

Качество мобильной связи в Санкт-Петербурге

Август 2022



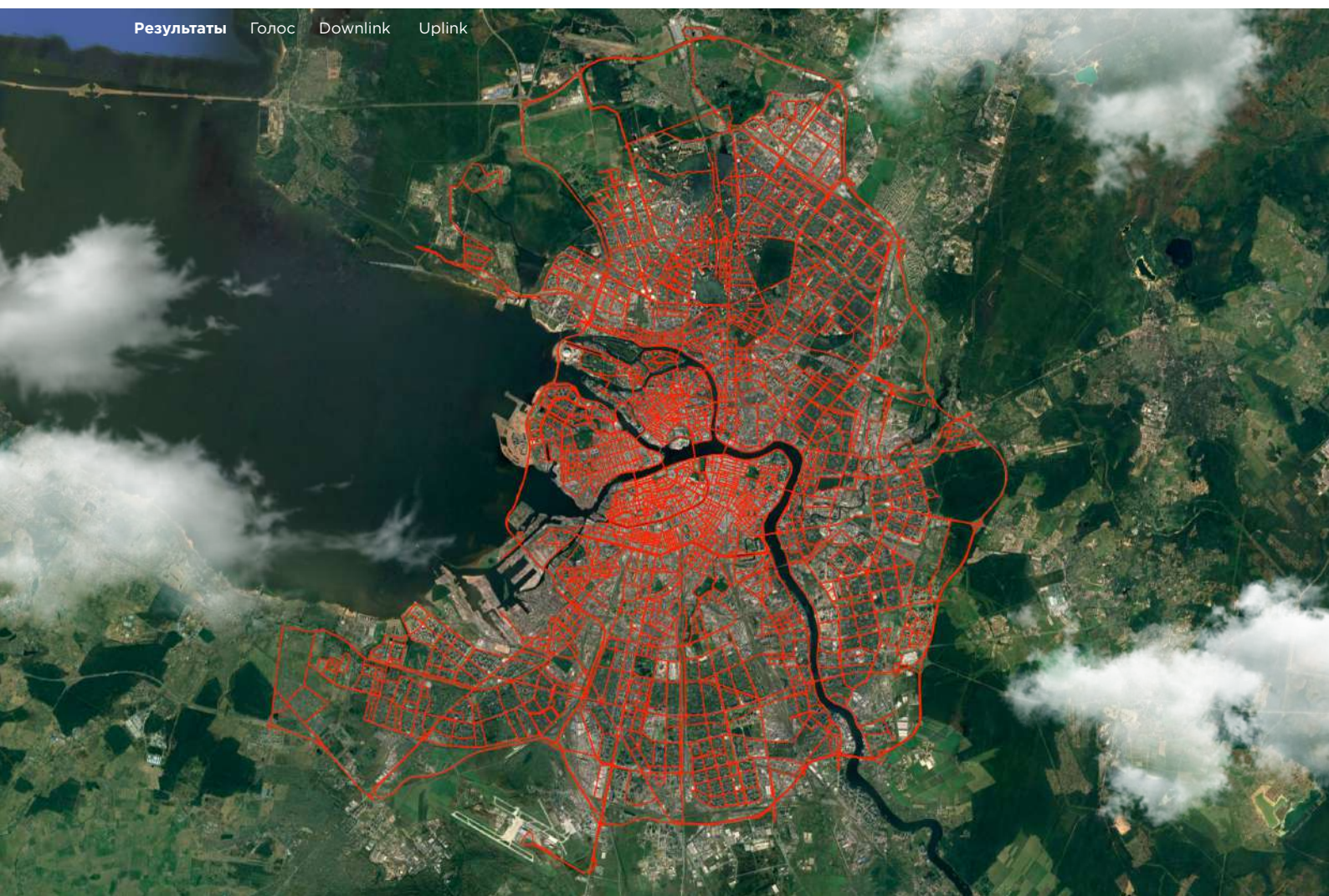


Рисунок 1
Карта маршрута

Санкт-Петербург входит в тройку самых популярных туристических городов России. Большой приток туристов увеличивает нагрузку на сети мобильной связи и приводит к необходимости прилагать дополнительные усилия для сохранения и улучшения качества услуг. Поддержание и повышение комфорта привычной пользовательской среды особенно важно на фоне широкого распространения различных мобильных приложений для путешественников, дистанционных государственных и банковских услуг.

Компания DMTEL публикует результаты очередного исследования, которое впервые проведено на территории Санкт-Петербурга. Масштабное исследование позволяет оценить качество услуг, предоставляемых абонентам в период летних отпусков в Северной столице. Этот год отличается от предыдущих существенным увеличением внутреннего туристического потока и санкционными ограничениями со стороны поставщиков сетевого оборудования.

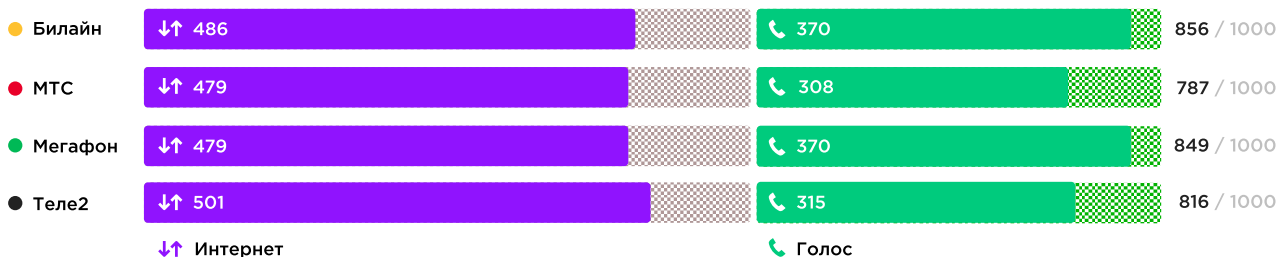
Комплексная оценка и сравнение характеристик качества услуг мобильной связи выполнены в период с 25 июля по 18 августа 2022 г. на маршруте протяженностью около 2 820 км (см. рисунок 1).

Для количественной оценки качества используются показатели, объективно отражающие возможность успешно пользоваться услугами мобильной связи: доступность, надежность и качество коммуникации. На основе таких показателей рассчитываются единые интегральные оценки, которые отражают относительные позиции операторов (рейтинги). Для наглядности по

отдельности приводятся рейтинги на основе интегральных оценок для услуг голосовой связи и услуг мобильного доступа в Интернет.

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

Рисунок 2
Распределение итоговых интегральных оценок качества услуг связи



билайн

Билайн демонстрирует наилучшие результаты и занимает первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи в Санкт-Петербурге. По качеству телефонной связи Билайн разделяет первую позицию с МегаФоном. Оценка качества передачи данных в сети Билайн ниже, чем в сети Теле2 и соответствует второй позиции.



МЕГАФОН

МегаФон следует за Билайном и находится на второй позиции в рейтинге итоговых оценок. При этом МегаФон разделяет первую позицию с Билайном по качеству услуг голосовой связи. По качеству услуг передачи данных МегаФон и МТС разделяют третью, нижнюю позицию. Существенный вклад в снижение итоговой оценки вносит отставание по качеству услуг передачи данных.



TELE2

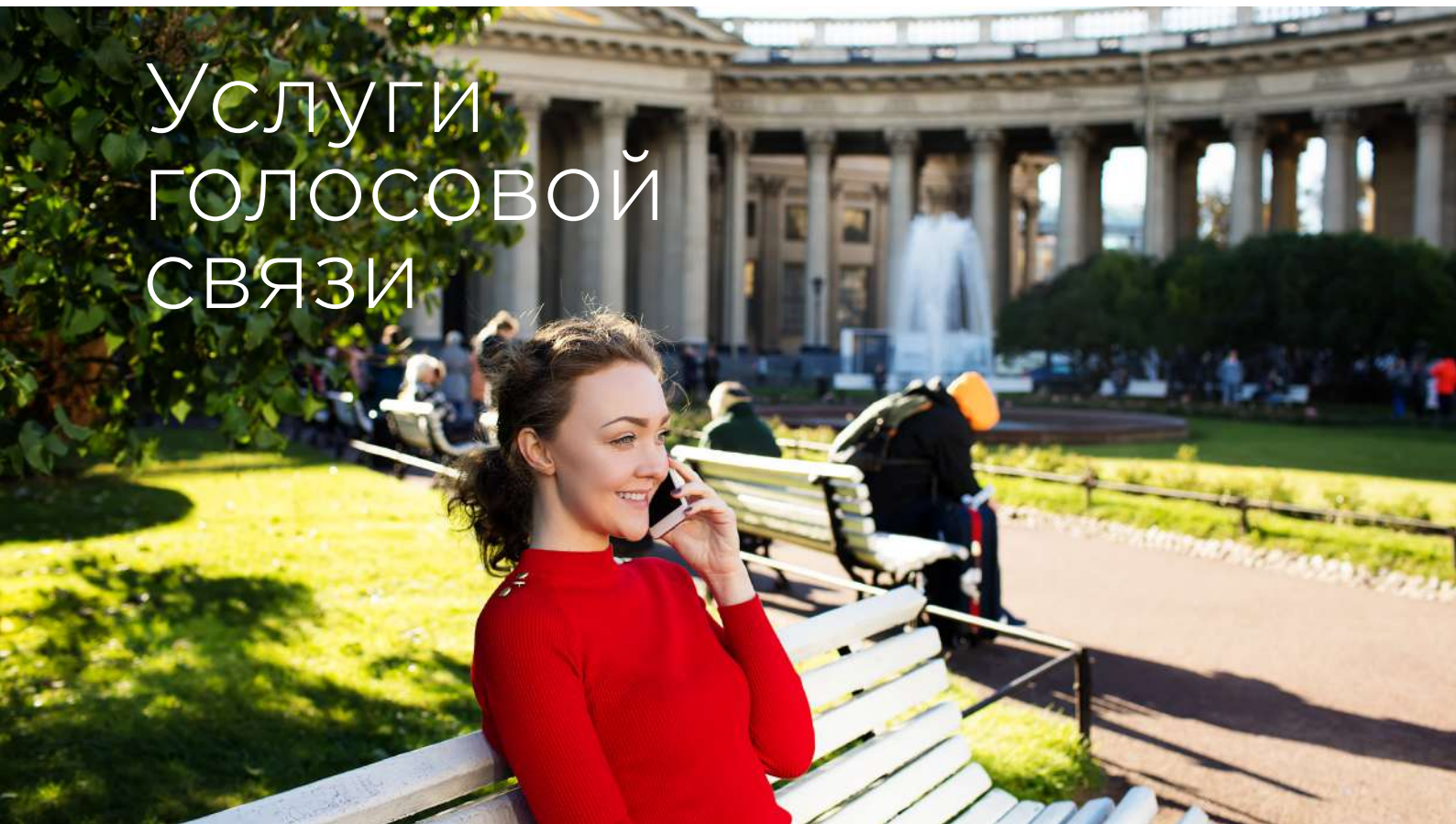
Теле2 занимает третью позицию по итоговой оценке. По качеству услуг передачи данных Теле2 заметно опережает конкурентов и находится на первой позиции. Оценка качества голосовой связи в сети Теле2 соответствует второй позиции. Отставание по качеству телефонной связи приводит к значительному снижению единой итоговой оценки.



МТС

МТС находится на четвертой позиции в рейтинге. По качеству передачи данных МТС разделяет третью позицию с МегаФоном. Оценка МТС по качеству телефонной связи также соответствует третьей, замыкающей позиции.

Услуги ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ



Интегральная оценка качества услуг голосовой связи характеризует 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

Билайн и МегаФон демонстрируют наилучший результат и разделяют первую позицию по качеству телефонной связи. Теле2 уступает лидерам, но заметно опережает МТС. МТС существенно уступает конкурентам и находится на третьей позиции по качеству услуг голосовой связи.

В Приложении 1 в таблице 1 приводятся список и значения показателей, на основе которых оценивается качество услуг телефонной связи.

Диаграммы на рисунке 4 дополняют картину в части распределения оценок качества речи на маршруте драйв-теста. Диаграммы отражают распределение градаций качества принимаемой речи, характеризующих степень удовлет-

воренности абонентов и относительную протяженность соответствующих участков маршрута. В Приложении 1 приводится перечень градаций экспертных оценок воспринимаемого качества речи, которые характеризуют степени удовлетворенности абонентов.

Важно учитывать, что на качество речи, передаваемой по каналу связи, существенное влияние оказывают технология (2G, 3G, 4G (VoLTE)), тип и скорость речевого кодека, которые используются для голосовых соединений, с учетом качества радиопокрытия. Скорость и тип используемого кодека (HR, FR, EFR, AMR FR, AMR HR, AMR WB, EVS) определяют качество принимаемой речи и назначаются в зависимости от качества соединения и текущей нагрузки сети. При увеличении скорости кодека качество речи улучшается.

Применение аудиокодеков высокой четкости HD+ (EVS) для звонков в сетях 4G (VoLTE) поднимает качество звука на принципиально новый уровень и позволяет сохранять в современных сетях натуральность и тембр голоса собеседника.

Масштабное использование технологии VoLTE и современного кодека EVS SWB (24.4 кбит/с) отмечено только в сетях МегаФон и Билайн: голосовые вызовы реализованы на основе технологии VoLTE и современного кодека EVS SWB (24.4 кбит/с) почти непрерывно на всем маршруте исследования (не менее 96%). В сети МТС относительная протяженность участков, на которых используются технология VoLTE и кодек EVS SWB

(24.4 кбит/с) примерно в три раза меньше — около 26%. В сети Теле2 технология VoLTE не зарегистрирована, голосовые соединения реализуются в сети 3G на основе широкополосных кодеков AMR WB 12.65 практически на всем маршруте (около 98%).

В сетях Билайн и Мегафон зарегистрированы практически одинаковые значения показателей, характеризующих доступность (доля отказов) и надежность (доля обрывов) голосовых соединений. Кроме того, МегаФон и Билайн демонстрируют близкие результаты по доле оценок «отлично» (87% и 86% соответственно) и значительно опережают конкурентов по качеству речи. При этом Мегафон опережает Билайн по доле оценок «неприемлемо» (0.69% и 1.09% соответственно). Важно отметить, что оба оператора обеспечивают высокое качество речи на значительной части маршрута: 90% значений оценок не ниже 4.12 MOS (нижняя дециль, 10th percentile). По показателям, характеризующим время установления соединения, Билайн опережает Мегафон.

Теле2 уступает лидерам по совокупности показателей. При этом, несмотря на вторую позицию, Теле2 демонстрирует наилучшие результаты и заметно опережает конкурентов по доступности и надежности голосовых соединений. В частности, в сети Теле2 доли отказов и обрывов примерно в два раза меньше, чем в сетях МегаФон и Билайн. По сравнению с МТС в сети Теле2 доля отказов в 4 раза меньше, а доля обрывов — в 3 раза.

Относительно качества речи: в сети Теле2 преобладают оценки «хорошо» (85.64%), оценки «неприемлемо» практически отсутствуют (0.08%), а оценки «отлично» не зарегистрированы. Кроме того, в сети Теле2 относительная протяженность участков, на которых качество речи ниже оценки «неприемлемо» многократно меньше (в 8 раз и более), чем в сетях конкурентов. Снижение интегральной оценки обусловлено заметным отставанием Теле2 от лидеров в части показателей качества речи и времени установления соединения.

С учетом наилучших результатов по доступности и надежности соединений, Теле2 обеспечивает абонентам возможность успешно дозвониться и комфортно поговорить по телефону при наименьших рисках обрывов и искажений речи, препятствующих продолжению разговора.

МТС заметно уступает конкурентам по доступности и надежности соединений, а также по качеству речи. В частности, в сети МТС отмечены наибольшие доли оценок «неприемлемо» (1.72%) и «плохо» (4.41%), а доля оценок «отлично» составляет около 22.28%. По характеристикам скорости установления соединения МТС незначительно уступает только Билайну.

В Приложении 2 для справки приводится распределение технологий, кодеков и характеристик радиопокрытия в исследуемых сетях.

Важно отметить, что по совокупности показателей, характеризующих распределение уровня и качества принимаемого радиосигнала обслуживающего канала в сети 4G на маршруте драйв-теста наилучший результат демонстрирует МегаФон, Билайн незначительно отстает, но заметно опережает МТС. В сети Теле2 все голосовые соединения реализованы на основе технологии 3G.

Интегральные оценки качества телефонной связи в баллах отражают в целом относительные позиции сетей операторов в части возможности быстро и успешно дозвониться и поговорить по телефону: наилучший результат демонстрируют Билайн и МегаФон, Теле2 уступает лидерам, но опережает МТС.

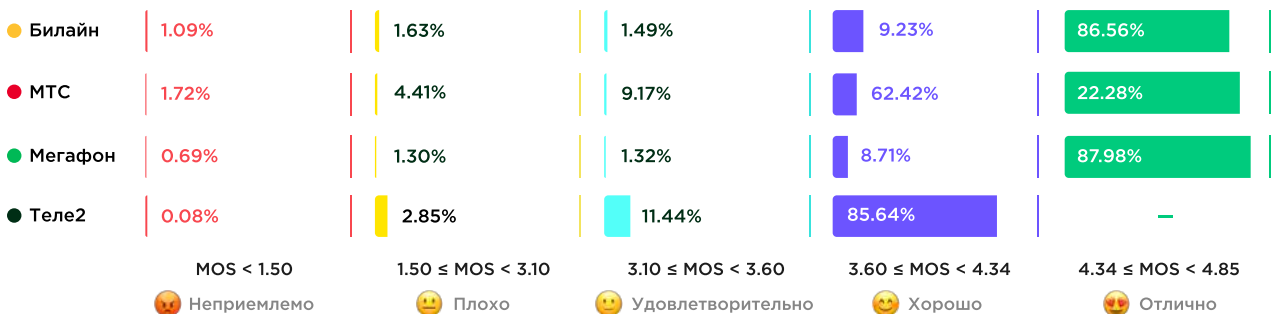


Рисунок 4
Распределение градаций качества принимаемой речи

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

Наилучший результат демонстрирует Теле2. Билайн заметно уступает лидеру и находится на второй позиции. МегаФон и МТС отстают от конкурентов и разделяют третью, нижнюю позицию в итоговой оценке.

Теле2 лидирует и опережает конкурентов по всем сервисам, кроме передачи данных со стороны Интернета (HTTP DL). Оценка качества сервиса HTTP DL в сети Теле2 соответствует второй позиции (на один балл меньше, чем у Билайна).

Билайн демонстрирует наилучший результат по качеству сервиса HTTP DL и находится на второй позиции по качеству сервисов воспроизведения видео с ресурса YouTube. Оценка качества сервиса передачи данных в направлении Интернета (HTTP UL) в сети Билайн меньше, чем в сети МегаФон и соответствует третьей позиции. В сети Билайн отмечена наименьшая оценка качества сервиса загрузки web-страницы (WEB Browsing).

В сети МТС преобладает третья позиция (YouTube, HTTP DL и WEB Browsing). По качеству сервиса HTTP UL МТС уступает конкурентам.

Мегафон находится на второй позиции по качеству сервисов HTTP UL и WEB Browsing, но уступает конкурентам по качеству сервисов YouTube и HTTP DL.

Итоговые значения интегральных оценок качества услуг передачи данных в сетях МегаФон и МТС совпадают и соответствуют третьей позиции.

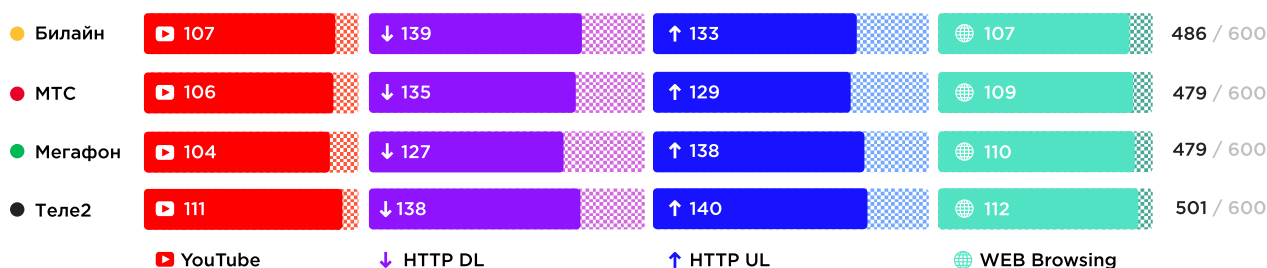
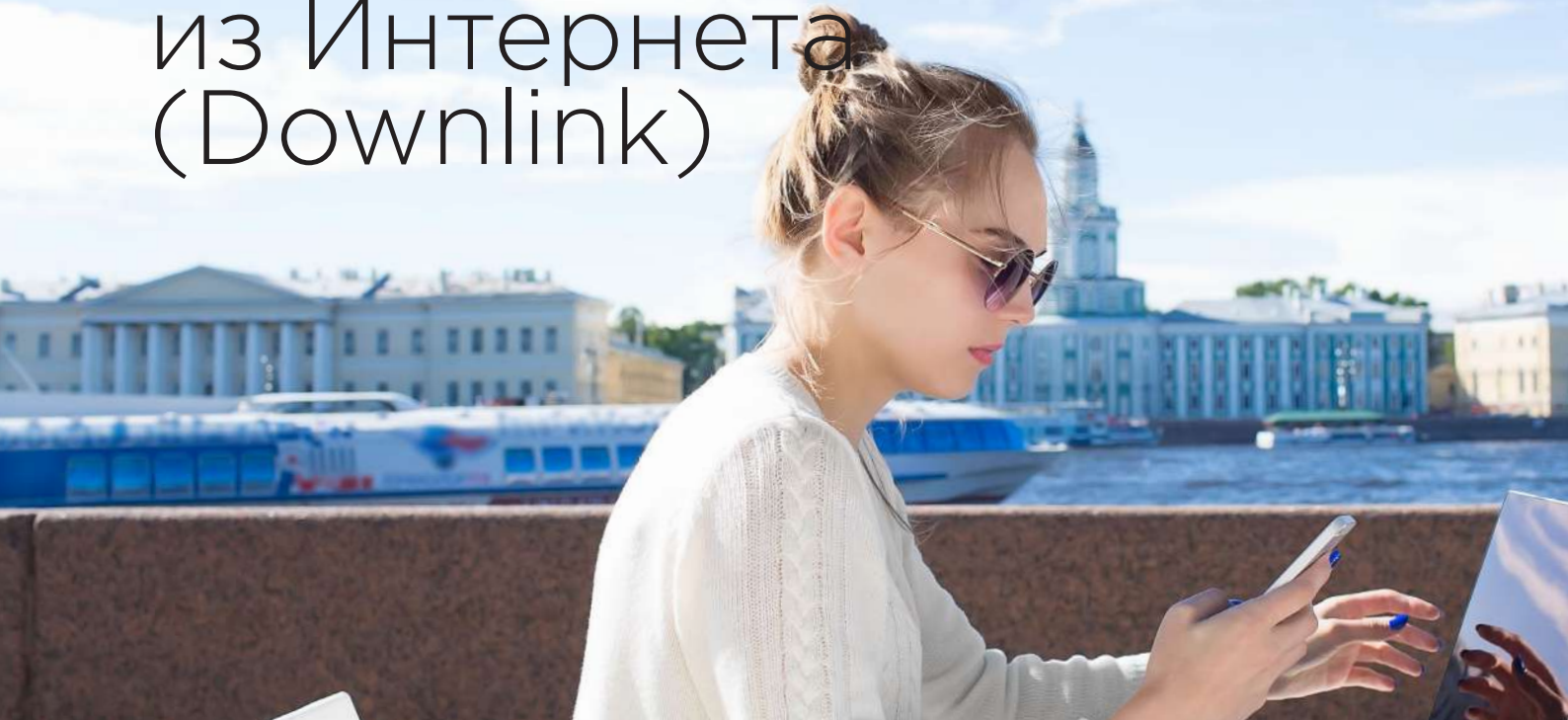


Рисунок 5
Распределение итоговых оценок качества различных сервисов передачи данных

Загрузка данных из Интернета (Downlink)



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

Диаграмма на рисунке 6 наглядно отражает скоростные характеристики и возможность 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.

По скоростным характеристикам загрузки данных из Интернета Теле2 и Билайн демонстрируют близкие результаты и заметно опережают конкурентов: 90% значений скоростей (10th percentile) больше 13 Мбит/с и 14 Мбит/с соот-

ветственно. Кроме того, доля скоростей ниже 8 Мбит/с в сетях Теле2 и Билайн составляет менее 5%. При этом по непрерывности распределения скоростей Теле2 демонстрирует наилучший результат: скорости ниже 300 кбит/с на маршруте не зарегистрированы. В сети Билайн доля скоростей ниже 300 кбит/с составляет 0.03%.

МТС опережает МегаФон по скоростным характеристикам, включая непрерывность. Кроме того, доля скоростей ниже 8 Мбит/с в сети МТС составляет около 7%, а в сети МегаФон — около 11%. Доли скоростей ниже 300 кбит/с в сетях МТС и МегаФон составляют 0.03% и 0.12% соответственно.

Наилучшие значения показателей успешности тестовых сессий для всех типов сервисов загрузки данных из Интернета демонстрирует Теле2 (минимальное значение — 99.91%), при этом не-

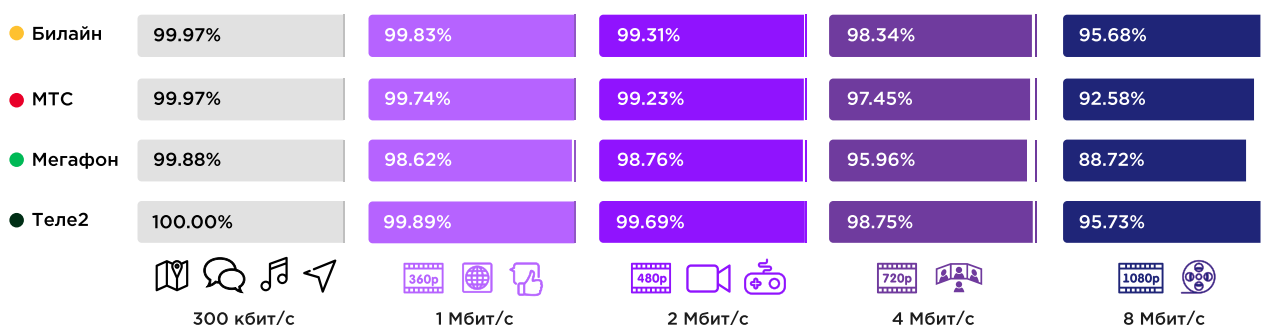


Рисунок 6
Распределение типов сервисов и скоростей (Downlink)

успешные сессии загрузки web-страницы на маршруте драйв-теста на зарегистрированы.

Билайн опережает МТС и МегаФон по успешности воспроизведения видео. В части успешности загрузки данных из стороны Интернета (HTTP DL) Билайн незначительно уступает МегаФону, но заметно опережает МТС. По успешности сессий загрузки web-страницы Билайн уступает МТС, но опережает МегаФон.

Преимущества сети Теле2 в части качества сервисов воспроизведения видео с ресурса YouTube и загрузки web-страницы в сети Теле2 обусловлены преобладанием высоких скоростей и непрерывных сессий передачи данных. Провалы скорости значительно увеличивают риски нарушений в работе и неуспешного завершения приложения на основе доступа в Интернет.

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. Кроме того, Теле2 опережает конкурентов по доле видео высокого разрешения и оценкам качества потокового видео по шкале MOS.

В результате по совокупности фактических значений показателей, характеризующих возможность успешно пользоваться качественными услугами загрузки данных из Интернета Теле2 демонстрирует наилучшие результаты. Билайн уступает Теле2, но опережает МТС и МегаФон.

В целом 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 95%.

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.

В части предельных скоростей Билайн опережает конкурентов: доля значений выше 115 Мбит/с составляет 10% (верхняя дециль, 90th percentile). Теле2 и МТС демонстрируют близкие значения верхней децили (около 96 Мбит/с и 98 Мбит/с соответственно) и уступают Билайну. МегаФон заметно отстает от конкурентов: 10% значений скоростей превышает 83 Мбит/с.

Преобладание высоких скоростей в сетях снижает риски ухудшения качества сервиса передачи данных при увеличении количества пользователей аналогичными услугами и является важным преимуществом. Однако такое преимущество реализуется, если на соответствующих участках сети оператора обеспечиваются все условия, необходимые для успешной загрузки контента из Интернета.

В целом в сетях всех операторов успешность загрузки контента с ресурса Интернета составляет не менее 99%. Кроме того, среди показателей времени доступа к ресурсу, а также времени загрузки контента преобладают значения, достаточные для успешной работы с онлайн приложениями.

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 имеющихся 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.

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).

По скоростным характеристикам, включая непрерывность, Теле2 демонстрирует наилучшие результаты. В частности, 90% значений скоростей (10th percentile) больше 7 Мбит/с, а доля скоростей ниже 5 Мбит/с в сети Теле2 составляет менее 5%. Кроме того, в сети Теле2 доля скоростей ниже 600 кбит/с составляет 0.14%, а скорости ниже 100 кбит/с не зарегистрированы. При этом в части, успешности сессий передачи данных в направлении Интернета (HTTP UL) Теле2 также опережает конкурентов: неуспешные сессии не зарегистрированы.

По совокупности показателей качества сервиса HTTP UL МегаФон уступает Теле2, но заметно опережает Билайн. МТС отстает от конкурентов практически по всем характеристикам качества сервиса HTTP UL.

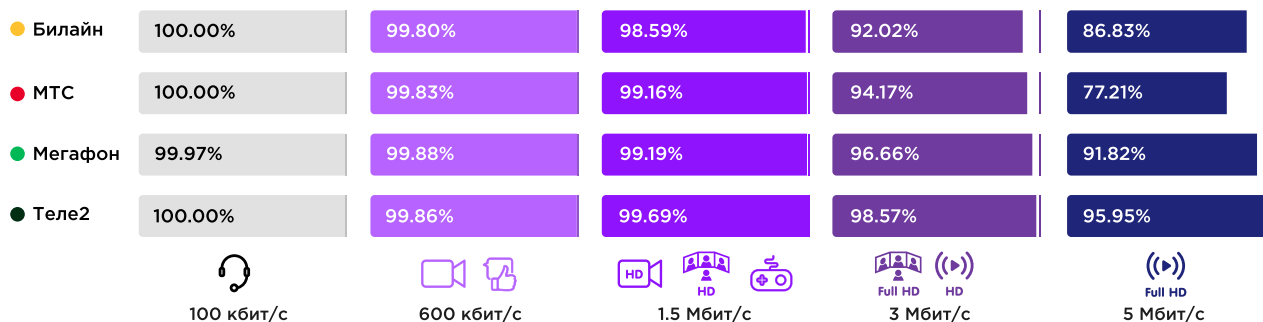


Рисунок 7
Распределение типов сервисов и скоростей (Uplink)

Выводы



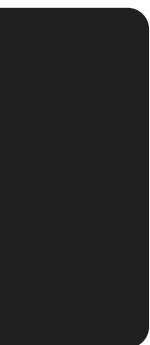
856 / 1000

Билайн занимает первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи в Санкт-Петербурге. При этом Билайн и МегаФон демонстрируют одинаковые оценки и разделяют первую позицию по качеству телефонной связи. По качеству передачи данных Билайн уступает Теле2 и находится на второй позиции, что не приводит к существенному снижению общей оценки и позволяет сохранить первую позицию в рейтинге.



849 / 1000

МегаФон следует за Билайном уступая лидеру по итоговой оценке. По качеству услуг голосовой связи оценки в сетях МегаФон и Билайн совпадают и соответствуют первой позиции. По качеству услуг передачи данных в сетях МегаФон и МТС отмечены одинаковые оценки, соответствующие третьей позиции. Заметный вклад в снижение итоговой оценки вносит отставание по качеству услуг передачи данных.



816 / 1000

Теле2 находится на третьей позиции в рейтинге. По качеству услуг передачи данных Теле2 заметно опережает конкурентов и находится на первой позиции. Оценка качества голосовой связи в сети Теле2 соответствует второй позиции. Смещение на третью позицию в рейтинге обусловлено заметным снижением оценки качества голосовой связи. При этом в сети Теле2 отмечены наилучшие показатели доступности и надежности соединений, при наименьших рисках искажений речи, препятствующих продолжению разговора. Существенный вклад в снижение интегральной оценки вносит отставание по качеству речи и времени установления соединения.



787 / 1000

МТС занимает четвертую позицию в рейтинге. По качеству передачи данных МТС разделяет с МегаФоном третью, нижнюю позицию рейтинга. Оценка МТС по качеству телефонной связи также соответствует третьей позиции.

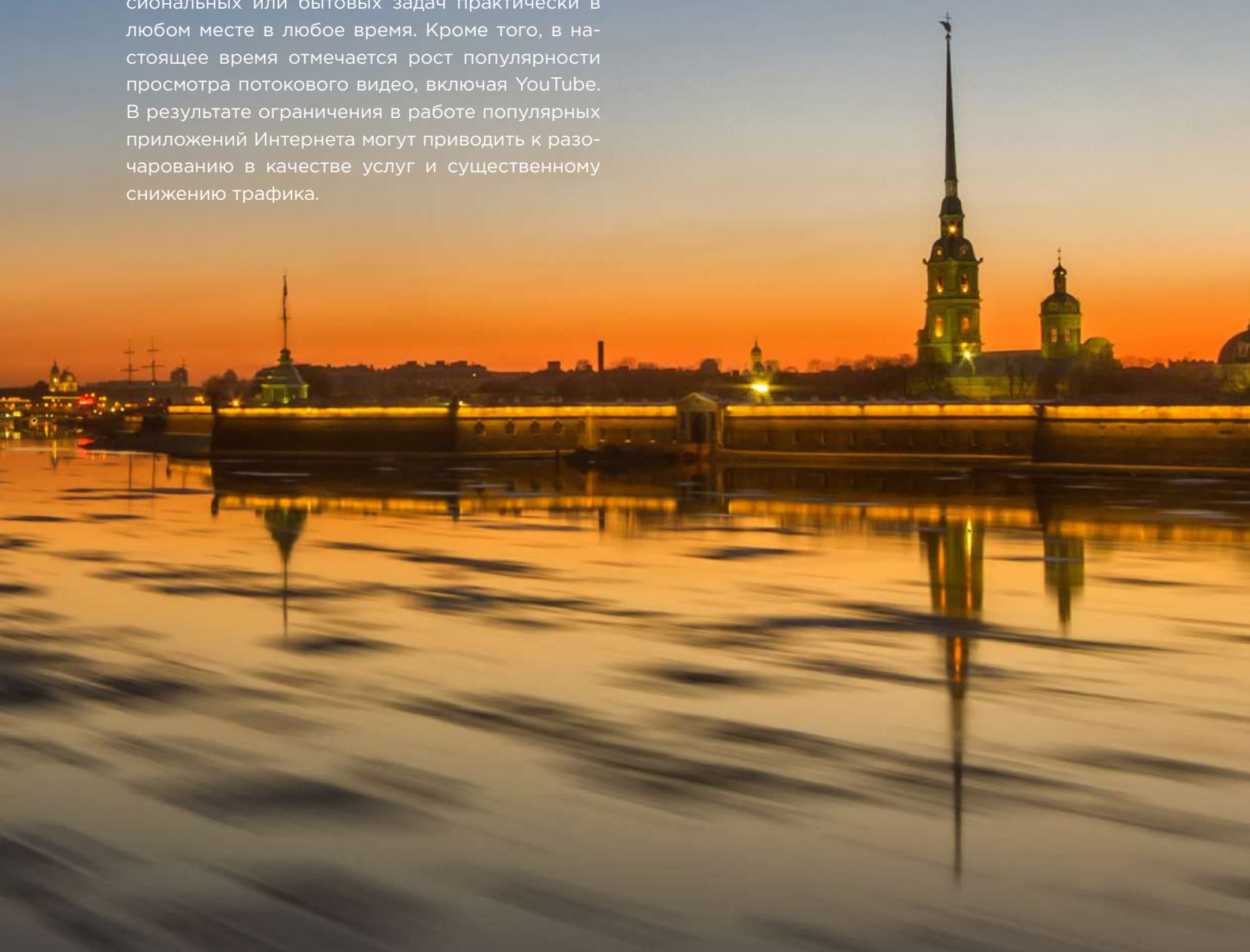


В сети каждого оператора существуют участки, на которых отмечено низкое качество услуг, включая отказы, обрывы и невозможность поговорить по телефону или обмениваться данными с помощью Интернета. Относительная протяженность таких участков, как правило, не превышает 1%. При этом фактическая общая протяженность проблемных участков, распределенных на маршруте, достигает 28 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 базе 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 2880 км. Маршрут драйв-теста охватывает важную часть автомобильных дорог и территорий социально значимых объектов города Санкт-Петербург.

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 S9. 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 3250 повторяющихся голосовых соединений типа «мобильный — мобильный» длительностью 120 секунд, а также около 3500 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)

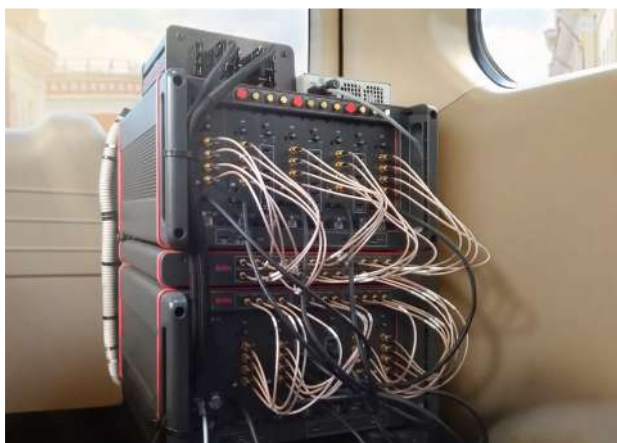


Рисунок 8
Измерительный комплекс Nemo Invex II, установленный в автомобиле

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, поскольку позволяет получать оценки, наиболее близкие к результатам субъективных тестов с участием экспертов.

Для справки приводится 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, %	0.44	1.14	0.41	0.26
Cut-off Call Ratio, %	Доля обрывов установленных голосовых соединений, %	0.32	0.67	0.32	0.20
Telephony Speech Quality on Sample Basis < 1.5 [MOS], %	Доля оценок качества образца речи < 1.5 [MOS], %	1.09	1.72	0.69	0.08
Telephony Speech Quality on Sample Basis, Avg [MOS]	Оценка качества образца речи, среднее значение, [MOS]	4.44	3.90	4.47	3.73
Telephony Speech Quality on Sample Basis, P10, [MOS]	Оценка качества образца речи, нижняя дециль, [MOS]	4.12	3.36	4.25	3.47
Telephony Setup Time, s	Время установления соединения, среднее значение, сек.	3.00	3.31	3.94	8.65
Telephony Setup Time P90, s	Время установления соединения, верхняя дециль, сек.	4.23	4.36	4.47	10.08

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, %	99.42	99.24	99.33	99.91
Video MOS, P10, [MOS]	Оценка качества видео, нижняя дециль, [MOS]	4.09	4.05	3.94	4.12
HD/Full HD Resolution Ratio, %	Доля времени воспроизведения видео высокой четкости в форматах HD и Full HD, %	80.08	80.05	77.90	83.12
Freeze Free Video Session Ratio, %	Доля сессий воспроизведения видео без "замираний", %	99.27	99.24	99.44	99.54
Average Video Access Time, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, среднее значение, сек.	3.09	3.01	3.33	2.86
Average Video Access Time, P90, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, верхняя дециль, сек.	3.97	3.98	4.38	3.72
HTTP Data DL					
HTTP DL Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки данных с сервера HTTP, %	99.89	99.91	99.26	99.97
HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, Мбит/с	58.81	45.38	38.73	50.41
HTTP Mean User Data Rate DL < 1 Mbps, %	Доля значений скоростей загрузки данных с сервера HTTP < 1 Мбит/с, %	0.17	0.26	0.38	0.11
10th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	14.22	10.18	7.31	13.15
90th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	115.23	96.34	83.67	97.83
WEB Browsing					
WEB Browsing Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки WEB-страницы, %	99.94	99.86	99.97	100.00
WEB Browsing Session Time, s	Время загрузки WEB-страницы, среднее значение, сек.	2.26	2.06	2.03	1.85
WEB Browsing Session Time, P90, s	Время загрузки WEB-страницы, верхняя дециль, сек.	3.28	2.92	2.92	2.53

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, %	99.80	99.71	99.88	100.00
HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, Мбит/с	21.52	12.16	24.57	24.31
HTTP Mean User Data Rate UL < 0.6 Mbps, %	Доля значений скоростей загрузки данных на сервер HTTP < 0.6 Мбит/с, %	0.20	0.17	0.12	0.14
10th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	3.73	3.55	5.75	7.73
90th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	41.36	22.28	50.46	38.49

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, %	0.45	0.94	0.06	2.50
GSM 900, %	0.17	0.31	0.03	-
UMTS 2100, %	2.56	1.97	1.62	97.50
UMTS 900, %	-	-	0.07	-
LTE 800, %	-	1.43	1.91	-
LTE 1800, %	15.21	40	13.01	-
LTE 2100, %	20.99	29.53	-	-
LTE 2600, %	60.62	16.90	78.17	-
LTE 900, %	-	-	4.94	-
LTE 2600 (TDD), %	-	8.92	0.19	-

Таблица 3
Распределение характеристик радиопокрытия в сети 4G

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Serving RSRP				
Average, dBm	-89.23	-87.51	-89.36	-87.62
X < -115, %	0.16	0.13	0.04	0.55
-115 ≤ X < -105, %	4.08	3.93	3.23	7.07
-105 ≤ X < -95, %	23.22	18.83	22.48	20.77
-95 ≤ X < -80, %	53.16	51.07	57.9	42.16
-80 ≤ X, %	19.38	26.04	16.35	29.44
Serving SINR				
Average, dB	7.87	1.95	7.16	6.87
X < 0, %	19.27	41.22	14.14	22.76
0 ≤ X < 5, %	19.41	24.94	35.04	22.08
5 ≤ X < 10, %	20.12	17.05	20.51	18.97
10 ≤ X < 20, %	30.73	15.24	25.11	27.00
20 ≤ X, %	10.47	1.55	5.20	9.19

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, %	99.06	26.85	99.27	-
AMR WB, %	0.94	73.12	0.72	-
AMR NB, %	-	0.03	0.01	-
3G				
AMR WB, %	100.00	99.72	100.00	98.76
AMR NB, %	-	0.28	-	1.24
2G				
FR, %	-	-	-	-
EFR, %	-	-	-	38.60
AMR NB, %	24.27	0.94	11.02	61.40
AMR WB, %	75.73	99.06	88.98	-

Таблица 4
Распределение сервирующих технологий

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
GSM 1800, %	-	-	-	-
GSM 900, %	-	-	-	-
UMTS 2100, %	0.18	0.19	0.14	0.22
UMTS 900, %	-	-	-	-
LTE 800, %	-	0.59	3.24	11.89
LTE 900, %	-	-	20.26	-
LTE 1800, %	26.26	43.82	29.10	68.72
LTE 2100, %	16.03	22.32	-	-
LTE 2600, %	57.53	17.01	46.97	10.01
LTE 2600 (TDD), %	-	16.06	0.30	-
LTE 2300 (TDD), %	-	-	-	9.15

Таблица 5
Распределение режимов агрегации частот

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Non-CA LTE 800, %	-	0.18	1.10	0.30
Non-CA LTE 900, %	-	-	1.22	-
Non-CA LTE 1800, %	2.53	1.58	3.85	17.98
Non-CA LTE 2100, %	0.91	0.07	-	-
Non-CA LTE 2600, %	1.94	0.26	2.81	1.41
Non-CA LTE 2600 (TDD), %	-	15.81	0.31	-
Non-CA LTE 2300 (TDD), %	-	-	-	0.89
LTE 2CC	18.09	9.81	40.42	42.55
LTE 3CC	76.53	66.64	44.87	36.87
LTE 4CC	-	5.65	5.42	-

Таблица 6
Распределение типов модуляции DL во время теста HTTP DL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
QPSK, %	9.89	17.23	15.44	9.48
16QAM, %	21.77	30.72	26.67	25.94
64QAM, %	43.98	42.82	40.09	45.00
256QAM, %	24.35	9.23	17.80	19.58

Таблица 7
Распределение типов модуляции UL во время теста HTTP UL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
QPSK, %	5.66	3.59	9.04	3.88
16QAM, %	16.12	10.68	23.19	11.21
64QAM, %	78.22	85.74	67.77	84.91

Таблица 8
Распределение режимов работы MIMO во время теста HTTP DL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
MIMO not used, %	26.56	17.75	56.75	29.85
MIMO 2x2, %	69.05	66.13	43.05	65.36
MIMO 4x4, %	4.39	16.12	0.20	4.79

Таблица 9
Распределение характеристик радиопокрытия в сети 4G

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Serving RSRP				
Average, dBm	-88.51	-85.27	-83.87	-85.66
X < -115, %	0.42	0.46	0.07	0.34
-115 ≤ X < -105, %	5.99	5.23	3.08	4.60
-105 ≤ X < -95, %	21.17	15.85	14.82	14.30
-95 ≤ X < -80, %	50.19	42.52	43.16	40.70
-80 ≤ X, %	22.23	35.94	38.87	40.06
Serving SINR				
Average, dB	9.19	6.02	9.43	7.57
X < 0, %	12.32	22.65	10.13	16.01
0 ≤ X < 5, %	19.49	25.78	19.89	21.03
5 ≤ X < 10, %	23.06	23.15	25.88	23.14
10 ≤ X < 20, %	34.73	24.53	36.05	31.92
20 ≤ X, %	10.40	3.89	8.06	7.90

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.

