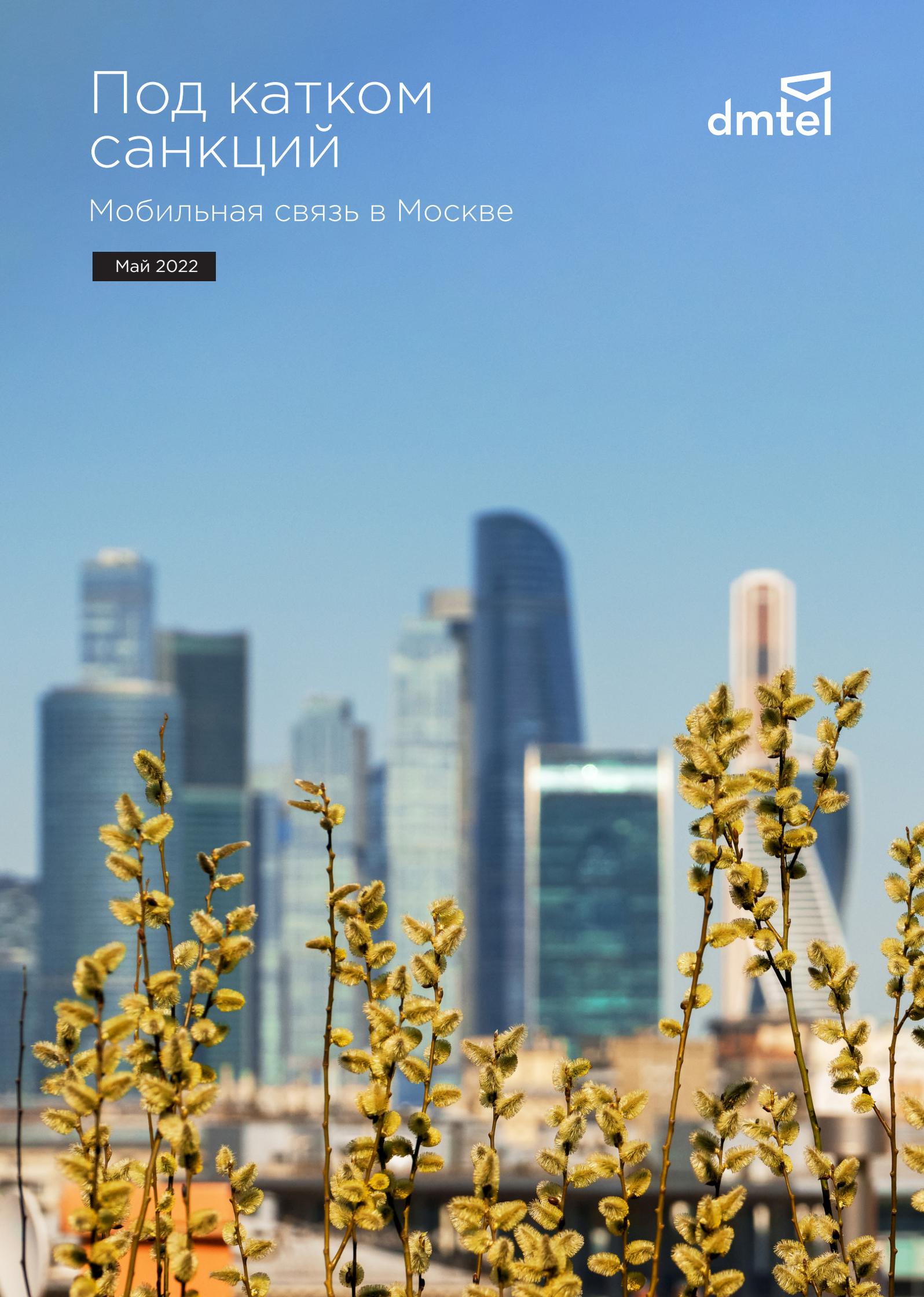


Под катком санкций



Мобильная связь в Москве

Май 2022



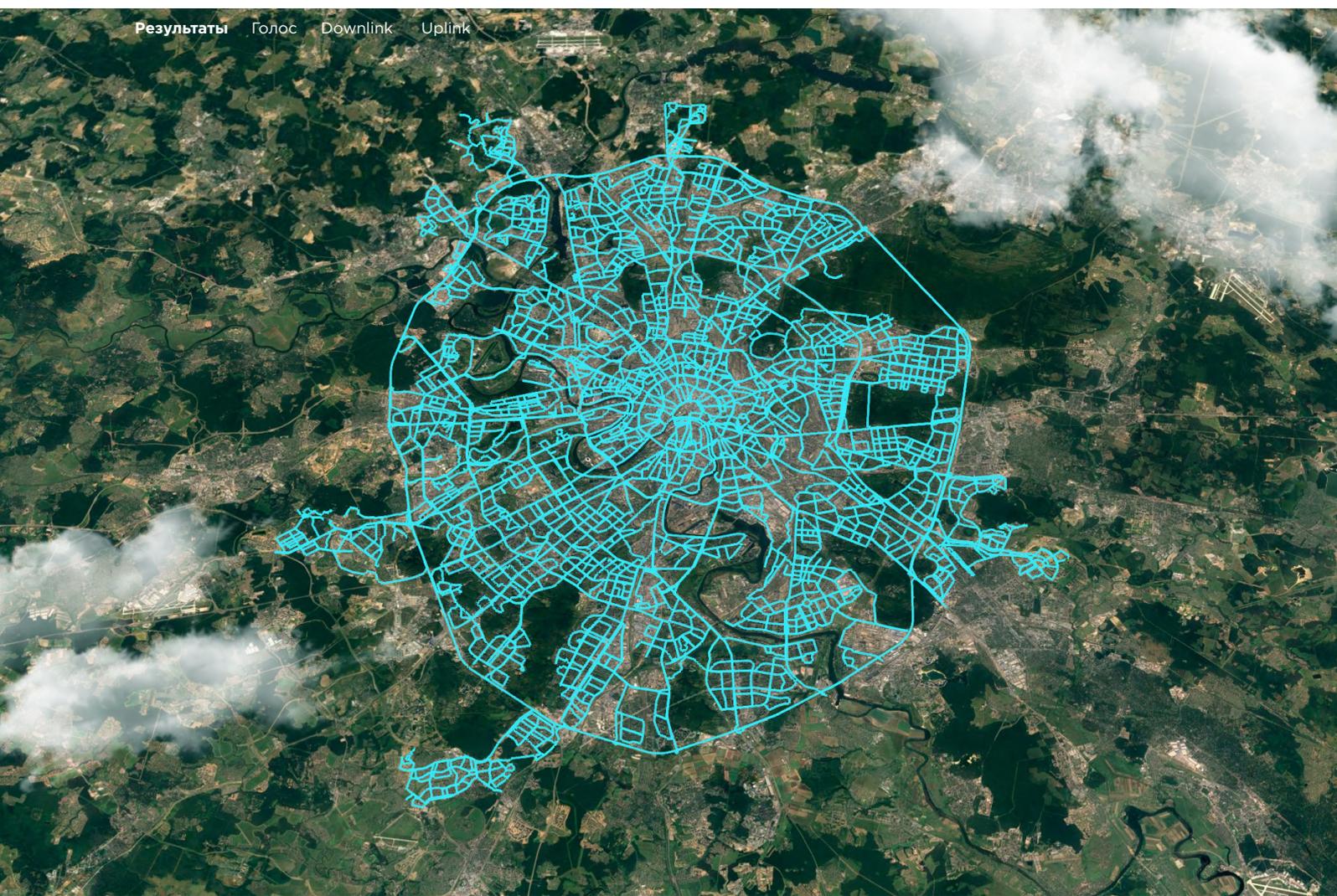


Рисунок 1.
Карта маршрута

Ограничение возможностей операторов, обусловленные санкциями, приводят к необходимости поиска альтернативных решений для сохранения и улучшения качества услуг мобильной связи. Это особенно важно на фоне широкого распространения дистанционных государственных и банковских услуг, а также роста популярности сервисов Интернета на основе мультимедиа и мобильных приложений. Поддержание и повышение комфорта привычной пользовательской среды значительно усложняется в условиях санкционных ограничений.

Компания DMTEL публикует результаты очередного исследования, которое проведено вновь на территории Москвы. Повторное исследование позволяет оценить качество услуг, предоставляемых операторами абонентам в условиях санкций со стороны поставщиков сетевого оборудования.

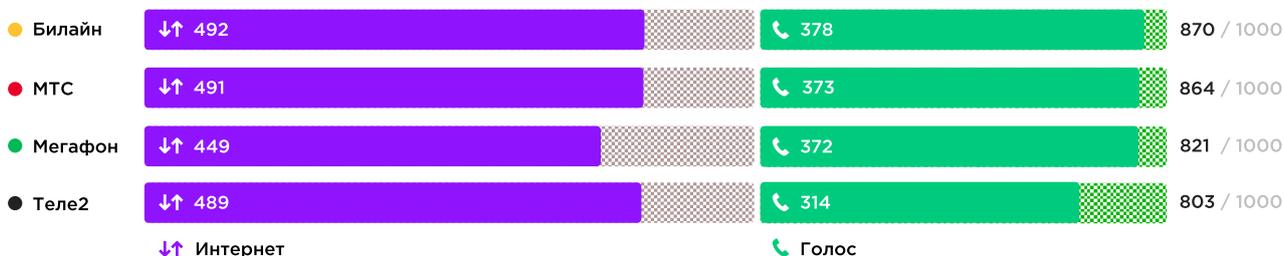
Комплексная оценка и сравнение характеристик качества услуг мобильной связи выполнены в период с 16 марта по 21 апреля 2022 г. на маршруте протяженностью около 3 818 км (см. рисунок 1).

Для количественной оценки качества используются показатели, объективно отражающие возможность успешно пользоваться услугами мобильной связи: доступность, стабильность и качество коммуникации. На основе таких показателей рассчитываются единые интегральные оценки, которые отражают относительные позиции операторов (рейтинги). Для наглядности приводятся рейтинги на основе интегральных оценок для услуг голосовой связи и услуг мобильного доступа в Интернет по отдельности.

Итоговые оценки качества услуг связи представлены на диаграммах на рисунке 2. Единые итоговые оценки характеризуют интегральное качество услуг телефонной связи и мобильного интернета.

Все единые итоговые оценки заметно ниже максимального значения (1000 баллов), что указывает на наличие в сети каждого оператора факторов, негативно влияющих на качество услуг связи.

Рисунок 2. Распределение итоговых оценок качества услуг связи



билайн

Билайн демонстрирует наилучшие результаты и занимает первую позицию в рейтинге оценок качества мобильной связи в Москве. Билайн лидирует как по качеству телефонной связи, так и по качеству передачи данных.



МТС

МТС поднялся на вторую позицию и следует за Билайном, незначительно уступая лидеру по итоговой оценке. Оценки МТС как по качеству телефонной связи, так и по качеству передачи данных соответствуют второй позиции. При этом отставание от лидера по качеству передачи данных составляет всего один балл.



МЕГАФОН

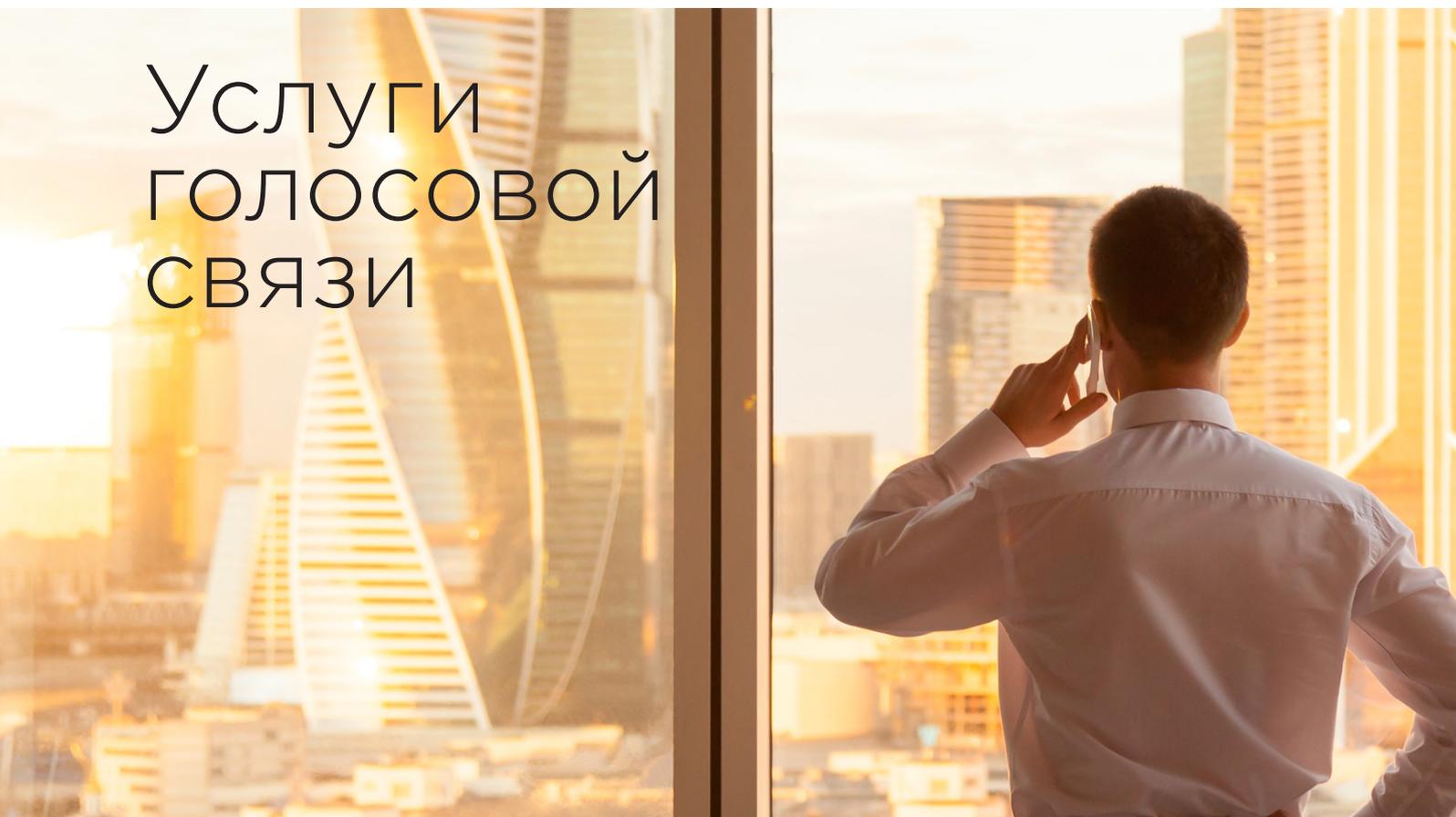
МегаФон находится на третьей позиции в рейтинге. При этом отставание от МТС по качеству услуг голосовой связи составляет всего один балл. По качеству услуг передачи данных МегаФон сместился на четвертую позицию. Отставание по качеству услуг передачи данных приводит к значительному снижению единой итоговой оценки.



TELE2

Теле2 занимает четвертую позицию по итоговой оценке. По качеству услуг передачи данных Теле2 поднялся на третью позицию, вплотную приближаясь ко второй. Существенный вклад в снижение единой итоговой оценки вносит отставание по качеству услуг голосовой связи.

Услуги ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ



Интегральная оценка качества услуг голосовой связи рассчитывается на основе показателей, характеризующих возможность быстро и успешно дозвониться, чтобы совершить телефонный разговор без обрыва и искажений голоса собеседника. Итоговые интегральные оценки показаны на диаграммах, см. рисунок 3.



Рисунок 3.
Распределение итоговых оценок качества услуг голосовой связи

Наибольшая оценка отмечена в сети Билайн. МТС отстает от Билайна и незначительно опережает МегаФон. Теле2 существенно уступает конкурентам по качеству услуг телефонной связи.

В Приложении 1 в таблице 1 приводятся список и значения показателей, отражающих качество услуг телефонной связи.

Билайн заметно опережает конкурентов в части возможности успешно воспользоваться телефонной связью (доступность услуги). В сети Билайн доля отказов примерно в два раза меньше, чем в сетях МегаФон, МТС и Теле2, которые демонстрируют близкие результаты.

По надежности соединений наилучший результат отмечен в сети Теле2. Доля обрывов в сети Теле2 существенно ниже (в 12 раз и более), чем в сетях Билайн, МегаФон и МТС. Результаты операторов Билайн, МегаФон и МТС отличаются незначительно в части непрерывности телефонного соединения.

Важно отметить, что все операторы демонстрируют высокие показатели доступности и надежности мобильной связи: доли отказов и обрывов не превышают 0,5%.

Операторы Билайн, МТС и МегаФон обеспечивают высокую скорость телефонного соединения: в сетях преобладают значения времени установления соединения меньше 4 секунд (не менее 90%). Теле2 заметно уступает конкурентам по времени установления соединения: 10% зарегистрированных значений выше 9,61 секунд (90-й перцентиль).

В сетях Билайн, МТС и МегаФон преобладает высокое качество речи на значительной части маршрута: 90% значений не ниже 4,01 MOS (10th percentile). При этом МегаФон заметно опережает конкурентов по совокупности характеристик качества речи. В частности, в сети МегаФон 90% значений больше 4,36 MOS, что соответствует оценке «отлично». Кроме того, в сети МегаФон зарегистрирована наименьшая доля значений ниже 1.5 MOS (соответствует оценке «неприемлемо»).

Диаграммы на рисунке 4 отражают распределение градаций качества принимаемой речи, характеризующих степень удовлетворенности абонентов и относительную протяженность соответствующих участков на маршруте драйв-теста. В Приложении 1 приводится перечень градаций экспертных оценок воспринимаемого качества речи, которые характеризуют степени удовлетворенности абонентов.

Масштабное применение аудиокодеков высокой четкости HD+ (EVS) для звонков в сетях 4G (VoLTE) позволяет сохранять в сетях Билайн, МТС и МегаФон натуральность и тембр голоса собеседника. В сетях Билайн, МТС и МегаФон голосовые вызовы реализованы на основе технологии VoLTE и современного кодека EVS SWB (24.4 кбит/с) почти непрерывно на всем маршруте исследования (около 98%). Важно отметить, что по сравнению с результатами исследования осенью 2021 года в сети МТС почти в три раза увеличилась относительная протяженность участков, на которых используются технология VoLTE и кодек EVS SWB (24.4 кбит/с). В сети Теле2 технология VoLTE не зарегистрирована, все голосовые соединения реализуются в сети 3G на основе широкополосных кодеков AMR WB 12.65 на маршруте (100%). В Приложении 2 для справки приводится распределение технологий, кодеков и характеристик радиопокрытия в исследуемых сетях.

По совокупности оценок качества речи МегаФон демонстрирует наилучшие результаты, МТС уступает МегаФону, но опережает Билайн и Теле2. В сети Теле2 оценки «отлично» отсутствуют.

Важно учитывать, что в сети каждого оператора отмечены участки, на которых отказы, обрывы и низкое качество речи не позволяют успешно и в полном объеме пользоваться голосовой связью. При этом отказы лишают абонента возможности своевременно позвонить по телефону в экстренных ситуациях.

Единые интегральные оценки качества телефонной связи в баллах отражают относительные позиции сетей операторов в части возможности быстро и успешно дозвониться и поговорить по телефону: наилучший результат демонстрирует Билайн, МТС уступает Билайну, но незначительно опережает МегаФон, Теле2 отстает от конкурентов.



Рисунок 4. Распределение градаций качества принимаемой речи

Услуги мобильного доступа в Интернет

Для расчета интегральной оценки качества услуг мобильного доступа в Интернет используются показатели, характеризующие возможность быстро и успешно получить доступ к ресурсу Интернета, отправить или загрузить данные, а также воспроизвести запрошенный контент без задержки и искажений, в реальном времени, в полном объеме и без неожиданной остановки.

Распределение итоговых интегральных оценок популярных сервисов, а также общая итоговая оценка качества услуг на основе передачи данных приводятся на диаграммах (см. рисунок 5).

Наилучший результат демонстрирует Билайн. МТС уступает лидеру, отставая всего на один балл. Теле2 отстает от МТС на два балла и значительно опережает МегаФон. Наименьшая оценка отмечена в сети МегаФон.

Билайн лидирует с заметным опережением по качеству сервиса передачи данных в направлении Интернета (HTTP UL) и находится на второй позиции по качеству сервисов воспроизведения видео с ресурса YouTube и передачи данных со стороны Интернета (HTTP DL). В сети Билайн отмечена наименьшая оценка качества загрузки web-страницы.

МТС опережает конкурентов по качеству сервиса передачи данных со стороны Интернета (HTTP DL) и разделяет первую позицию с Теле2

по качеству сервиса загрузки web-страницы. По оценкам качества воспроизведения видео с ресурса YouTube МТС и Билайн демонстрируют одинаковый результат и разделяют вторую позицию. По качеству сервиса передачи данных в направлении Интернета (HTTP UL) МТС заметно уступает Билайн и находится на второй позиции.

В сети Теле2 отмечена наибольшая оценка качества воспроизведения видео с ресурса YouTube. По качеству сервиса загрузки web-страницы Теле2 находится на первой позиции совместно с МТС. По качеству сервисов передачи данных со стороны/в направлении Интернета (HTTP DL и HTTP UL) Теле2 находится на третьей позиции.

В сети МегаФон преобладают наименьшие оценки, соответствующие четвертой позиции в рейтингах оценок качества сервисов.

В целом операторы Билайн и МТС демонстрируют близкие результаты и незначительно опережают Теле2. МегаФон существенно уступает Теле2 по качеству услуг мобильного доступа в Интернет.

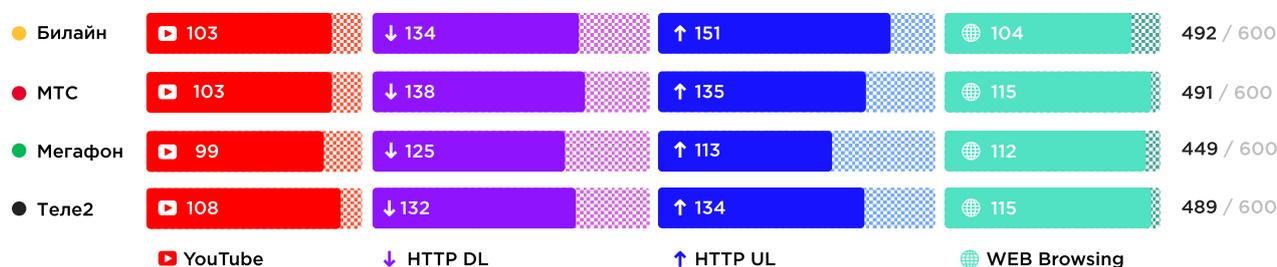
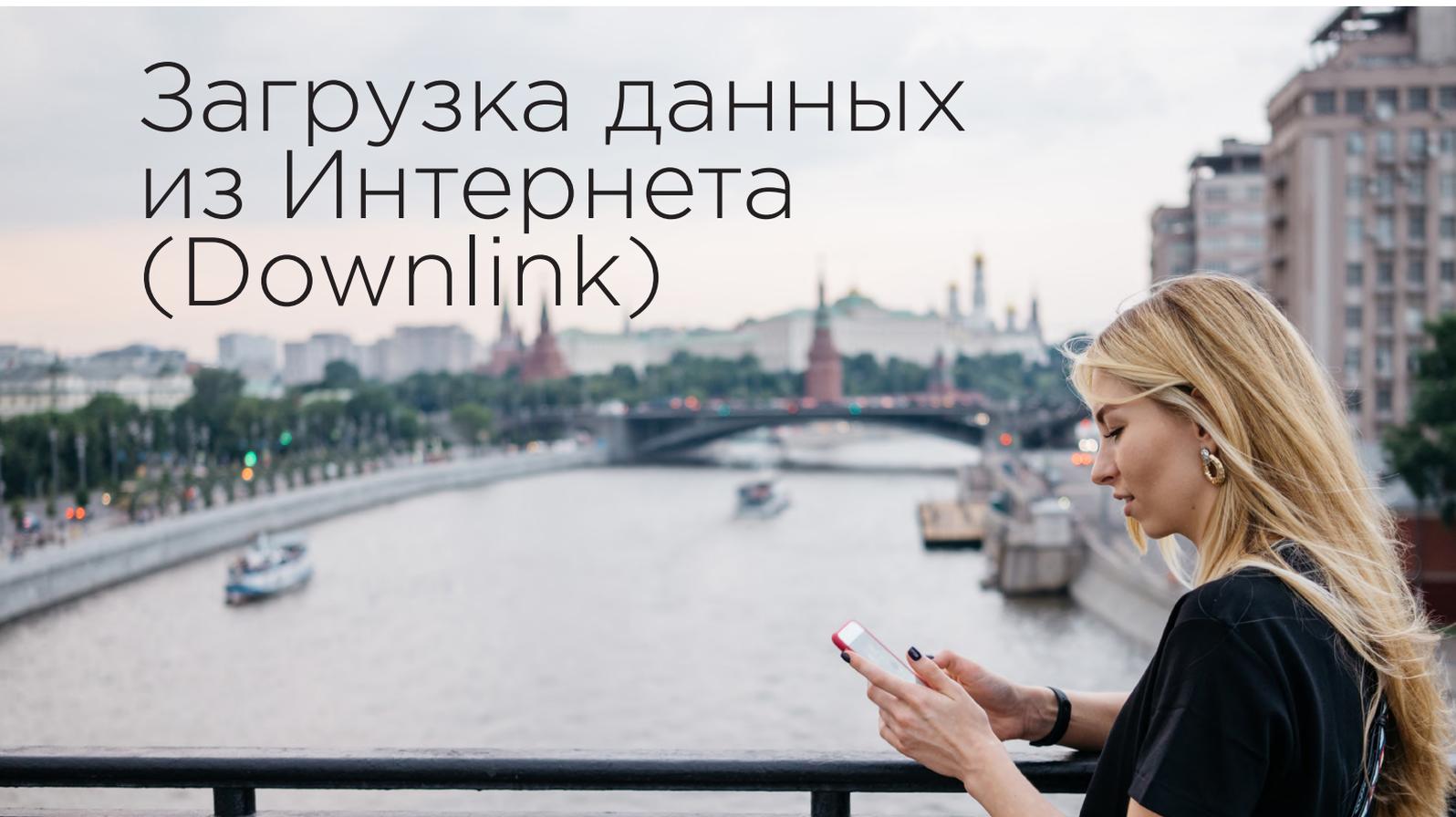


Рисунок 5. Распределение итоговых оценок различных сервисов передачи данных

Загрузка данных из Интернета (Downlink)



В Приложении 1 в таблице 2 приводятся основные показатели, которые используются при расчете интегральных оценок.

По скоростным характеристикам загрузки данных из Интернета МТС демонстрирует наилучший результат: 90% значений скоростей (10th percentile) больше 15 Мбит/с. В сети Билайн 90% значений скоростей превышает 13 Мбит/с, что немного меньше, чем зарегистрировано в сети МТС.

Теле2 уступает Билайну и МТС по скоростям передачи данных из Интернета (HTTP DL), но заметно опережает МегаФон. В сети Теле2 отмечено 90% значений скоростей выше примерно 10 Мбит/с при загрузке файла данных из Интернета.

Одинаковая оценка качества сервиса загрузки web-страницы, зарегистрированная в сетях Теле2 и МТС, соответствует первой позиции.

Теле2 и МТС демонстрируют близкие результаты и опережают конкурентов по времени загрузки web-страницы при полном отсутствии неуспешных сессий.

Несмотря на то, что Теле2 уступает Билайн и МТС по высоким скоростям загрузки данных из Интернета, наилучшие результаты по стабильности скоростей отмечены у Теле2 – доля значений ниже 1 Мбит/с не превышает 0,07%. Именно провалы скорости при воспроизведении видео часто приводят к “замираниям”. В частности, в сети Теле2 отмечены наименьшие доли неуспешных сессий, а также сессий с “замираниями” изображения при воспроизведении видео с ресурса YouTube. При этом Теле2 практически не уступает конкурентам по доле видео высокого разрешения и оценкам качества потокового видео по шкале MOS. В результате в сети Теле2 отмечена

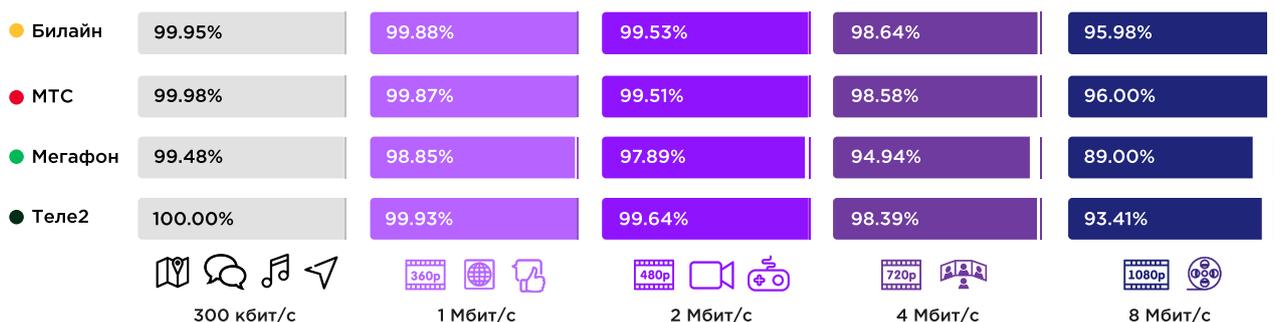


Рисунок 6. Распределение типов сервисов и скоростей (Downlink)

наибольшая интегральная оценка качества воспроизведения видео с ресурса YouTube. В целом по совокупности фактических значений показателей, характеризующих возможность успешно пользоваться качественными услугами Теле2 демонстрирует отличные результаты.

Преобладание высоких скоростей в сетях снижает риски ухудшения качества сервиса передачи данных при увеличении количества пользователей аналогичными услугами и является важным преимуществом. Такое преимущество реализуется, если обеспечиваются условия для успешной загрузки контента из Интернета.

В сетях всех операторов среди показателей времени доступа к ресурсу Интернета, а также времени и успешности загрузки контента преобладают значения, достаточные для успешной работы с онлайн приложениями и загрузки контента. В частности, успешность сессий загрузки данных с ресурса Интернета в сетях всех операторов для всех сервисов составляет не менее 99%.

Диаграмма на рисунке 6 наглядно отражает распределение скоростей, характеризующих относительную продолжительность времени возможного использования различных типов сервисов и приложений на основе загрузки данных в направлении абонентского устройства (Downlink). Соответствие типов сервисов пороговым значениям скоростей, необходимых для стабильной (без прерываний) загрузки принимаемого контента со стороны Интернета приводится далее, в описании технологии выполнения тестов.

Все операторы обеспечивают возможность успешно воспроизводить видео высокой четкости в форматах HD 1280x720 или Full HD 1920x1080 на значительной части маршрута: относительная протяженность участков, на которых скорости выше 4 Мбит/с не менее 94%.

Важно учитывать, что некоторые приложения, включая воспроизведение видео, относятся к категории OTT сервисов (“over the top”), т.е. сервисов, доставляющих контент потребителю с помощью платформы, которая является внешней по отношению к оператору связи. Каждый субъект процесса доставки и преобразования контента (владелец контента, провайдер OTT-сервиса, оператор сети связи и производитель абонентского устройства) оказывает влияние на итоговое качество сервиса.

По стабильности скоростей Теле2 демонстрирует наилучший результат: скорости ниже 300 Kbps в сети Теле2 не зарегистрированы. Билайн и МТС демонстрируют близкие результаты и опережают МегаФон по непрерывности распределения скоростей на маршруте. Провалы скорости значительно увеличивают риски нарушений в работе и неуспешного завершения приложения на основе доступа в Интернет.

Масштабное использование технологии LTE (не менее 99%), а также функции агрегации частотных радиоканалов LTE CA, режима разнесения антенн MIMO и модуляции высокого порядка (64QAM и 256QAM) отмечено во всех сетях.

Различные комбинации современных технологий позволяют операторам оптимизировать эффективность использования ресурсов сети. В Приложении 2 для справки приводится распределение технологий, функций и характеристик радиопокрытия в исследуемых сетях.

Загрузка данных в Интернет (Uplink)

В Приложении 1 в таблице 3 приводятся показатели, используемые при расчете оценок.

Наилучшее значение показателя, характеризующего возможность успешно отправлять данные в Интернет отмечено в сети Теле2 — практически все сессии успешные (99,96%). Билайн уступает Теле2, но опережает МТС и МегаФон, МегаФон заметно уступает конкурентам по успешности сессий отправки данных в Интернет.

По скоростям загрузки данных в Интернет, Билайн значительно опережает конкурентов. В частности, значение 10-го перцентиля (10th percentile), зарегистрированное в сети Билайн, существенно (в два раза и более) превышает аналогичные значения, отмеченные в сетях конкурентов: 90% значений скоростей превышают 13,18 Мбит/с. Кроме того, Билайн демонстрирует наилучшие результаты по стабильности скоростей — доля значений ниже 0,6 Мбит/с не превышает 0,07%.

Диаграмма на рисунке 7 отражает распределение скоростей, характеризующих относительную продолжительность времени возможного использования различных типов сервисов и приложений на основе загрузки данных в направлении от абонентского устройства (Uplink).

Все операторы, кроме МегаФона, обеспечивают скорости выше 1,5 Мбит/с, необходимые для популярных услуг, включая видеозвонки и видеоконференции в формате HD, практически на всем маршруте движения (около 99%). По стабильности скоростей операторы Билайн, МТС и Теле2 также демонстрируют высокий результат: скорости ниже 100 Kbps не зарегистрированы.

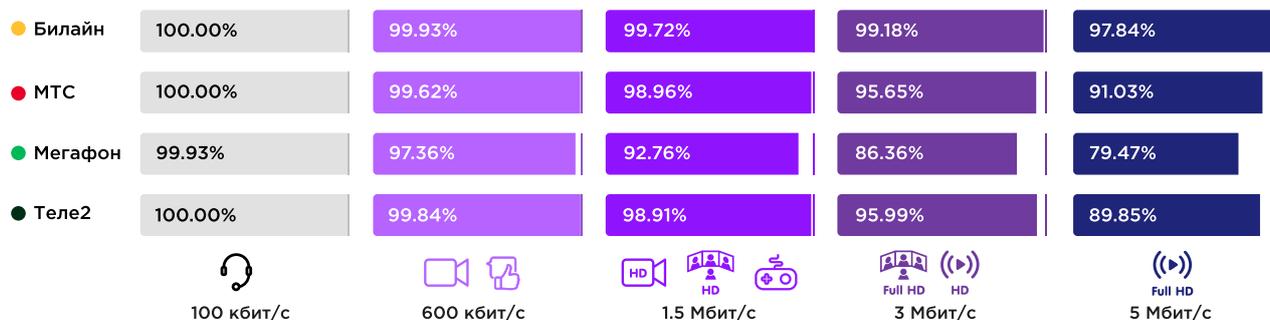


Рисунок 7. Распределение типов сервисов и скоростей (Uplink)

Выводы

870 / 1000

Билайн демонстрирует наилучшие результаты и занимает первую позицию в рейтинге оценок качества мобильной связи в Москве. Билайн сохраняет лидирующую позицию при заметном сокращении дистанции относительно МТС как по качеству телефонной связи, так и по качеству передачи данных, по сравнению с результатами исследования осенью 2021 года.



864 / 1000

МТС следует за Билайном, уступая лидеру по итоговой оценке. Оценки МТС как по качеству телефонной связи, так и по качеству передачи данных соответствуют второй позиции. МТС поднялся на вторую позицию по качеству телефонной связи в основном благодаря масштабному внедрению кодеков EVS SWB (24,4 кбит/с) для соединений на основе технологии VoLTE. Это значительно улучшило качество принимаемой речи в сети.



821 / 1000

Мегафон находится на третьей позиции в рейтинге. При этом отставание от МТС по качеству услуг голосовой связи составляет всего один балл. По качеству услуг передачи данных МегаФон заметно уступает конкурентам и находится на четвертой позиции. Значительное снижение единой итоговой оценки обусловлено отставанием по качеству услуг передачи данных.



803 / 1000

Теле2 занимает четвертую позицию по итоговой оценке. По качеству услуг передачи данных Теле2 поднялся на третью позицию, отставая от МТС всего на два балла и заметно опережая МегаФон. Уступая конкурентам в части высоких скоростей, Теле2 демонстрирует наилучшие показатели успешности обмена данными с Интернетом. Существенный вклад в снижение единой итоговой оценки вносит отставание по качеству услуг голосовой связи.



В сети каждого оператора существуют участки, на которых отмечено низкое качество услуг, включая отказы, обрывы и невозможность поговорить по телефону или обмениваться данными с помощью Интернета. Относительная протяженность таких участков, как правило, не превышает 1%. При этом фактическая общая протяженность проблемных участков, распределенных на маршруте, достигает 38 км.

В результате, на таких участках и прилегающих территориях для значительного количества абонентов возникают высокие риски заметного снижения качества услуг, вплоть до невозможности пользоваться связью. В условиях, когда нет альтернативных способов телефонной связи, на проблемных территориях у абонентов нет возможности оперативно и своевременно обратиться за помощью или вызвать экстренные и аварийные службы по телефону.

Наличие участков, на которых отмечено снижение качества сервисов передачи данных, указывает на высокие риски нарушений и отказов в работе с приложениями Интернета не только на маршруте движения, но и на прилегающих территориях. Современный абонент пользуется Интернетом для решения социальных, профессиональных или бытовых задач практически в любом месте в любое время. Кроме того, в настоящее время отмечается рост популярности просмотра потокового видео, включая YouTube. В результате ограничения в работе популярных приложений Интернета могут приводить к разочарованию в качестве услуг и существенному снижению трафика.

Сохранение и улучшение качества связи, а также совершенствование технологий значительно усложняется в условиях действующих санкционных ограничений со стороны поставщиков оборудования и зависит от имеющихся резервов и возможности разработки и/или внедрения альтернативных решений. Исследование с помощью драйв-тестов позволяет определять наличие и локализацию проблемных участков сети для поиска эффективного решения на основе доступных ресурсов. На основе результатов такого исследования операторы при необходимости могут планировать действия по совместному использованию сетевого оборудования, а также по рациональному применению ресурсов совместно с участниками процессов, обеспечивающих работу сервисов ОТТ.



Кратко о технологии выполнения тестов

Сравнительная оценка выполнена на основе анализа результатов драйв-теста, протяженность маршрута которого составляет около 3818 км. Маршрут драйв-теста охватывает важную часть автомобильных дорог и территорий социально значимых объектов города Москвы.

Важно принимать во внимание, что полученные результаты отражают технические возможности сетей, зарегистрированные, на маршруте драйв-теста в период выполнения работ.

Для измерений и тестов использовались тестовые устройства на основе самых современных моделей типовых абонентских телефонов в составе программно-аппаратного комплекса Nemo Invex II (см. рис. 8) производства компании Keysight Technologies. Контроль характеристик качества услуг голосовой связи выполнен с помощью смартфонов Samsung Galaxy S8. Тестирование услуг связи на основе доступа к ресурсам Интернета выполнено с помощью смартфонов Sony Xperia 1. Тестовые устройства обеспечивают корректные результаты с учетом всех современных технологий и функций (включая DC-HSPA, LTE, LTE 2CC/3CC/4CC, VoLTE, MIMO 2x2, MIMO 4x4), реализованных в сети каждого оператора в период проведения работ. В процессе исследования тестовые телефоны находились в режиме свободного выбора технологии 2G, 3G или 4G.

При движении по маршруту драйв-теста выполнено около 4200 повторяющихся голосовых соединений типа «мобильный — мобильный» длительностью 120 секунд, а также около 4300 сессий загрузки данных и воспроизведения видеоклипа с ресурса YouTube одновременно в сети каждого оператора. Каждая сессия загрузки данных включает серию тестов загрузки файла (Downlink и Uplink) фиксированной длительности (FDTT, см. ETSI TR 102678)



Рисунок 8. Измерительный комплекс Nemo Invex II, установленный в автомобиле.

и «эталонной» web-страницы (Kepler Web Reference Page, см. ETSI TR 102505).

Для объективности оценки качества телефонной связи в реальном времени автоматически сравнивались принятый и исходный образцы речи (формат SWB) с помощью алгоритма [POLQA v3](#) (ITU-T P.863 и P.863.1). Для автоматизированной оценки качества потокового видео в реальном времени использовался алгоритм [PEVQ-S](#) (ITU-T J.343.5) на основе сравнения принятого и опорного образцов видео (Full Reference). Такой подход обеспечивает наилучший результат в части точности оценки, поскольку позволяет получать оценки наиболее близкие к результатам субъективных тестов с участием экспертов.

Для справки приводятся соответствие типов сервисов пороговым значениям скоростей, необходимых для стабильной (без прерываний) загрузки принимаемого контента со стороны Интернета (HTTP DL):

0.3 Мбит/с — обмен текстовыми сообщениями в мессенджерах, совершение аудио и видеозвонков в мессенджерах, определение географического местоположения и навигация, прослушивание онлайн музыки;

1 Мбит/с — обмен данными в социальных сетях, просмотр видео в формате 360p, просмотр WEB-страниц;

2 Мбит/с — просмотр видео в формате 480p, совершение групповых видеозвонков в мессенджерах, онлайн игры;

4 Мбит/с — просмотр видео высокого качества в формате 720p (HD), групповые видеоконференции;

8 Мбит/с — просмотр видео высокого качества в формате 1080p (Full HD).

Соответствие типов сервисов пороговым значениям скоростей доставки контента от абонента в направлении Интернета (HTTP UL):

0.1 Мбит/с — аудиозвонки через OTT и системы конференц-связи;

0.6 Мбит/с — социальные сети, видеозвонки (SD качество) или видеоконференция 1:1;

1.5 Мбит/с — видеозвонки (HD качество), групповые видеоконференции (HD качество), онлайн игры и прямые трансляции (высокое качество);

3 Мбит/с — групповые видеоконференции (Full HD качество) и прямые трансляции (HD качество);

5 Мбит/с — прямые трансляции в Full HD формате.

Показатели качества

Ниже в таблицах приводятся значения показателей качества услуг (KPI), на основе которых выполнен расчет интегральных оценок. В таблицах используются оригинальные названия показателей качества сети и услуг на английском

языке, применяемые на практике и в специальной литературе, включая технические спецификации ETSI и документы ITU. Для справки приводятся также соответствующие эквивалентные названия на русском языке.

Таблица 1.
Показатели качества услуг голосовой связи

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Telephony Service Non-Accessibility, %	Доля отказов при установлении голосовых соединений, %	0.22	0.44	0.39	0.41
Cut-off Call Ratio, %	Доля обрывов установленных голосовых соединений, %	0.37	0.49	0.39	0.03
Telephony Speech Quality on Sample Basis < 1,5 [MOS], %	Доля оценок качества образца речи < 1,5 [MOS], %	1.03	0.52	0.41	0.96
Telephony Speech Quality on Sample Basis, Avg [MOS]	Оценка качества образца речи, среднее значение, [MOS]	4.44	4.51	4.56	3.71
Telephony Speech Quality on Sample Basis, P10, [MOS]	Оценка качества образца речи, нижняя дециль, [MOS]	4.01	4.19	4.36	3.30
Telephony Setup Time, s	Время установления соединения, среднее значение, сек.	2.96	2.57	3.45	8.23
Telephony Setup Time P90, s	Время установления соединения, верхняя дециль, сек.	3.38	3.27	3.91	9.61

Таблица 2.
Показатели качества услуг передачи данных DL

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
YouTube Video					
Video Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий воспроизведения видео, %	98.90	98.36	97.86	99.71
Video MOS, P10, [MOS]	Оценка качества видео, нижняя дециль, [MOS]	3.94	4.16	4.14	3.94
HD/Full HD Resolution Ratio, %	Доля времени воспроизведения видео высокой четкости в форматах HD и Full HD, %	77.95	82.68	81.37	80.19
Freeze Free Video Session Ratio, %	Доля сессий воспроизведения видео без "замираний", %	99.31	99.41	97.93	99.64
Average Video Access Time, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, среднее значение, сек.	3.02	2.61	2.80	2.88
Average Video Access Time, P90, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, верхняя дециль, сек.	3.54	2.88	3.19	3.44
HTTP Data DL					
HTTP DL Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки данных с сервера HTTP, %	99.30	99.44	99.22	99.55
HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, Мбит/с	47.53	63.52	49.00	32.88
HTTP Mean User Data Rate DL < 1 Mbps, %	Доля значений скоростей загрузки данных с сервера HTTP < 1 Мбит/с, %	0.12	0.13	1.15	0.07
10th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	13.76	15.91	7.50	10.19
90th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	88.64	126.69	94.23	60.37
WEB Browsing					
WEB Browsing Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки WEB-страницы, %	99.95	100.00	99.98	100.00
WEB Browsing Session Time, s	Время загрузки WEB-страницы, среднее значение, сек.	2.64	1.80	1.97	1.73
WEB Browsing Session Time, P90, s	Время загрузки WEB-страницы, верхняя дециль, сек.	3.60	1.95	2.50	1.79

Таблица 3.
Показатели качества услуг передачи данных UL

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
HTTP UL Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки данных на сервер HTTP, %	99.67	99.22	98.28	99.96
HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, Мбит/с	37.10	34.99	22.39	16.84
HTTP Mean User Data Rate UL < 0,6 Mbps, %	Доля значений скоростей загрузки данных на сервер HTTP < 0,6 Мбит/с, %	0.07	0.38	2.64	0.16
10th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	13.18	5.51	2.09	4.88
90th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	69.47	58.23	51.50	29.70

Технические характеристики

В таблицах 1-3 приводятся распределения технологий и речевых кодеков, зарегистрированных тестовыми устройствами в активном режиме во время голосового соединения, а также характеристики радиопокрытия в сети 4G.

Таблица 1.
Распределение сервирующих технологий

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
GSM 1800, %	0.28	0.26	0.38	0
GSM 900, %	0.03	0.04	0.03	0
UMTS 2100, %	0.05	0.6	0.49	100
UMTS 900, %	1.32	0.15	0.08	0
LTE 800, %	2.53	0.02	2.67	0
LTE 1800, %	76.87	88.5	22.59	0
LTE 2100, %	10.67	1.38	0	0
LTE 2600, %	8.25	7.14	73.76	0
LTE 2600 (TDD), %	0	1.91	0	0

Таблица 3.
Распределение характеристик радиопокрытия в сети 4G

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Serving RSRP				
Average, dBm	-86.06	-84.4	-91.1	-85.54
X < -115, %	0.11	0.06	0.24	0.16
-115 ≤ X < -105, %	3.67	1.63	6.53	2.32
-105 ≤ X < -95, %	14.05	8.51	25.17	12.63
-95 ≤ X < -80, %	51.11	56.16	55.82	55.08
-80 ≤ X, %	31.06	33.64	12.24	29.81
Serving SINR				
Average, dB	3.45	3.55	9.27	5.79
X < 0, %	31.31	29.54	9.37	24.72
0 ≤ X < 5, %	28.68	30.76	20.79	21.12
5 ≤ X < 10, %	20.65	21.74	23.41	21.41
10 ≤ X < 20, %	17.72	16.62	36.41	27.28
20 ≤ X, %	1.64	1.34	10.02	5.47

В таблицах 4-9 приводится распределение технологий, функций, режимов и характеристик радиопокрытия, зарегистрированных тестовыми устройствами при передаче данных.

Таблица 2.
Распределение речевых кодеков

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
4G (VoLTE)				
EVS, %	98.98	99.42	99.71	-
AMR WB, %	1.02	0.44	0.27	-
AMR NB, %	0	0.14	0.02	-
3G				
AMR WB, %	2.53	0.02	2.67	0
AMR NB, %	76.87	88.5	22.59	0
2G				
FR, %	0	0	5.99	-
EFR, %	0.37	0	0	-
AMR NB, %	20.06	18.75	16.7	-
AMR WB, %	79.57	81.25	77.31	-

Таблица 4.
Распределение сервирующих технологий

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
GSM 1800, %	0.05	0.01	0.09	0
GSM 900, %	0.02	0	0.04	0
UMTS 2100, %	0	0.75	0.48	0.29
UMTS 900, %	0.1	0.17	0.44	0
LTE 800, %	0.34	0.06	9.46	24.99
LTE 1800, %	85.11	81.88	46.33	0
LTE 2100, %	11.13	3.2	0	29
LTE 2600, %	3.25	7.86	43.04	43.57
LTE 2600 (TDD), %	0	6.07	0.12	2.15

Таблица 5.
Распределение режимов агрегации частот

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Non-CA LTE 800, %	0.14	0.01	1.7	2
Non-CA LTE 1800, %	5.21	14.1	11.36	0
Non-CA LTE 2100, %	0.29	0.03	0	4.31
Non-CA LTE 2600, %	0.39	1.03	2.96	12.78
Non-CA LTE 2600 (TDD), %	0	6.03	0.12	1.89
LTE 2CC	19.5	21.53	7.17	49.31
LTE 3CC	74.29	55.03	64.25	29.71
LTE 4CC	0.18	2.24	12.44	0

Таблица 17.
Распределение типов модуляции UL во время теста HTTP UL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
QPSK, %	3.73	5.47	34.76	3.32
16QAM, %	14.76	21.56	37.21	10.31
64QAM, %	81.51	72.97	28.03	86.37

Таблица 9.
Распределение характеристик радиопокрытия в сети 4G

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Serving RSRP				
Average, dBm	-83.52	-83.09	-89.1	-84.58
X < -115, %	0.55	0.13	0.29	0.23
-115 ≤ X < -105, %	4.3	2.42	6.96	3.38
-105 ≤ X < -95, %	11.62	10.04	23.13	13.11
-95 ≤ X < -80, %	39.88	45.78	48.52	48.7
-80 ≤ X, %	43.65	41.63	21.1	34.58
Serving SINR				
Average, dB	5.83	5.86	10.56	8.27
X < 0, %	20.97	19.57	6.15	12.04
0 ≤ X < 5, %	27.06	27.81	17.24	22.41
5 ≤ X < 10, %	24.91	26.35	24.74	25.69
10 ≤ X < 20, %	24.03	23.88	41.52	34.59
20 ≤ X, %	3.03	2.39	10.35	5.27

Таблица 6.
Распределение типов модуляции DL во время теста HTTP DL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
QPSK, %	7.29	8.73	11	7.27
16QAM, %	23.41	25.01	25.43	24.47
64QAM, %	50.60	51.24	55.49	48.43
256QAM, %	18.71	15.02	8.07	19.83

Таблица 8.
Распределение режимов работы MIMO во время теста HTTP DL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
MIMO not used, %	18.34	16.24	26.9	34.67
MIMO 2x2, %	70.53	74.78	72.61	60.87
MIMO 4x4, %	11.13	8.98	0.49	4.46

Порядок расчета единой интегральной оценки

Расчет единой оценки в баллах включает последовательные действия по взвешиванию и агрегации показателей (метрик) для разных типов сервисов и категорий услуг. Рекомендации по процедуре расчета оценок на разных уровнях агрегации приводятся в [отчете ETSI TR 103 559](#).

В качестве исходных данных используются совокупности показателей (KPI – Key Performance Indicator), которые объединяются в группы в соответствии с типами тестов. Показатели составляют первый или начальный уровень агрегации.

Каждый показатель KPI нормируется и взвешивается для последующего суммирования. Полученные интегральные оценки, рассчитанные для каждого типа теста (сервиса), объединяются в группы в соответствии с категориями услуг мобильной связи и затем используются для расчета единой итоговой оценки.

Для каждой услуги разрабатываются сценарии, реализующие автоматическое повторение тестов. В состав сценария обычно входят разные типы тестов, имитирующих характерное поведение абонента, например голосовая связь, просмотр видео, отправка данных в Интернет, загрузка данных из Интернета и др.

На рисунке ниже для наглядности приводится схема агрегации показателей и оценок, используемых в данном исследовании, с указанием весовых коэффициентов для разных типов сервисов.

