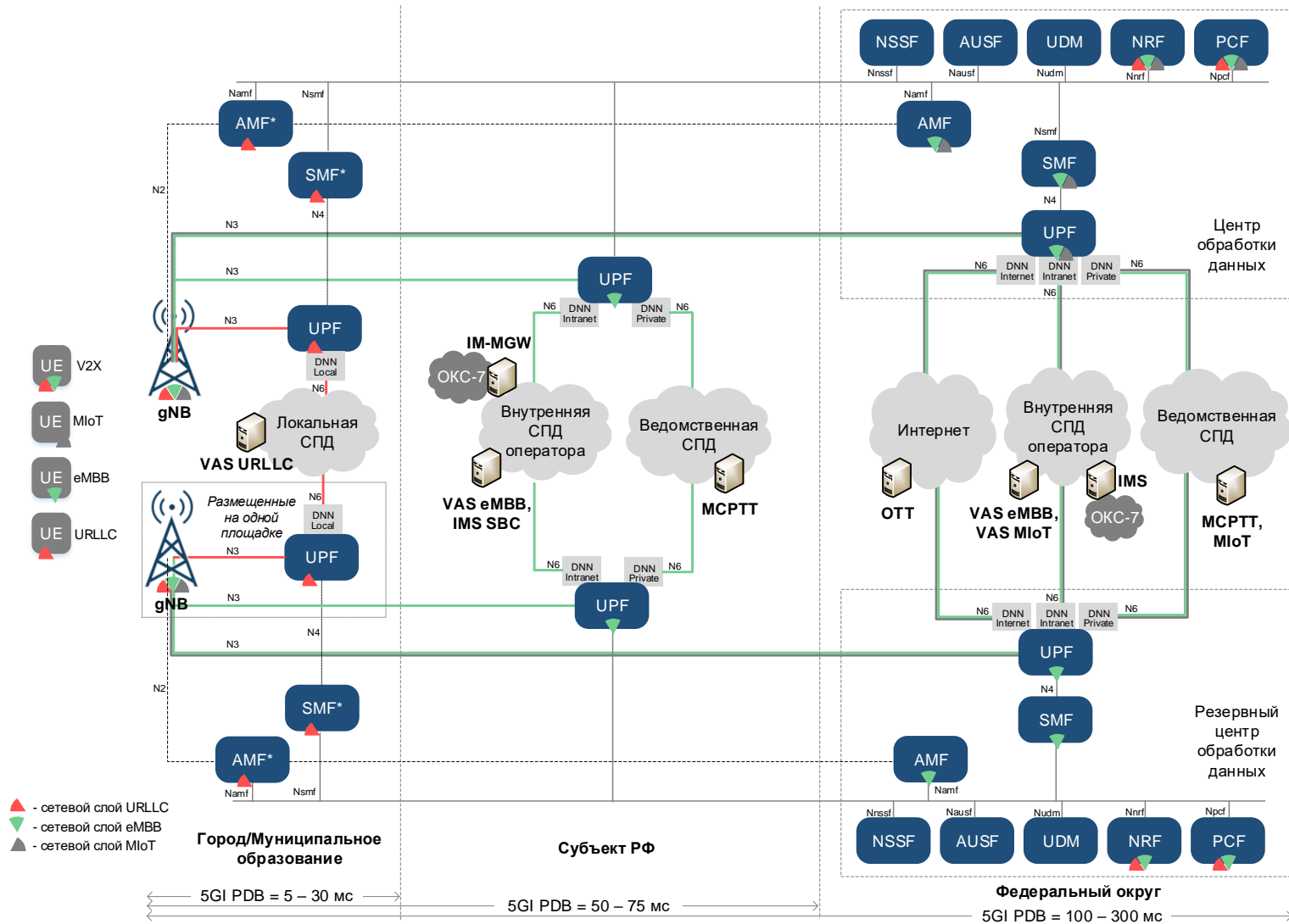


Рисунок 6.2 - Вариант развертывания сети 5G/IMT-2020 в РФ

В зависимости от технических решений оператора ЦОДы некоторых Федеральных Округов могут содержать только часть виртуальных сетевых функций, например, AMF, SMF, UPF, а такие виртуальные сетевые функции как NSSF, AUSF, UDM, NRF, PCF обслуживать несколько Федеральных Округов.

В целях обеспечения высокой надежности (коэффициента готовности сети) возможно использование георезервирования – развертывание географически удаленного резервного ЦОДа. Резервный ЦОД может иметь меньшую производительность за счет отсутствия георезервирования отдельных виртуальных сетевых функций VNF, например, виртуальных сетевых функций сетевого слоя МIoT. В таком случае надежность сетевого слоя МIoT определяется техническими решениями основного ЦОДа.

На уровне Субъектов РФ размещаются пакетные шлюзы UPF сетевого слоя eMBB и платформы приложений VAS, допускающие задержки передачи данных 50-75 мс (например, игры в реальном времени, некоторые платформы V2X, трафик которых не требует ультрамалых задержек).

В случае размещения шлюзов UPF на уровне субъектов РФ и реализации голосовых услуг посредством подсистемы IMS целесообразно там же размещать оборудование коммутации голосового трафика (IMS SBC, IM-MGW).

На уровне городов/муниципальных образований размещаются пакетные шлюзы UPF сетевого слоя URLLC, обеспечивающие ультрамалые задержки передачи данных 5-30 мс. Для услуг URLLC, требующих хендовер, например, услуг интеллектуальных транспортных систем V2X, необходимо также на местном уровне размещать виртуальные сетевые функции AMF, SMF. Наличие виртуальных сетевых функций AMF, SMF не высокой производительности на локальном уровне уменьшает задержки в процессе хендовера.

Развёртывание сетей связи 5G/IMT-2020 может осуществляться по трем основным сценариям развития и использования сетевой инфраструктуры, а также возможны их комбинации:

- сценарий 1 - «Преимущественно самостоятельное развитие сетей операторами подвижной связи»;
- сценарий 2 - «Интенсивное совместное использование сетевой инфраструктуры операторами подвижной связи»;
- сценарий 3 - «Развитие сети единым инфраструктурным оператором (ЕИО)».

В соответствии с моделью миграции от сетей предыдущих поколений к сетям 5G/IMT-2020 целесообразно развертывание сети выполнять последовательным шагами (см. табл. 6.3).

Заключительный шаг, предусматривающий демонтаж опорной сети EPC, выполняется, когда все абонентские терминалы LTE поддерживают NAS сигнализацию с опорной сетью 5GC, голосовую связь посредством подсистемы IMS (имеют IMS/SIP/SDP клиентское программное обеспечение, поддерживают необходимые сетевые процедуры управления потоками данных и сигнализацией согласно QoS Flow, обеспечивают обнаружение на сети элементов подсистемы IMS (например, P-CSCF), поддерживают вызов экстренных оперативных служб посредством VoNR.

Таблица 6.3 - Предложения по последовательности развертывания сети 5G/IMT-2020

Шаг (этап развертывания), действия	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
<b>Шаг 1 (первый этап миграции)</b>			
Строительство базовых станций eNB и подключение их к существующей опорной сети EPC	85-90 % собственных БС оператора. 10-15 % совместных БС.	30-50 % собственных БС оператора. 50-70 % совместных БС.	100 % БС единого оператора. Подключение их к опорным сетям существующих операторов.
Реализация режима двойного подключения EN-DC для мультистандартных UE			
<b>Шаг 2 (первый этап миграции)</b>			
Строительство опорной сети 5GC	100 % опорной сети 5GC принадлежит оператору	Совместное использование AMF, SMF, UPF.	100 % опорной сети 5GC принадлежит единому оператору
Модернизация существующих базовых станций eNB до ng-eNB. Подключение модернизированных базовых станций ng-eNB к опорной сети 5GC. Переключение базовых станций gNB с опорной сети EPC на опорную сеть 5GC. Реализация режима двойного подключения NGEN-DC для мультистандартных UE			
Второй этап строительства базовых станций gNB	85-90 % собственных БС оператора. 10-15 % совместных БС.	30-50 % собственных БС оператора. 50-70 % совместных БС.	100 % БС единого оператора
<b>Шаг 3 (третий этап миграции)</b>			
Модернизация оставшейся части существующих базовых станций eNB до ng-eNB. Переключение всех базовых станций с опорной сети EPC на опорную сеть 5GC. Демонтаж опорной сети EPC.			
Третий этап строительства базовых станций gNB	85-90 % собственных БС оператора. 10-15 % совместных БС.	30-50 % собственных БС оператора. 50-70 % совместных БС.	100 % БС единого оператора

**6.2. Оценка финансово-экономических показателей для различных вариантов развертывания сетей подвижной связи технологии 5G/IMT-2020,**

***включая вариант развертывания сети связи 5G/IMT-2020 единым инфраструктурным оператором***

***6.2.1. Оценка затрат на развертывание сетей подвижной связи технологии 5G/IMT-2020***

Результаты оценки финансово-экономических показателей для различных вариантов развертывания сетей подвижной связи технологии 5G/IMT-2020, включая вариант развертывания сети связи 5G/IMT-2020 единым инфраструктурным оператором в Российской Федерации, приведены ниже.

Исходные данные для моделирования затрат.

Моделирование затрат на развертывание сетей 5G/IMT-2020 в России на период до 2024 года осуществляется при следующих условиях:

- Сети связи 5G/ IMT-2020 в городах-миллионниках разворачивают четыре оператора связи.

- На рассматриваемом горизонте развития сети основной целью является обеспечение территориального покрытия, а не емкости сети связи.

- Исходя из практики создания опытных зон сетей 5G/IMT-2020, а также результатам первых аукционов на приобретение частот для сетей 5G/IMT-2020 одними из наиболее перспективных частотных диапазонов для сетей 5G/IMT-2020 являются 3,4-3,8 ГГц и 24,25-29,5 ГГц.

- Объем радиочастотного ресурса, выделяемый для каждого оператора подвижной связи при самостоятельном развитии сети связи – 50 МГц в диапазоне 3,4-3,8 ГГц, 400 МГц в диапазоне 24,25-29,5 ГГц.

- Объем радиочастотного ресурса, доступный единому инфраструктурному оператору – 190 МГц в диапазоне 3,4-3,8 ГГц, 400 МГц в диапазоне 24,25-29,5 ГГц.

- Плотность размещения базовых станций 5G/IMT-2020 согласно рекомендациям 3GPP (3GPP TR 38.913 V.16 2018.06) для плотной городской застройки – 29 макробазовых станций и 87 микробазовых станций на 1 кв. км, для городской застройки – 4,6 макробазовых станций на 1 кв. км. С учетом рекомендаций 3GPP при моделировании затрат принято, что макробазовые станции 5G/IMT-2020 работают в диапазоне 3,4-3,8 ГГц, а микробазовые станции работают в диапазоне 24,25-29,5 ГГц.

- Сеть радиодоступа, обеспечивающая устойчивое покрытие, развертывается на следующих территориях: деловой центр города, спальные районы, промышленные зоны и городские транспортные артерии. При моделировании радиопокрытия территории городов к плотной городской застройке относится

деловой центр города, к городской застройке относятся спальные районы, промышленные зоны и транспортные артерии. Площади территорий деловых центров, спальных районов, промышленных зон и транспортных артерий городов-миллионников определялись на основе картографического анализа.

- Стоимость макробазовых станций 5G/IMT-2020 в трехсекторной конфигурации на начальном этапе согласно существующим оценкам (Отчет МСЭ «Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges», 2018 г., Отчет компании «ПрайсвотерхаусКуперс Консультирование» по исследовательской работе «5G в России: перспективы, подходы к развитию стандарта и сетей», 2018 г.) и с учетом сопоставления данных по начальной стоимости базовых станций LTE на момент коммерческого запуска сетей в России составит около 30 тыс. долл. США. Однако, учитывая, что при заключении крупных контрактов операторам предоставляются значительные скидки, а также, то, что со временем стоимость базовых станций будет существенно снижаться по аналогии с сетями предыдущих поколений, при моделировании затрат используется стоимость макробазовых станций, равная 20 тыс. долл. США. Стоимость микробазовых станций 5G/IMT-2020 по аналогии с сетями LTE при моделировании берется равной 1/3 стоимости макробазовой станции – 7 тыс. долл. США.

- Курс доллара США для оценки затрат на приобретение оборудования – 68 рублей за доллар США для базового сценария и 69,9 рублей за доллар США для консервативного сценария<sup>3</sup>.

- Стоимость проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ для базовых станций без учета общестроительных работ (строительство опор, вышек, подготовка помещений) согласно существующим на рынке средним расценкам для города Москвы: макро БС – 450 тыс. руб., микро БС – 300 тыс. руб., для других городов: макро БС – 350 тыс. руб., микро БС – 220 тыс. руб.

- Планирование транспортной сети мобильного оператора и единого инфраструктурного оператора осуществляется концептуально без привязки к конкретным объектам, без учета существующей инфраструктуры, для обеспечения требуемой пропускной способности на различных уровнях архитектуры сети.

- Стоимость узла доступа транспортной сети с 24 портами 10 Gigabit Ethernet, 8 портами 25 Gigabit Ethernet и 2 портами 100 Gigabit Ethernet согласно обобщенным расценкам производителей – 70 тыс. долл. США.

---

<sup>3</sup> Базовый и консервативный сценарий – соответственно базовый и консервативный сценарий социально-экономического развития Российской Федерации, определенные Министерством Финансов Российской Федерации.

- Стоимость узла предварительной агрегации транспортной сети с 36 портами 100 Gigabit Ethernet согласно обобщенным расценкам производителей – 1000 тыс. долл. США.

- Стоимость узла агрегации транспортной сети с 36 портами 100 Gigabit Ethernet согласно обобщенным расценкам производителей – 1000 тыс. долл. США.

- Стоимость узла ядра транспортной сети согласно обобщенным расценкам производителей – 2000 тыс. долл. США.

- Стоимость волоконно-оптического кабеля, обеспечивающего требуемую емкость, с прокладкой в существующей канализации, с учетом проектно-изыскательских работ, согласно существующим на рынке средним расценкам – 180 тыс. руб./км.

- Уровень проникновения подвижной связи в городах-миллионниках – 3 абонентских устройства на человека.

- Уровень проникновения устройств 5G/IMT-2020 к 2024 году с учетом прогнозов составит около 5% от общего количества мобильных устройств.

Моделирование затрат на развертывание сетей 5G/IMT-2020 произведено без учета затрат операторов связи в рамках мероприятий конверсии радиочастотного спектра, необходимого для внедрения сетей связи пятого поколения перераспределения или высвобождения частотного ресурса, в том числе компенсационных и иных возможных выплат операторам затронутых РЭС различного назначения.

Ниже приведены результаты моделирования затрат на развертывание сетей 5G/IMT-2020.

а) Оценка финансовых затрат на развертывание сетей 5G/IMT-2020 в Москве (к 2024 году).

Расчеты показали, что для обеспечения устойчивого покрытия делового центра, городских транспортных артерий, спальных районов и промышленных зон Москвы оператору мобильной связи нужно около 3 тыс. макробазовых станций и 1,2 тыс. микробазовых станций.

Развертывание транспортной сети отдельно взятым оператором 5G/IMT-2020 в Москве без учета существующей транспортной сети и при условии наличия существующих канализаций для прокладки ВОЛС включает строительство около 160 узлов доступа, 13 узлов предварительной агрегации, 4 узлов агрегации и 4 узлов ядра транспортной сети и прокладку порядка 5 тыс. км ВОЛС.

Общие затраты для развертывания сетей 5G/IMT-2020 в Москве по Сценарию 1 составят 41 млрд. руб., по Сценарию 2 – 29 млрд. руб., по Сценарию 3 – 16 млрд. руб.

При этом затраты оператора единой сети на развертывание сети радиодоступа и транспортной сети 5G/IMT-2020 определены с учетом обеспечения устойчивого покрытия и пропускной способности как в сценарии 1 в совокупности.

б) Оценка финансовых затрат на развертывание сети 5G/IMT-2020 в Нижнем Новгороде (к 2024 году).

Расчеты показали, что для обеспечения устойчивого покрытия делового центра, городских транспортных артерий, спальных районов и промышленных зон Нижнего Новгорода оператору мобильной связи нужно 650 макробазовых станций и 150 микробазовых станций.

Развертывание транспортной сети отдельно взятым оператором 5G/IMT-2020 в Нижнем Новгороде включает строительство 30 узлов доступа, 3 узлов предварительной агрегации, 2 узлов агрегации и 2 узлов ядра транспортной сети и прокладку около 1 тыс. км ВОЛС.

Общие затраты для развертывания сетей 5G/IMT-2020 в Нижнем Новгороде по Сценарию 1 составят 9 млрд. руб., по Сценарию 2 – 6 млрд. руб., по Сценарию 3 – 2,8 млрд. руб.

в) Оценка финансовых затрат на развертывание сетей 5G/IMT-2020 во всех городах-миллионниках (к 2024 году).

Общие затраты отрасли на развертывание сетей 5G/IMT-2020 в городах-миллионниках представлены в табл.6.4.

Таблица 6.4 - Затраты на развертывание сетей 5G/IMT-2020 в России в городах-миллионниках к 2024 году

<b>Величина затрат</b>	<b>Сценарий 1</b>	<b>Сценарий 2</b>	<b>Сценарий 3</b>
<b>Базовый сценарий социально-экономического развития</b>			
Затраты одного мобильного оператора, млрд. руб.	39	27	-
Общие затраты операторов (отрасли в целом), млрд. руб.	157,6	110	54,2
<b>Консервативный сценарий социально-экономического развития</b>			
Затраты одного мобильного оператора, млрд. руб.	40	28	-
Общие затраты операторов (отрасли в целом), млрд. руб.	161	112	55,4

6.2.2. Оценка операционных расходов оператора сети 5G/IMT-2020 и оператора единой сети 5G/IMT-2020

Операционные расходы оператора сотовой связи включают:

- расходы на аренду площадок для размещения базовых станций (БС), узлов транспортной сети и узлов опорной сети;
- расходы на электропитание оборудования БС, оборудования транспортной сети и опорной сети;
- расходы на техническое обслуживание БС, узлов транспортной и опорной сетей, расходы на аварийно-восстановительные работы, расходы на услуги технической поддержки программного и аппаратного обеспечения БС, узлов транспортной и опорной сетей;
- расходы на ежегодную плату за использование радиочастотного спектра;
- расходы на рекламу;
- расходы на содержание сети продаж;
- расходы на фонд оплаты труда и социальные отчисления;
- административные расходы, включая расходы на офис, корпоративные информационные системы и др.);
- расходы на уплату налогов и сборов.

Учитывая, что расходы на рекламу и содержание сети продаж являются общими расходами оператора сотовой связи, не зависящими от технологии связи, и то, что данные расходы могут существенно различаться в зависимости от маркетинговой стратегии оператора, они не будут учитываться при оценке операционных расходов для сетей 5G/IMT-2020.

Расходы операторов на персонал и административные расходы, связанные с сетями 5G/IMT-2020, зависят от многих условий, которые могут существенно отличаться для различных операторов. Поэтому при оценке операционных расходов не будут учитываться расходы на персонал и административные расходы.

Результаты оценки основных статей операционных расходов приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Общие операционные расходы на коммерческую эксплуатацию сетей 5G/IMT-2020 в 15 городах-миллионниках

Вариант построения сети	Период времени, гг.									
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Базовый сценарий социально-экономического развития										



Расходы каждого оператора сети 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 1, млрд руб.	1,8	5,9	8,3	9,4	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7
Расходы каждого оператора сети 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 2, млрд руб.	1,3	4,2	5,9	6,6	6,6	6,7	6,7	6,7	6,8
Расходы четырех операторов сетей 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 1, млрд руб.	7,1	23,6	33,3	37,5	37,7	37,9	38,2	38,4	38,6
Расходы четырех операторов сетей 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 2, млрд руб.	5,3	16,8	23,5	26,4	26,5	26,6	26,8	27	27
Расходы оператора единой сети 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 3, млрд руб.	2,6	8,3	11,7	13,1	13,2	13,2	13,3	13,4	13,5
<b>Консервативный сценарий социально-экономического развития</b>									
Расходы каждого оператора сети 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 1, млрд руб.	1,8	6,0	8,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,7	9,8
Расходы каждого оператора сети 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 2, млрд руб.	1,3	4,3	5,9	6,7	6,7	6,7	6,8	6,8	6,9
Расходы четырех операторов сетей 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 1, млрд руб.	7,1	23,9	33,6	38,0	38,2	38,4	38,6	38,8	39,1
Расходы четырех операторов сетей 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 2, млрд руб.	5,3	17,0	23,7	26,7	26,8	26,9	27,1	27,3	27,4
Расходы оператора единой сети 5G/ ИМТ-2020 по Сценарию 3, млрд руб.	2,6	8,4	11,8	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,6

### 6.2.3. Оценка доходов операторов сетей 5G/ИМТ-2020

а) Оценка доходов операторов сетей 5G/ИМТ-2020 от услуг eMBB.

Учитывая, что средняя стоимость услуг для передачи данных по информации операторов подвижной связи Российской Федерации составляет около 500 руб. в месяц, допустимо принять, что пользователи услуг eMBB в сетях 5G/ИМТ-2020 будут также расходовать в среднем 500 руб. в месяц. С учетом этого допущения общие годовые доходы четырех операторов сетей 5G/ИМТ-2020 от услуг eMBB представлены на рис.6.3.

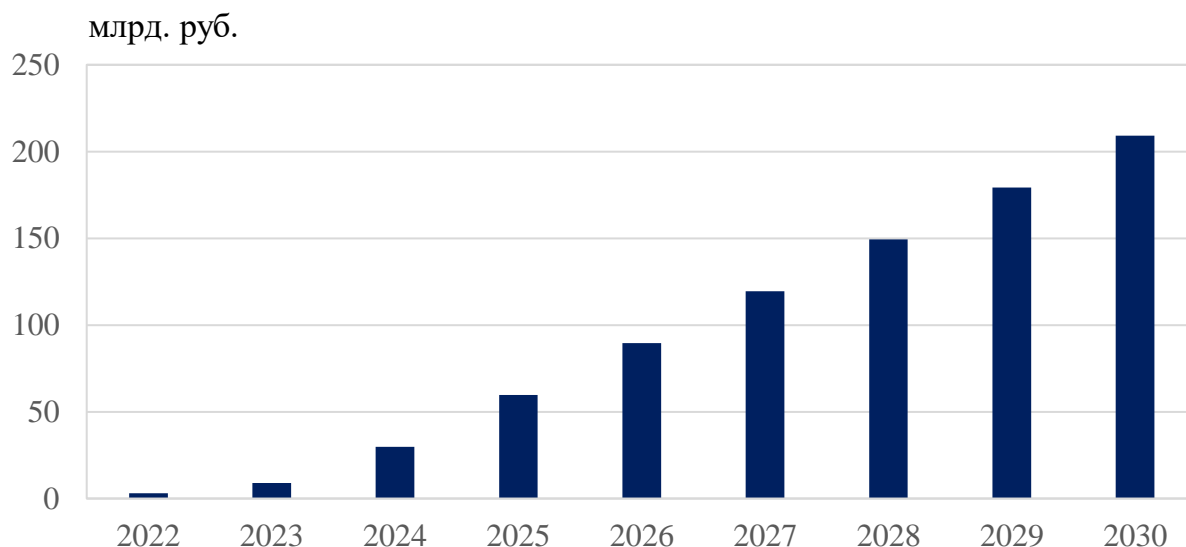


Рисунок 6.3 - Прогноз общих годовых доходов операторов сетей 5G/ИМТ-2020 Российской Федерации от услуг eMBB в 15 городах-миллионниках

б) Оценка доходов операторов сетей 5G/ИМТ-2020 от услуг IoT/M2M

Средний ARPU для IoT/M2M подключений в России составляет 90 руб<sup>4</sup>. (стоимость опций для передачи данных по информации операторов подвижной связи Российской Федерации). С учетом этого допущения прогноз общих годовых доходов четырех операторов сетей 5G/ИМТ-2020 от услуг IoT представлен на рис.6.4.

---

<sup>4</sup> Данные официального сайта ПАО МТС для тарифа «Умное устройство».  
[https://moskva.mts.ru/personal/mobilnaya-svyaz/tarifi/vse-tarifi/umnoe\\_ustroystvo](https://moskva.mts.ru/personal/mobilnaya-svyaz/tarifi/vse-tarifi/umnoe_ustroystvo)

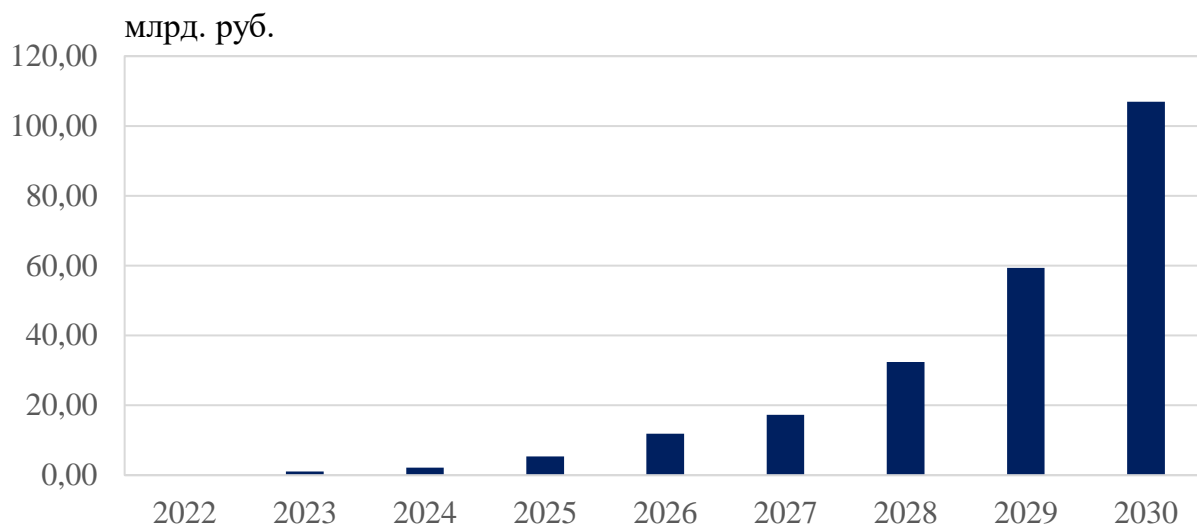


Рисунок 6.4 - Прогноз общих годовых доходов операторов сетей 5G/IMT-2020 Российской Федерации от услуг IoT в 15 городах-миллионниках  
Прогноз общих годовых доходов операторов сетей 5G/IMT-2020 представлен на рис.6.5.

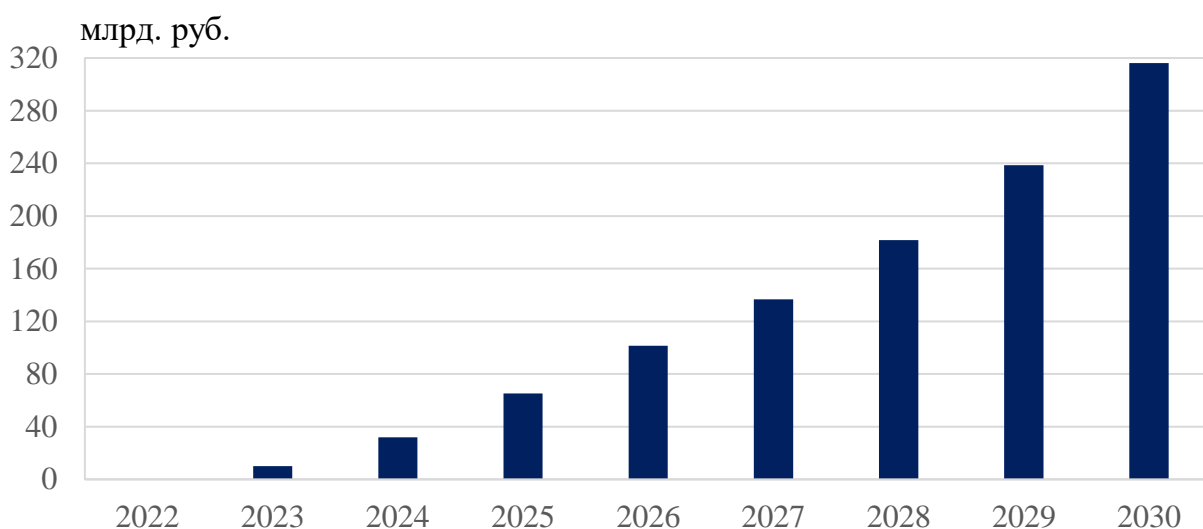


Рисунок 6.5 - Прогноз общих годовых доходов операторов сетей 5G/IMT-2020 Российской Федерации в 15 городах-миллионниках

#### 6.2.4. Расчет финансово-экономических показателей развертывания сетей 5G/IMT-2020

Финансово-экономические показатели развертывания сетей 5G/IMT-2020 рассчитаны на основе денежных потоков на период до 2030 года при ставке дисконтирования 7,75%, выбранной в соответствии с ключевой ставкой Центрального банка России, установленной 17 декабря 2018 года.

Результаты моделирования финансово-экономических показателей для различных сценариев развертывания сетей 5G/ИМТ-2020 в 15 городах-миллионниках до 2030 года представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 - Финансово-экономические показатели для различных сценариев развертывания сетей 5G/ИМТ-2020 в 15 городах-миллионниках

Показатель	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Базовый сценарий социально-экономического развития			
Чистый дисконтированный доход всех операторов на основе потока платежей до 2030 года, млрд. руб.	189	309	451
Внутренняя норма доходности на основе потока платежей до 2030 года, %	21	33	61
Срок окупаемости, лет	8,3	7,0	5,2
Консервативный сценарий социально-экономического развития			
Чистый дисконтированный доход всех операторов на основе потока платежей до 2030 года, млрд. руб.	181	303	447
Внутренняя норма доходности на основе потока платежей до 2030 года, %	20	33	60
Срок окупаемости, лет	8,4	7,1	5,2

Проведенный анализ показал, что развертывание сетей 5G/ИМТ-2020 в России по Сценариям 2 (интенсивное совместное использование сетевой инфраструктуры мобильными операторами) и 3 (развитие сети ЕИО) позволяет сократить общие затраты отрасли на 30-60% по сравнению со Сценарием 1 (преимущественно самостоятельное развитие сетей телекоммуникационными операторами).

Развитие сети ЕИО, реализуемое в рамках Сценария 3, имеет следующие преимущества:

- большая экономия капитальных и эксплуатационных затрат всех операторов связи. Сэкономленные средства могут быть направлены на конверсию/перераспределение РЧС, в том числе в форме государственно-частного партнерства;

- возможность развернуть сеть 5G/ИМТ-2020 в короткие сроки;

- возможность организовать единую ИКТ платформу на базе существующих операторов связи (транспортная сеть и сеть радиодоступа);

- недискриминационный доступ к сетевым ресурсам. Предоставление на равноправной основе емкости для виртуальных сетей, организуемых на базе единой ИКТ платформы (network slicing);

- предотвращение сегментирования спектра и обеспечение организации одного сплошного частотного блока, что обеспечит максимально возможные пиковые и средние скорости в сети, превышающие эти же показатели в случае сегментации спектра для нескольких операторов;

- требования к информационной безопасности для единой сети могут закладываться в качестве ключевых и фундаментальных требований, что будет гарантировать безопасность/защиту как государственных, так и персональных данных граждан.

В силу вышеприведенных преимуществ, а также ввиду недостаточности радиочастотного ресурса для развертывания полноценных сетей 5G/ИМТ-2020 всеми операторами связи, Сценарий 3 в форме совместного предприятия предлагается в качестве базового для диапазона 1- 6 ГГц.

Совместное предприятие - объединение организаций (операторов связи) в форме юридического лица с возможным участием государства с целью развития и внедрения сетей 5G/ИМТ-2020 на территории Российской Федерации. Основным условием выделения совместному предприятию (далее – СП) радиочастотного спектра является невозможность передачи права на использование полос радиочастот другому юридическому лицу/юридическим лицам, в том числе правопреемнику(ам) при реорганизации СП, без рассмотрения на заседании ГКРЧ.

Участниками СП являются операторы подвижной и фиксированной связи, имеющие лицензии на оказание услуг по предоставлению каналов связи, передаче данных для целей передачи голосовой информации, передаче данных, предоставлению телематических услуг связи, и т.д. Также в него могут входить поставщики оборудования.

Рамочный договор – соглашение между участниками СП относительно участия в создании и развитии сетей 5G/ИМТ-2020, определяющее общие условия обязательных взаимоотношений сторон, которые конкретизируются и уточняются путем заключения отдельных договоров и/ или соглашений.

Создание СП предполагает два этапа:

1. Организационный,
2. Создание и развитие сетей 5G/ИМТ-2020 на территории Российской Федерации.

На первом этапе участниками СП осуществляются:

-подписание всеми участниками рамочного договора;

-определение процедур деятельности СП, в том числе процедур взаимодействия с федеральными органами исполнительной власти;

- определение прав и обязанностей участников СП;

-создание плана по созданию и развитию сетей 5G/IMT-2020 СП;

- согласование форм документов в рамках деятельности СП во исполнение рамочного договора.

На втором этапе осуществляются:

-оценка имеющегося радиочастотного ресурса и возможностей его использования для построения сетей связи 5G/IMT-2020;

-согласование технических решений;

-работы по строительству и развертыванию сетей 5G/IMT-2020.

Для реализации Сценария 3 потребуются следующие скоординированные действия операторов связи:

– представление регулятору отрасли консолидированных предложений о путях внедрения сетей связи пятого поколения и конверсии радиочастотного спектра;

– выработка организационно-правовой формы и создание СП, на который будут возложены функции:

- держателя частотного ресурса для технологий пятого поколения;
- участника мероприятий по конверсии радиочастотного спектра;
- взаимодействия с регулирующими органами и другими организациями;
- предоставления доступа к частотному ресурсу операторам связи на заранее оговоренной справедливой и недискриминационной основе для строительства сетей связи пятого поколения.

## **7. Формирование направлений по разработке нормативно-правовых актов, необходимых для обеспечения использования технологии 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации**

### ***7.1. Направления по разработке мероприятий по использованию радиочастотного ресурса в приоритетных полосах радиочастот для развития сетей связи 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации***

Для предоставления услуг 5G/ИМТ-2020 каждого типа необходимо выполнение определенных технических требований, оптимально реализующихся в разных диапазонах частот..

Все частотные диапазоны, в которых согласно принятым решениям ВКР-15 и обсуждаемым решениям ВКР-19 планируется развертывание сетей 5G/ИМТ-2020, в настоящее время в Российской Федерации заняты РЭС различных служб, причем некоторые диапазоны загружены весьма существенно.

Для успешного внедрения сетей 5G/ ИМТ-2020 необходимо провести мероприятия по поэтапной конверсии и перераспределению спектра в пользу операторов сетей 5G/ИМТ-2020, на основе анализа государственных приоритетов использования спектрального ресурса той или иной технологией, предполагаемых затрат на проведение соответствующих мероприятий и их сравнении с планируемой выгодой от развертывания сетей пятого поколения.

Принятие решений о выделении конкретных полос радиочастот для внедрения сетей 5G/ИМТ-2020 и установление условия их использования должны осуществляться Государственной комиссией по радиочастотам в установленном порядке.

В целях планирования работ по поэтапному проведению конверсии (перераспределению или высвобождению) отдельных полос радиочастот в диапазонах 694-790 МГц, 3400-4200 МГц, 4400-4990 МГц и 24,25-29,5 ГГц от действующих РЭС различного назначения в интересах внедрения технологии 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации предлагается выполнить следующие мероприятия:

а) 2019 г. разработать и согласовать с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и операторами сетей связи План конверсии радиочастотного спектра в отдельных полосах радиочастот в диапазонах 690-862 МГц, 870-880 МГц, 2300-2400 МГц, 3400-4200 МГц, 4400-5000 МГц, 5570-5670 МГц, 6425-7100 МГц, 10,4-10,6 ГГц, 14,5-15,35 МГц и 24,25-29,5 ГГц от действующих РЭС различного назначения в интересах внедрения технологии 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации.

-

б) В 2020-24 гг. провести поэтапную реализацию дорожной карты высвобождения полос радиочастот от действующих РЭС различного назначения в интересах внедрения технологии 5G/IMT-2020 в Российской Федерации, включая:

- разработку, при необходимости, РЭС специального назначения, работающих в новых частотных диапазонах;
- проведение работ по модернизации сетей федеральных мультиплексов цифрового телевизионного вещания в регионах РФ для перевода из полосы радиочастот 694-790 МГц в нижние диапазоны частот;
- проведение работ по конверсии использования радиочастотного спектра РЭС спутниковой связи на объектах федеральных мультиплексов цифрового телевизионного вещания в полосе частот 3400-4200 МГц;
- вывод РЭС гражданского назначения;
- изменение нормативной правовой базы по управлению использованием радиочастотного спектра в соответствии с результатами проведенных работ.

По мнению ведущих операторов подвижной радиотелефонной связи, конечной целью мероприятий по конверсии и перераспределению спектра является высвобождение не менее 400 МГц радиочастотного ресурса в диапазонах ниже 6 ГГц для сетей подвижной связи 5G/IMT-2020. Результаты конверсии и перераспределения спектра в пользу сетей связи стандарта 5G/IMT-2020 предлагается закрепить следующими нормативными документами:

а) Для внедрения сетей 5G/IMT-2020 в полосе радиочастот 694-790 МГц:

- административным решением по необходимому числу мультиплексов ЦТВ для работы федеральных и региональных каналов с учетом реалистичной оценки необходимости перехода ТВ вещания на ТВЧ в рамках эфирного телевизионного вещания;
- решением на правительственном уровне о внедрении сетей 5G/IMT-2020 в полосе радиочастот 694-790 МГц с указанием конкретных сроков реализации;
- межведомственным решением по проведению перепланирования каналов ТВ вещания в диапазон ниже 694 МГц.

Результаты конверсии целесообразно отразить в нормативно-правовых (правовых) актах (далее - НПА (ПА)), регулирующих использование РЧС в Российской Федерации.

б) Для внедрения сетей 5G/IMT-2020 в полосах радиочастот 3400-3800 МГц и 4400-4990 МГц предлагается:

- рассмотреть возможность внесения изменений в НПА (ПА), регулирующих использование РЧС в Российской Федерации.



- определить порядок вывода РРЛ гражданского назначения, действующих в полосе радиочастот 3400-3900 МГц в районах крупных городов, в другие диапазоны радиочастот;

- определить порядок функционирования или отключения систем фиксированного беспроводного доступа (ФБД) в полосах радиочастот 3440-3545 МГц и 3550-3600 МГц после 11 марта 2021 года и порядок функционирования систем ФБД в полосах радиочастот 3400-3440 МГц и 3545-3550 МГц<sup>5</sup>.

- выявить ограничения по использованию отдельных полос радиочастот в диапазонах 3400 – 3800 МГц, 4400-4500 МГц и 4800-4990 МГц действующими РЭС гражданского назначения и Минобороны России и разработать предложения по мерам снятия данных ограничений, включая предложения по проведению конверсии РЧС (по Плану ГКРЧ на 2019-2020 гг.).

Предлагается рассмотреть возможность изменения НПА (ПА) регулирующих использование РЧС в Российской Федерации.

в) для внедрения сетей 5G/IMT-2020 в полосе радиочастот 24,25-29,5 ГГц:

- разработать предложения по проведению конверсии радиоэлектронных средств спутниковых служб и определению минимально необходимого для создания сетей связи 5G/IMT-2020 в полосе радиочастот 24,25-29,5 ГГц объема радиочастотного ресурса.

Результаты конверсии целесообразно отразить в НПА (ПА) регулирующих использование РЧС в Российской Федерации. Кроме собственно мероприятий конверсии и перераспределения спектра в пользу сетей связи стандарта 5G/IMT-2020 внедрение сетей 5G/IMT-2020 требует следующих мероприятий по упрощению радиочастотного обеспечения:

а) установление приемлемых стартовых цен аукционов на приобретение радиочастотного ресурса, которые бы учитывали также возможные затраты операторов на мероприятия по высвобождению занятых действующими РЭС полос радиочастот. В настоящее время объем частотного ресурса для одного оператора составляет порядка 150 МГц. По мере внедрения 5G/IMT-2020 каждый оператор будет эксплуатировать уже несколько сотен МГц. При использовании действующей в настоящее время методики определения начальной цены предмета аукциона на

---

<sup>5</sup> В случае прекращения действия Решений ГКРЧ, касающихся сетей ФБД в полосе частот 3400-3800 МГц в целях развития экономического и технического потенциала страны могут потребоваться компенсационные, выплаты операторам ФБД в районах крупных городов с населением от 250 000 человек и более, осуществляемые в соответствии с действующим законодательством РФ»

получение лицензии на оказание услуг связи с использованием радиочастотного спектра, утвержденной Министерством связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (приказ № 678 от 7.12.2017 г.) для определения начальной цены радиочастотного спектра для сетей связи 5G/ IMT-2020, ожидаемая цена 5G-частот будет измеряться сотнями миллиардов рублей, что сопоставимо с годовой выручкой всех мобильных операторов Российской Федерации.

б) установление моратория на повышение ежегодной платы за спектр в отношении существующих сетей сотовой подвижной связи, включая сохранение существующих понижающих коэффициентов для внедрения сетей LTE-Advanced, и определение пониженных коэффициентов для внедрения сетей 5G/IMT-2020 с использованием широких и очень широких каналов для исключения кратного увеличения ежегодных выплат за использование радиочастотного спектра.

Для реализации данных предложений необходимо внесение изменений в Федеральный закон 126-ФЗ «О связи»; постановление Правительства Российской Федерации от 16 марта 2011 г. № 171 «Об установлении размеров разовой платы и ежегодной платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра и взимания такой платы»; приказ Минкомсвязи от 30.06.2011 г. № 164 «Об утверждении Методики расчета размеров разовой платы и ежегодной платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра»; приказ Минкомсвязи от 07.12.2017 г. № 678 «Об утверждении методики определения начальной цены предмета аукциона на получение лицензии на оказание услуг связи с использованием радиочастотного спектра»;

в) расширение принципов технологической нейтральности на уже действующие диапазоны сотовой подвижной связи в части внедрения технологии NR, для чего требуется принятие соответствующего решения ГКРЧ. Помимо этого, для внедрения принципа технологической нейтральности также требуется минимизировать набор параметров, проверяемых в рамках подтверждения соответствия требованиям нормативно-правовым актам для ускорения их актуализации по мере развития технологий;

г) Изменение регуляторного режима получения доступа к выделенному частотному ресурсу от разрешительного к уведомительному путем внесения соответствующих изменений в Федеральный закон 126-ФЗ «О Связи»; постановление Правительства Российской Федерации от 16.03.2009 № 228 «О Федеральной службе по надзору в сфере связи информационных технологий и массовых коммуникаций»; постановление Правительства Российской Федерации от 14.05.2014 № 434 «О радиочастотной службе»; постановление Правительства

Российской Федерации от 12 октября 2004 г. № 539 «О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств».

Для реализации данного подхода требуется перейти к установлению граничных условий использования выделенного радиочастотного ресурса, под которые будет производиться планирование сетей связи без необходимости проверки каждого отдельного присвоения на уровне регулятора. При этом стоимость всего процесса экспертизы ЭМС должна покрываться в рамках выплаты ежегодных платежей за использование радиочастотного спектра.

Направления по разработке НПА в части мероприятий с использованием РЧС для развития сетей связи 5G/IMT-2020 в Российской Федерации представлены в табл. 7.4.

Таблица 7.4 - Направления по разработке НПА в части мероприятий с использованием РЧС для развития сетей связи 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации

Наименование направления разработки НПА	Наименование правового акта	Предполагаемый срок реализации
<p>Мероприятия по выделению и использованию радиочастотного ресурса в приоритетных полосах радиочастот для развития сетей связи 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации</p>	<p>Программа отключения аналогового ТВ вещания по регионам Российской Федерации. Принятие административного решения по необходимому числу мультиплексов ЦТВ для работы федеральных и региональных каналов в крупных городах России с целью оптимизации частотно-территориального Плана ЦТВ в полосах частот 703-733 МГц и 758-788 МГц и перепланирования ЧТП в диапазон ниже 694 МГц при наличии возможности и по предварительному согласованию с вещателями со сроком реализации к 19.08.2019 г.</p>	<p>2 кв.2019 г.</p>
	<p>Решение Правительства Российской Федерации о перераспределении полос радиочастот, выделенных для осуществления эфирного наземного телевизионного вещания в полосе частот 694-790 МГц по предварительному согласию вещателей, со сроком реализации не позднее 19.08.2020 г.</p>	<p>2 кв. 2019 г.</p>
	<p>Решение ГКРЧ об использовании полос радиочастот 174-230 МГц и 470-694 МГц для цифрового телевизионного вещания с учетом перепланирования (при наличии возможности и по согласованию с вещателями) в приоритетных городах полос радиочастот 703-733 МГц/758-788 МГц для сетей связи ИМТ-2020 в том числе, при необходимости, по организации опытной зоны сети на территории Российской Федерации.</p>	<p>3 кв.2019 г.</p>
	<p>Решение ГКРЧ от 08.09.2011 №11-12-02. Внесение изменений в частотный план для систем ИМТ с 720-750/761-791 МГц на 703-733/758-788 МГц при наличии возможности и по согласованию с вещателями.</p>	<p>4 кв. 2019</p>

Наименование направления разработки НПА	Наименование правового акта	Предполагаемый срок реализации
Мероприятия по выделению и использованию радиочастотного ресурса в приоритетных полосах радиочастот для развития сетей связи 5G/IMT-2020 в Российской Федерации	Решение ГКРЧ о возможности использования полосы радиочастот 3400-3800 МГц или отдельных ее участков для сетей связи IMT-2020 в том числе, при необходимости, по организации опытной зоны сети на территории Российской Федерации	4 кв. 2019 г.
	Решение ГКРЧ о возможности использования полос радиочастот 4400-4500 МГц и 4800-4990 МГц для сетей связи IMT-2020, в том числе, при необходимости, по организации опытной зоны для сетей связи IMT-2020 на территории Российской Федерации	4 кв.2019 г.
	Решение ГКРЧ о возможности использования полос радиочастот 24,25-29,5 ГГц и отдельного ее участка 26,5-27,5 ГГц для сетей связи IMT-2020 на территории Российской Федерации	4 кв.2019 г.
	Решение ГКРЧ о возможности использования полос радиочастот для сетей связи IMT-2020 на территории Российской Федерации (по результатам ВКР-19) и предоставление их на аукционы Российской Федерации	4 кв.2019 г.
	Решение о проведении торгов на приобретение радиочастотного ресурса для сетей связи IMT-2020 на территории Российской Федерации	1 кв.2020 г.
Мероприятия по выделению и использованию радиочастотного ресурса в приоритетных полосах радиочастот для развития сетей связи 5G/IMT-2020 в Российской Федерации	Решение ГКРЧ о возможности использования полос радиочастот (действующие диапазоны сотовой подвижной связи России) в части внедрения технологии NR 5G и расширения принципа технологической нейтральности	4 кв.2020 г.
	Приказ Минкомсвязи России от 07.12.2017 г. № 678 «Об утверждении методики определения начальной цены предмета аукциона на получение лицензии на оказание услуг связи с использованием радиочастотного спектра»	4 кв. 2019 г.
	Федеральный закон от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи».	1 кв. 2020 г.

Наименование направления разработки НПА	Наименование правового акта	Предполагаемый срок реализации
Мероприятия по надлежащему использованию радиочастотного спектра для развития сетей связи 5G/IMT-2020 в Российской Федерации	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 марта 2011 г. № 171 «Об установлении размеров разовой платы и ежегодной платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра и взимания такой платы»	2 кв. 2020 г.
	Приказ Минкомсвязи России от 30.06.2011 г. №164 «Об утверждении Методики расчета размеров разовой платы и ежегодной платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра»	2 кв. 2020 г.
Мероприятия по надлежащему использованию радиочастотного спектра для развития сетей связи 5G/IMT-2020 в Российской Федерации	Постановление Правительства Российской Федерации от 16.03.2009 г. № 228 «О Федеральной службе по надзору в сфере связи информационных технологий и массовых коммуникаций»	3 кв. 2020 г.
	Постановление Правительства Российской Федерации от 14.05.2014 г. № 434 «О радиочастотной службе»	3 кв. 2020 г.
	Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2004 г. № 539 «О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств»	4 кв. 2020 г.

## ***7.2. Направления разработки нормативно-правовых актов, необходимых для обеспечения функционирования технологии 5G/IMT-2020 в Российской Федерации***

а) Определение мероприятий по упрощению развертывания инфраструктуры сетей связи 5G/IMT-2020.

Необходимо создание наиболее благоприятных условий для развертывания инфраструктуры сетей связи 5G/IMT-2020, которые позволили бы обеспечить заданные темпы внедрения при сохранении допустимого уровня инвестиций в данную инфраструктуру.

При развертывании инфраструктуры сетей 5G/IMT-2020 и с целью упрощения ряда процедур предлагается разработать и принять постановления Правительства Российской Федерации об исчерпывающих перечнях процедур в сфере строительства объектов сетей связи и правилах ведения реестров описаний процедур:

- упрощение и унификация процедур доступа операторов связи к инфраструктуре многоквартирных домов для строительства объектов инфраструктуры сетей 5G/IMT-2020;

- упрощение и унификация процедур получения разрешения на строительство объектов инфраструктуры сетей 5G/IMT-2020 во всех регионах Российской Федерации, а также упрощение процедуры получения разрешения на ввод в эксплуатацию базовых станций сетей 5G/IMT-2020;

- обеспечение недискриминационного и упрощенного доступа к объектам федеральной инфраструктуры, а также объектам муниципальной инфраструктуры, для размещения объектов инфраструктуры сетей 5G/IMT-2020;

- обеспечение доступа к электроэнергии и строительство подъездных дорог к объектам инфраструктуры сетей 5G/IMT-2020 в труднодоступных районах Российской Федерации;

- упрощение процедуры выхода на оптовый рынок электроэнергии телекоммуникационными компаниями, в том числе, предоставление возможности объединения нескольких точек поставки электрической энергии в одну группу точек поставки, связанных единым технологическим циклом в пределах границ одного субъекта Российской Федерации.

В рамках проекта данного постановления Правительства Российской Федерации предлагается разработать и утвердить общие требования к проектированию, созданию, управлению и эксплуатации сетей связи 5G/IMT-2020, в том числе Правила, регламентирующие совместное использование операторами

связи пассивной и активной телекоммуникационной инфраструктуры и антенно-мачтовых сооружений;

б) Определение мероприятий по упрощению внедрения виртуализации сетевых элементов и функциональности (SDN/NFV) сетей связи 5G/IMT-2020.

Коренным отличительным свойством сетей 5G/IMT-2020 является виртуализация средств связи. В соответствии с данным подходом инфраструктура сети 5G/IMT-2020 представляет собой автономное программное обеспечение, работающее на серверах и гипервизорах различных производителей. Для развертывания сети 5G/IMT-2020 оператор создает собственную среду виртуализации (NFVI), либо может арендовать ресурсы сторонних центров обработки данных, например, в соответствии с концепцией «Инфраструктура как сервис» IaaS.

Предлагается:

- предусмотреть возможность сертификации программного, либо программно-аппаратного комплекса средств связи 5G/IMT-2020, функционирующего на базе унифицированной среды виртуализации центров обработки данных;

- разработать Российские стандарты сертификации центров обработки данных по уровню надежности, безопасности и определить требования для развертывания на их основе средств и узлов связи, требования к среде виртуализации, управления и оркестрации MANO (Management & Orchestration);

в) Предложения по дополнению требований к построению сетей подвижной радиотелефонной связи для сетей связи 5G/IMT-2020

Требования к построению сетей ПРТС стандарта LTE определены Приказом Минкомсвязи России от 20.07.2017 г. № 374 «Об утверждении Требований к построению телефонной сети связи общего пользования» и Приказом Минкомсвязи России от 20.10.2017 г. № 570 «Об утверждении Требований к оказанию услуг подвижной радиосвязи и радиотелефонной связи при использовании бизнес-моделей виртуальных сетей подвижной радиосвязи и радиотелефонной связи» (далее – Требования), а также приказами № 541, 542, 543 от 14.12.2015 г.

Действующие Требования допускают применение в сетях ПРТС территориально распределенных узлов связи, средства связи которых территориально удалены друг от друга. Такие узлы связи могут быть построены с использованием оборудования IMS, применение которого предусматривается и в будущих сетях 5G/IMT-2020 для предоставления услуг телефонной связи.



Требования не учитывают только возможность виртуализации функций узла связи. Для исключения этого недостатка необходимо общую часть Требований дополнить положением о возможности построения комбинированных территориально-распределенных узлов связи, функции которых могут быть виртуализированы.

Внедрение подсистемы IMS и сетей ПРТС стандарта 5G/IMT-2020 позволяет предоставлять голосовые услуги вне зависимости от сети радиодоступа, являющейся «последней милей» телефонного канала. В качестве сети доступа могут использоваться как сети 3GPP с радиointерфейсами NR и E-UTRA, так и публичные сети Интернет беспроводной широкополосной передачи данных (БШПД), например, Wi-Fi.

В случае применения в составе оборудования узлов коммутации ПРТС шлюзов N3IWF (в составе сети 5G/IMT-2020) или ePDG (в составе сети LTE) имеется техническая возможность реализации доступа к подсистеме IMS сети ПРТС и, соответственно, к услуге телефонии через сеть Интернет и защищенный канал IPSec. Данный способ позволяет организовать доступ абонентов сетей ПРТС к их «домашнему» узлу коммутации ПРТС вне зависимости от их географического местоположения, в том числе в условиях роуминга, и организовать телефонное соединение, минуя транзитные узлы зоной, междугородней и международной связи.

В условиях национального и международного роуминга это нарушает существующие НПА в части порядка пропуска трафика в телефонной ССОП и может привести к срыву выполнения оперативно-розыскных мероприятий (СОРМ). В соответствии с этим требуется провести исследования в области использования шлюзов N3IWF и ePDG в составе узлов коммутации ПРТС и разработать предложения в НПА правил применения оборудования LTE и 5G/IMT-2020.

В связи с вышесказанным предлагается пересмотреть постановление Правительства Российской Федерации от 18.02.2005 № 87 «Об утверждении перечня наименований услуг связи, вносимых в лицензии, и перечней лицензионных условий» с учетом требований сетей 5G/IMT-2020;

г) Предложения по регулированию сетевой нейтральности для сетей связи 5G/IMT-2020.

Требуется обеспечить нормативное регулирование качества связи сетей 5G/IMT-2020 – при оказании критически важных услуг оно должно соответствовать заданным параметрам, что крайне важно для телемедицины, беспилотного транспорта, систем управления безопасностью на производстве. При оказании услуг 5G/IMT-2020 операторам необходимо отказаться от принципа сетевой

нейтральности, подразумевающего равную скорость доступа ко всем сервисам. Принцип сетевой нейтральности противоречит логике развития сетей связи и новым технологиям. Связь 5G/IMT-2020 основана на управлении параметрами интернет-трафика, в том числе приоритизации абонентов и трафика критически важных коммуникаций, большое количество сервисов, которые будут завязаны на сети 5G/IMT-2020, требуют установления разных приоритетов и скорости доступа к ресурсам.

Целесообразно предусмотреть внесение изменений в действующие НПА в части проведения оперативно-розыскных мероприятий на сетях 5G/IMT-2020 в Российской Федерации.

Направления по разработке НПА в части мероприятий необходимых для обеспечения функционирования технологии 5G/IMT-2020 в Российской Федерации представлены в табл.7.5.

### ***7.3. Направления разработки НПА, необходимых для проведения сертификации (подтверждения соответствия) технологии 5G/IMT-2020 в Российской Федерации***

Требуется разработать НПА, необходимые для проведения сертификации программно-аппаратного комплекса коммутации сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта 5G/IMT-2020, оборудования базовых станций и ретрансляторов 5G/IMT-2020, а также декларирования абонентского оборудования 5G/IMT-2020.

С этой целью необходимо:

а) Внести изменения в действующий документ «Правила применения оборудования коммутации сетей подвижной радиотелефонной связи.

Правила применения оборудования коммутации сетей ПРТС, дополнить требованиями к программному, программно-аппаратному комплексу коммутации сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта 5G/IMT-2020, включая требования к подсистеме IMS.

Таблица 7.5 - Направления по разработке НПА в части мероприятий, необходимых для обеспечения функционирования технологии 5G/IMT-2020 в Российской Федерации

Наименование направления разработки НПА	Наименование правового акта	Предполагаемый срок реализации
Мероприятия по упрощению развертывания инфраструктуры сетей связи 5G/IMT-2020	Постановление Правительства Российской Федерации об исчерпывающих перечнях процедур в сфере строительства объектов сетей связи и правилах ведения реестров	1 кв. 2020 г.
	Внесение изменений в санитарно-эпидемиологические нормы Роспотребнадзора	1 кв. 2020 г.
Мероприятия по упрощению внедрения виртуализации сетевых элементов и функциональности (SDN/NFV) сетей связи 5G/IMT-2020	Правила применения программного, программно-аппаратного комплекса средств связи 5G/IMT-2020, функционирующего на базе среды виртуализации центров обработки данных	2 кв. 2020 г.
	Российские стандартны сертификации центров обработки данных по уровню надежности, безопасности и определить требования для развертывания на их основе средств и узлов связи, требования среде виртуализации, управления и оркестрации MANO	2 кв. 2020 г.
Предложения по дополнению требований к построению сетей подвижной радиотелефонной связи для сетей связи 5G/IMT-2020	Приказ Минкомсвязи России от 20.07.2017 г. № 374 «Об утверждении Требований к построению телефонной сети связи общего пользования»	2 кв. 2020 г.
	Приказ Минкомсвязи России от 20.10.2017 г. № 570 «Об утверждении Требований к оказанию услуг подвижной радиосвязи и радиотелефонной связи при использовании бизнес-моделей виртуальных сетей подвижной радиосвязи и радиотелефонной связи»	3 кв. 2019 г.
Предложения по регулированию сетевой нейтральности для сетей связи 5G/IMT-2020	Программа и методики проведения контроля параметров качества услуг подвижной радиотелефонной связи, включая MVNO.	1 кв. 2021 г.
	Правила оказания услуг подвижной связи (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 25.05.2005 г. № 328).	1 кв. 2020 г.
	Федеральный закон от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи».	2 кв. 2021 г.
	Федеральный закон от 26 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».	2 кв. 2021 г.

<b>Наименование направления разработки НПА</b>	<b>Наименование правового акта</b>	<b>Предполагаемый срок реализации</b>
СОПМ	Предусмотреть внесение изменений в действующие НПА в части проведения оперативно-розыскных мероприятий на сетях 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации	1 кв 2020
Информационная безопасность	Формирование нормативной базы, по вопросам обеспечения информационной безопасности в сетях связи 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации	2 кв 2020

Для реализации в сети связи каждой виртуальной сетевой функции должен иметься Сертификат соответствия и разработанные Технические условия, где указаны все требования и ПО среды виртуализации, управления и оркестрации NFV;

б) Внести изменения в действующие документы:

- Правила применения базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи. Часть VI. Правила применения оборудования систем базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE, утвержденные приказами Мининформсвязи и Минкомсвязи России, дополненные новыми режимами работы, типа RAN-Sharing, NFC и др.;

- Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций от 06.06.2011 г. № 129 «Об утверждении Правил применения базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи. Часть VI. Правила применения оборудования систем базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE»;

- Приказ Минкомсвязи России от 11.03.2014 г. № 39 «О внесении изменений в Правила применения базовых станций и ретрансляторов сетей ПРТС. Часть VI. Правила применения оборудования систем базовых станций и ретрансляторов сетей ПРТС стандарта LTE, утвержденные приказом Минкомсвязи РФ от 06.06.2011 г. № 129»;

- Приказ Минкомсвязи России от 17.09.2014 г. № 300 «О внесении изменений в Правила применения оборудования систем базовых станций и ретрансляторов сетей ПРТС стандарта LTE, утвержденные приказом Минкомсвязи РФ от 06.06.2011 г. № 129».

Необходимо разработать новую часть Правил применения базовых станций и ретрансляторов сетей 5G/IMT-2020, где должны быть установлены правила применения оборудования систем базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта NR, в том числе и виртуальные решения по построению «облачной» сети радиодоступа Cloud RAN;

в) Внести изменения в действующие документы:

- Правила применения абонентских терминалов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE, утвержденные приказами Мининформсвязи и Минкомсвязи России, дополненные новыми режимами работы, типа RAN-Sharing, NFC и др.;

- Приказ Мининформсвязи России от 06.06.2011 г. № 128 «Об утверждении Правил применения абонентских терминалов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE»;

- Приказ Минкомсвязи России от 12.05.2014 г. № 123 «О внесении изменений в Правила применения абонентских терминалов сетей ПРТС стандарта LTE, утвержденные приказом Минкомсвязи РФ от 06.06.2011 г. № 128»;

- Приказ Минкомсвязи России от 06.10.2014 г. № 333 «О внесении изменений в Правила применения абонентских терминалов сетей ПРТС стандарта LTE, утвержденные приказом Минкомсвязи РФ от 06.06.2011 № 128» (в части RAN-Sharing);

- Приказ Минкомсвязи России от 10.03.2015 г. № 68 «О внесении изменений в Правила применения абонентских терминалов, абонентских станций (абонентских радиостанций) различных стандартов»;

- Приказ Минкомсвязи России от 05.05.2015 г. № 153 «О внесении изменений в приказы Мининформсвязи и Минкомсвязи РФ по вопросам применения абонентских радиостанций (терминалов) в сетях подвижной радиотелефонной связи» (линейные испытания на сетях операторов при обязательном подтверждения соответствия средств связи);

- Приказ Минкомсвязи России от 22.06.2018 № 315 «О внесении изменений в Правила применения абонентских терминалов сетей ПРТС стандарта LTE, утвержденные приказом Минкомсвязи РФ от 06.06.2011 № 128».

Необходимо разработать новую часть Правил применения абонентских станций 5G/IMT-2020 сетей подвижной радиотелефонной связи и абонентских устройств IoT/M2M.

#### ***7.4. Направления разработки НПА, необходимых для обеспечения электромагнитной безопасности при внедрении РЭС сетей связи стандарта 5G/IMT-2020 в Российской Федерации***

Необходимо внесение изменений в действующие нормативно-методические документы:

1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. – М.: Минздрав России, 2003.

Основные положения СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03, которые не позволяют использовать его для контроля базовых станций РЭС мобильных сетей связи 5G/IMT-2020:

- ограничение по диапазону - «Санитарные правила действуют на всей территории Российской Федерации и устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к размещению и эксплуатации средств подвижной радиосвязи диапазона частот 27 - 2400 МГц»;

- отсутствие предельно допустимых уровней (ПДУ) на частотах выше 2400 МГц. – п. 3.3. «Уровни электромагнитных полей, создаваемые антеннами базовых станций на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений, не должны превышать следующих предельно допустимых значений:

в диапазоне частот  $27 \text{ МГц} \leq f < 30 \text{ МГц}$  - 10,0 В/м;

в диапазоне частот  $30 \text{ МГц} \leq f < 300 \text{ МГц}$  - 3,0 В/м;

в диапазоне частот  $300 \text{ МГц} \leq f < 2400 \text{ МГц}$  - 10,0 мкВт/см<sup>2</sup>».

2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03. – М.: Минздрав России, 2003.

3. Методические указания. Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ вещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи. МУК 4.3.1677-03. -М.: Минздрав России, 2003.

### ***7.5 Предлагаемые меры по поддержке отечественного производства оборудования сетей связи 5G/IMT-2020***

#### **Обоснование необходимости защиты отечественного производителя оборудования сетей связи 5G/IMT-2020**

Важность стимулирования и обеспечения мероприятий по защите отечественных производителей телекоммуникационного оборудования обусловлена зависимостью существующих сетей подвижной связи от оборудования и программного обеспечения зарубежного производства. Реализация всех сегментов сетей связи LTE и 5G/IMT-2020 на основе такого оборудования создает риски потери контроля над существующей и создаваемой цифровой инфраструктурой. Кроме того, существует риск введения санкций на поставку нового оборудования или обновления программного обеспечения сетей LTE и 5G/IMT-2020, что при необходимости постоянной модернизации сетей приведет к их деградации и прекращению работы наиболее требовательных к качеству сервисов.

## **Предпосылки для защиты отечественного производителя оборудования сетей связи 5G/IMT-2020**

Предпосылками обеспечения защиты отечественного производителя оборудования и программного обеспечения для сетей связи 5G являются следующие факторы:

- Создание и внедрение сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации является одним из ключевых проектов федерального проекта «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».
- Необходимость обеспечения информационной безопасности сетей 5G, разворачиваемых на территории РФ, на базе российских алгоритмов и устройств криптозащиты.

## **Меры по обеспечению защиты отечественного производителя оборудования сетей связи 5G/IMT-2020 (импортозамещению)**

Для поддержки отечественного производства оборудования и программного обеспечения сетей связи 5G/IMT-2020 и стимулирования его использования целесообразно принять следующие меры:

- Сформировать объединение ведущих профильных отраслевых институтов и операторов мобильной связи для проведения работ по стандартизации телекоммуникационных интерфейсов и ее активизирования на международном уровне (в частности, вхождение в состав 3GPP).
- Сформировать консолидированный план разработки и внедрения отечественного оборудования и программного обеспечения сетей связи 5G/IMT-2020. Для его реализации создать несколько объединений отечественных производителей оборудования и программного обеспечения для проведения необходимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, разработки и внедрения оборудования для сетей связи 5G/IMT-2020.
- Планомерный переход к производству телекоммуникационного оборудования на территории Российской Федерации с целью локализации производства иностранного оборудования.
- Привлечение отечественных производителей при организации пилотных зон. Учитывая время, необходимое для разработки и создания оборудования, срок проведения испытаний может составлять около 2-3 лет.
- Рассмотреть возможность предоставления особых условий использования приоритетных для развертывания сетей связи 5G/IMT-2020



частотных диапазонов при условии использования отечественного оборудования и программного обеспечения.

– Проводить работу по включению алгоритмов шифрования отечественной разработки в состав спецификаций 3GPP, определяющих криптозащиту сетей 5G/IMT-2020 с целью предотвращения использования недекларированных возможностей зарубежного программного обеспечения.

– Рассмотреть вопрос о целесообразности пересмотра импортных пошлин на ввоз телекоммуникационного оборудования и электронных компонентных баз.

– При проведении государственных закупок оборудования и программного обеспечения для развертывания сетей 5G/IMT-2020, а также услуг, связанных с такими сетями, обеспечить преимущественное использование отечественного оборудования .

– Предусмотреть льготы по тарифам страховых взносов и налогообложению для российских разработчиков телекоммуникационного оборудования.

Указанные мероприятия могут быть включены в «дорожную карту» по развитию сквозной цифровой технологии «Технологии беспроводной связи», разработка которой предусмотрена в рамках реализации федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».