

# Качество мобильной связи в Москве

dmtel

Октябрь—Ноябрь 2023

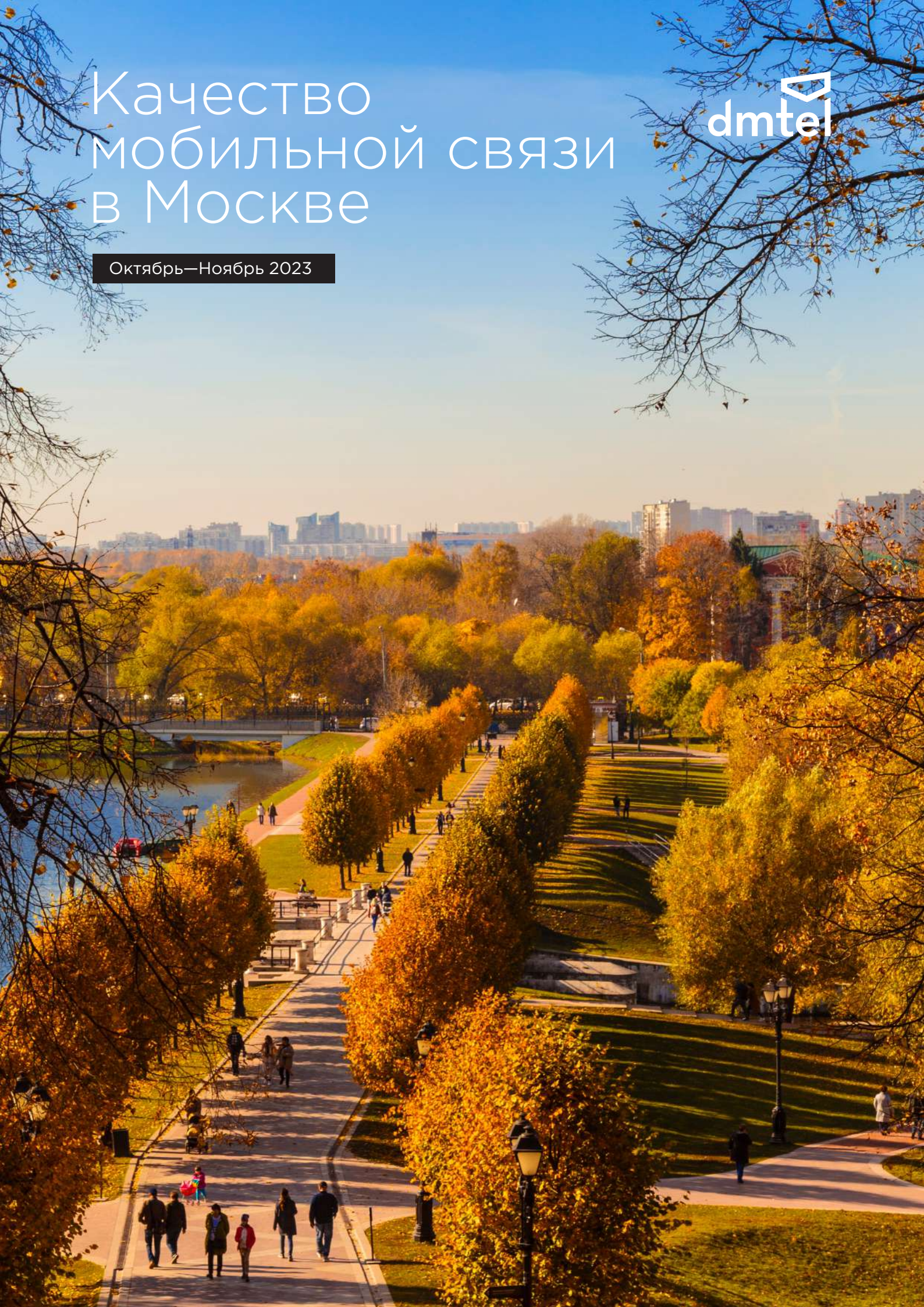




Рисунок 1.  
Карта маршрута

Ограничение технических возможностей операторов в настоящее время влияет на динамику развития сетей. Поддержание и повышение комфорта привычной пользовательской среды особенно важно в условиях масштабного внедрения технологий мобильной связи практически во всех сферах жизни современного человека. Альтернативные решения и повышение эффективности использования имеющегося парка сетевого оборудования позволяют операторам сохранять и улучшать качество услуг мобильной связи.

Компания DMTEL публикует результаты очередного исследования, которое проведено вновь на территории Москвы. Исследование позволяет оценить качество услуг, предоставляемых операторами абонентам в современных условиях. Комплексная оценка и сравнение характеристик качества услуг мобильной связи выполнены в период с 19 октября по 08 ноября 2023 г. на маршруте протяженностью около 2602 км (см. рисунок 1).

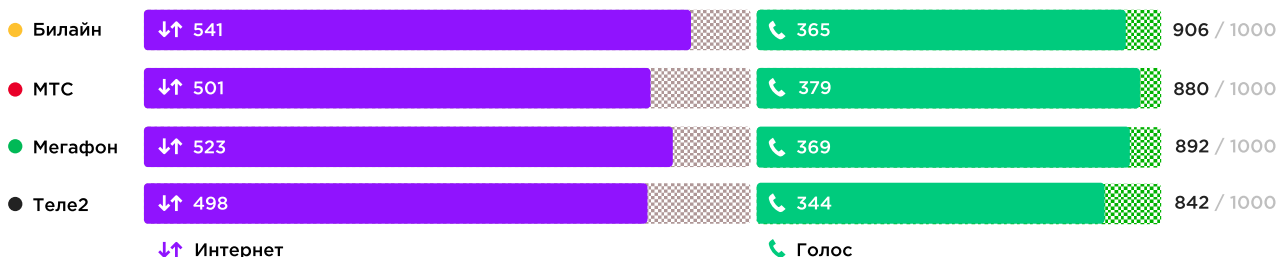
Для количественной оценки качества используются показатели, объективно отражающие возможность успешно пользоваться услугами мобильной связи: доступность, надежность и качество коммуникации. На основе таких показателей рассчитываются единые интегральные оценки, которые отражают относительные позиции операторов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

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.

В Приложении 2 в Таблице 1 для справки приводятся значения основных показателей, которые используются при расчете интегральных оценок. Краткое описание технологии расчета единой интегральной оценки приводится в Приложении 4.

Рисунок 2. Распределение итоговых оценок качества услуг связи



## билайн

**Билайн** занимает первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи в Москве. По качеству услуг передачи данных Билайн занимает первую позицию. Оценка качества телефонной связи в сети Билайн соответствует третьей позиции.



## МЕГАФОН

**Мегафон** поднялся на вторую позицию и следует за Билайном в рейтинге итоговых оценок. Оценки МегаФона как по качеству телефонной связи, так и по качеству передачи данных соответствуют второй позиции.



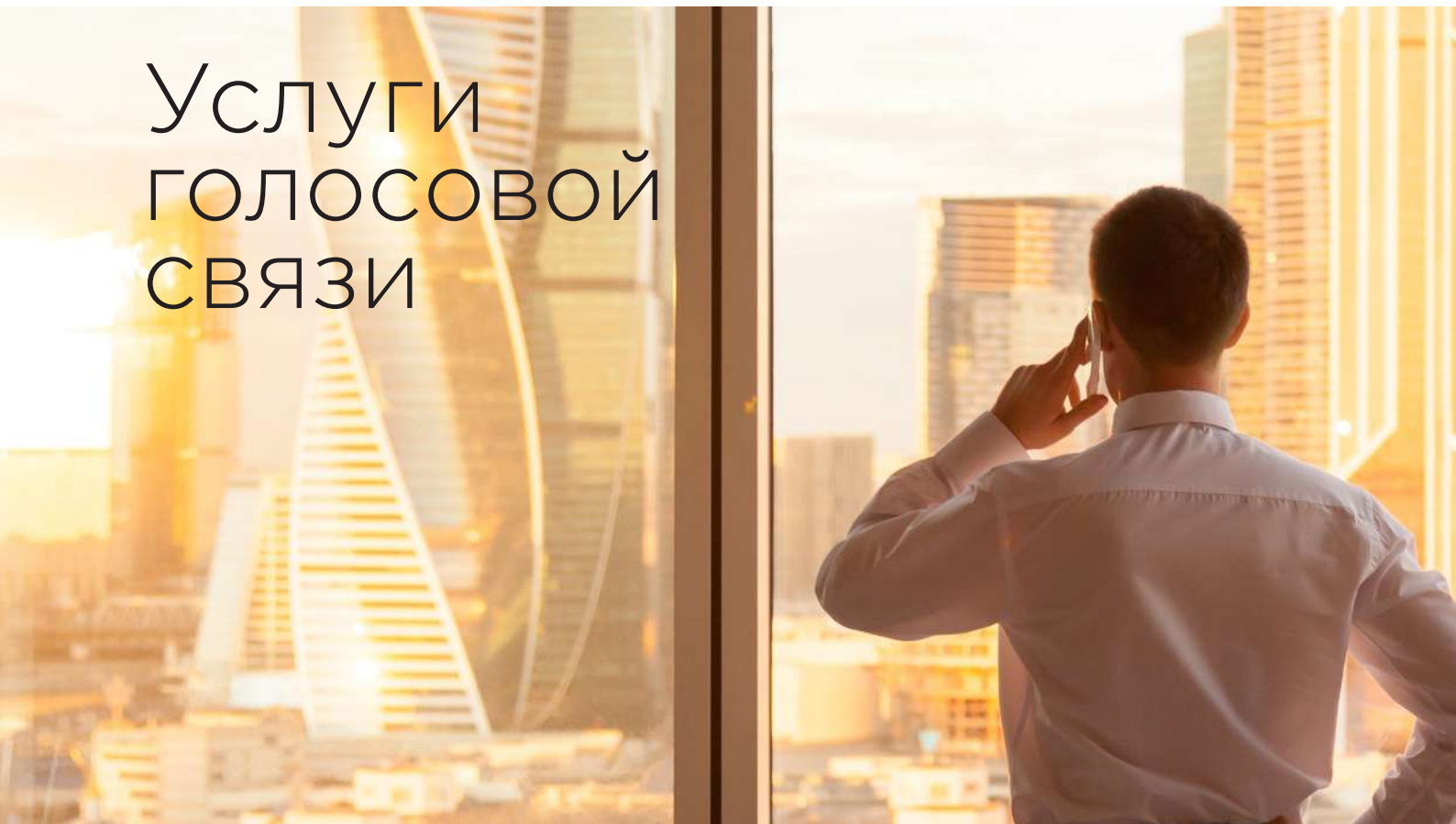
**МТС** находится на третьей позиции в рейтинге. По качеству услуг голосовой связи МТС опережает конкурентов и занимает первую позицию. Итоговая оценка качества услуг передачи данных в сети МТС ниже, чем в сети МегаФон и соответствует третьей позиции. Заметное снижение оценки качества услуг передачи данных в сети МТС приводит к смещению на третью позицию рейтинга итоговых оценок.

## TELE2



**Теле2** занимает четвертую позицию по итоговой оценке. Оценки Теле2 соответствуют четвертой позиции в каждой категории услуг. По качеству услуг передачи данных Теле2 незначительно уступает МТС. Существенный вклад в снижение единой итоговой оценки вносит отставание по качеству услуг голосовой связи.

# 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

МТС демонстрирует наилучший результат и занимает первую позицию по качеству телефонной связи. Оценка качества услуг голосовой связи в сети МегаФон соответствует второй позиции. Билайн незначительно уступает МегаФону и находится на третьей позиции. Теле2 заметно уступает конкурентам по качеству услуг телефонной 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 удовлетворенности 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 внедрение технологии VoLTE и современного кодека EVS отмечено в сетях всех операторов. В частности, 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%). Следует отметить, что в сети Теле2

технология VoLTE в настоящее время доступна не всем абонентам, имеются ограничения.

МТС опережает МегаФон по фактическим значениям показателей, характеризующих доступность (доля отказов) и надежность (доля обрывов) телефонной связи, а также демонстрирует наилучший результат по времени установления голосовых соединений. По характеристикам качества речи МТС уступает МегаФону.

По доступности, надежности и времени установления голосовых соединений МегаФон уступает МТС. По совокупности фактических значений показателей качества речи МегаФон опережает конкурентов. В частности, в сети МегаФон отмечена наибольшая доля оценок «отлично» (88.05%). Кроме того, в сети МегаФон доля оценок качества речи «неприемлемо» (ниже 1.5 MOS) в 2–4 раза меньше, чем в сетях конкурентов и составляет 0.31%.

Важно отметить, что оба оператора обеспечивают высокое качество речи на значительной части маршрута: в сети МТС 90% значений оценок составляют 4,19 MOS и выше, а в сети МегаФон – больше 4.28 MOS (нижняя дециль, 10th percentile).

Билайн отстает от МТС и МегаФона по совокупности характеристик качества речи. В частности, доля оценок «неприемлемо» в сети Билайн составляет 1.05% (почти в 1.5 раза выше, чем в сети МТС и в 3 раза выше, чем в сети МегаФон. Кроме того, в сети Билайн значение нижней децили меньше, чем в сети МТС и составляет 3.95 MOS. При этом в сети Билайн отмечены наименьшая доля отказов (0.25%) и наибольшая доля обрывов (0.44%).

Теле2 уступает лидерам по совокупности характеристик качества голосовой связи. При этом доля оценок «отлично» качества речи составляет 73.37%. Качество речи в сети Теле2 улучшилось по сравнению с предыдущим исследованием (в 2022 г. в сети Теле2 оценки «отлично» отсутствовали). Такой результат обусловлен внедрением кодеков EVS. Кроме того, в сети Теле2 отмечена наименьшая доля обрывов - 0.27%. Снижение интегральной оценки обусловлено отставанием Теле2 от лидеров в части показателей качества речи и времени установления соединения.

В Приложении 3 для справки приводится распределение технологий, кодеков и характеристик радиопокрытия в исследуемых сетях.

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

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.



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).

Наибольшая итоговая интегральная оценка отмечена в сети Билайн при заметном опережении конкурентов. МегаФон уступает Билайну и находится на второй позиции. МТС заметно отстает от Билайна и МегаФона и занимает третью позицию. Итоговая оценка Теле2 соответствует четвертой позиции при незначительном отставании от МТС (на три балла).

В сети Билайн отмечены наилучшие оценки качества сервисов передачи данных в направлении интернета (HTTP UL) и загрузки web-страницы (WEB Browsing). Оценка качества сервиса HTTP UL в сети Билайн на 22 балла выше, чем в сети ближайшего конкурента МегаФона. Оценки качества сервисов воспроизведения видео с

ресурса YouTube и передачи данных со стороны Интернета (HTTP DL) в сети Билайн соответствует второй позиции при незначительном отставании от МегаФона (на один и четыре балла соответственно).

МегаФон находится на первой позиции по качеству сервисов YouTube и HTTP DL, но уступает Билайну по качеству сервисов HTTP UL и WEB Browsing. Основной вклад в снижение итоговой интегральной оценки вносит отставание по качеству сервиса HTTP UL. В результате МегаФон занимает вторую позицию по совокупности оценок качества сервисов передачи данных.

В сети МТС преобладает третья позиция по совокупности оценок (YouTube, HTTP DL и WEB Browsing), что приводит к смещению на третью позицию рейтинга итоговых интегральных оценок качества услуг передачи данных.

В сети Теле2 отмечены наименьшие оценки качества сервисов YouTube и HTTP DL. Оценка качества сервиса HTTP UL в сети Теле2 соответствует третьей позиции. По качеству сервиса WEB Browsing Теле2 разделяет вторую позицию с Мегафоном. Итоговая интегральная оценка качества сервисов передачи данных в сети Теле2 соответствует четвертой позиции при незначительном отставании от МТС (на три балла).

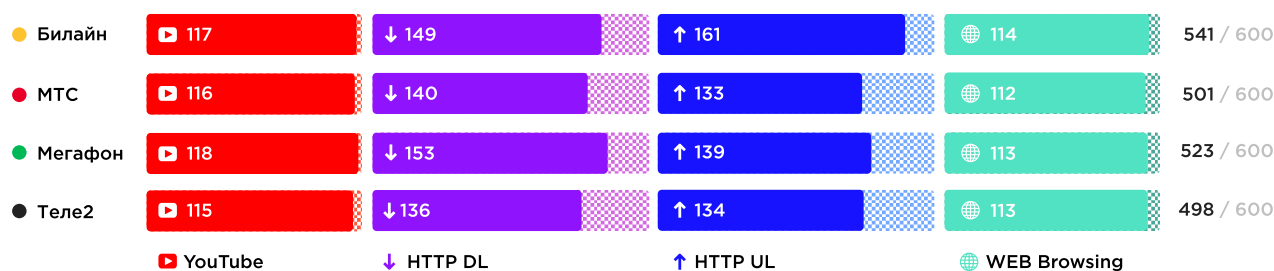
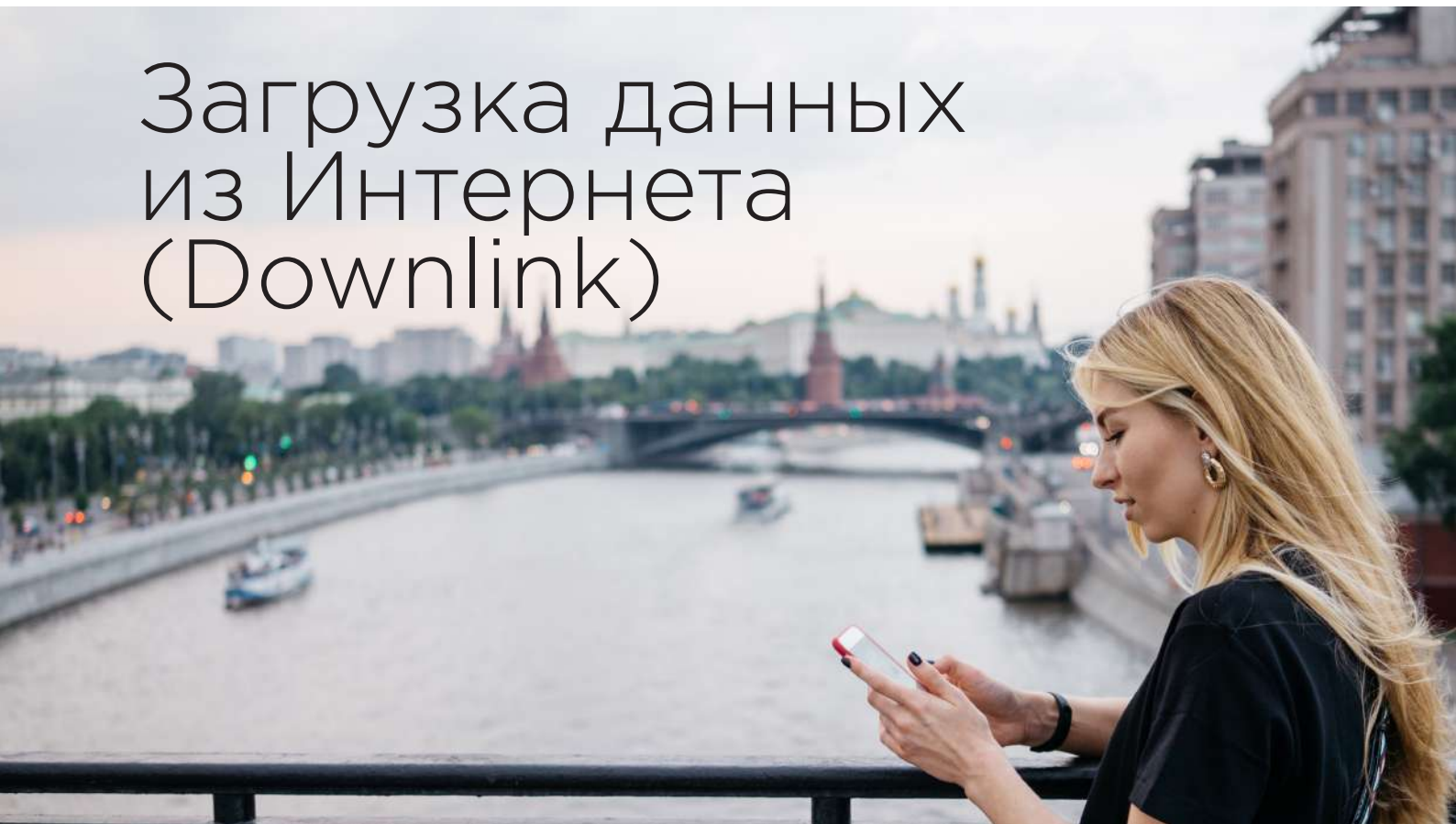


Рисунок 5. Распределение итоговых оценок различных сервисов передачи данных

# Загрузка данных из Интернета (Downlink)



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

МегаФон демонстрирует наилучшие фактические значения показателей средней скорости загрузки данных из интернета (HTTP DL), а также нижней (10th percentile) и верхней децилей (90th percentile). В сети МегаФон 90% значений скоростей (10th percentile) выше 26 Мбит/с. В части предельных скоростей (90th percentile) МегаФон также опережает конкурентов: 10% скоростей выше 196 Мбит/с. Текущие показатели МегаФона заметно улучшились по сравнению со скоростными характеристиками, зарегистрированными в 2022 г. В частности, значения нижней и верхней децилей увеличились примерно в 3 и 2 раза соответственно. При этом доля скоростей ниже 1 Мбит/с сократилась почти в десять раз. В итоге

МегаФон поднялся на вторую позицию в рейтинге оценок качества сервисов передачи данных.

Билайн следует за МегаФоном по скоростным характеристикам загрузки данных из интернета (HTTP DL). В частности, в сети Билайн нижняя дециль ненамного меньше: 90% значений скоростей выше 23 Мбит/с. Кроме того, в сети Билайн отмечены высокие предельные скорости: 10% скоростей выше 168 Мбит/с. Скоростные характеристики загрузки данных из интернета в сети Билайн увеличились почти в два раза по сравнению с 2022 г.

В сети МТС фактические значения показателей скорости ниже, чем в сетях МегаФон и Билайн, но выше, чем в сети Теле2. В сравнении с исследованием 2022 г. скоростные характеристики сервиса HTTP DL в сети МТС практически не изменились.

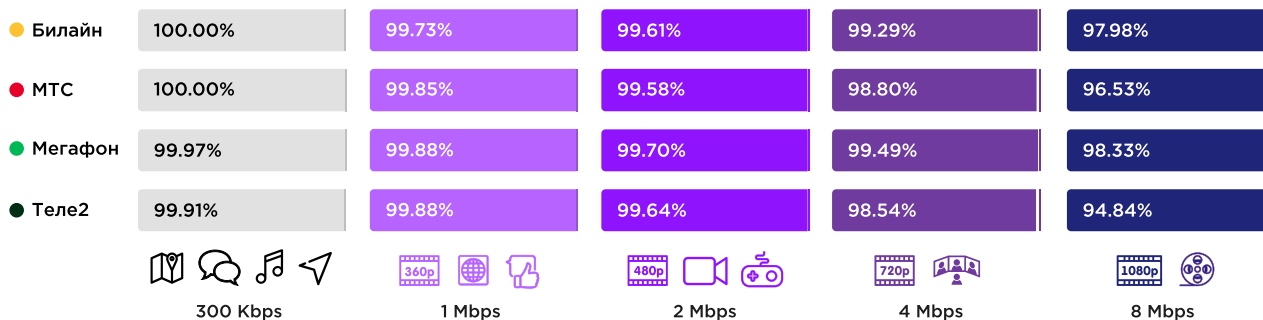


Рисунок 6. Распределение типов сервисов и скоростей (Downlink)

В сети Теле2 значения средней скорости, а также нижней и верхней децилей для сервиса HTTP DL заметно меньше, чем у конкурентов. Скоростные характеристики сервиса HTTP DL в сети Теле2 также увеличились по сравнению с 2022 г.

Важно отметить, что скоростные характеристики сервисов загрузки данных улучшились в сетях всех операторов, кроме МТС, по сравнению с предыдущим исследованием (2022 г.).

Диаграмма на Рисунке 6 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 в Приложении 1.

В сетях всех операторов отмечены скорости, достаточные для успешного воспроизведения видео и просмотра контента web-страниц на значительной части маршрута: доли скоростей ниже 4 Мбит/с составляют менее 2%. Кроме того, доли значений ниже 1 Мбит/с не превышают 0.3%, что характеризует высокую стабильность скоростей на маршруте в сетях всех операторов. 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 сетях всех операторов доли сессий с “замираниями” изображения при воспроизведении видео с ресурса YouTube не превышают 0.4%.

Наличие высоких скоростей,кратно превышающих значение 8 Мбит/с, снижает риски ухудшения качества сервисов при увеличении количества пользователей с учетом качества радиопокрытия и текущей нагрузки. Преобладание высоких скоростей является важным преимуществом, особенно в часы пик. Такое преимущество реализуется, если обеспечиваются условия для успешной загрузки контента из интернета.

В сети Билайн преобладают наилучшие значения показателей успешности сессий сервисов загрузки контента из интернета. В частности, в сети Билайн неуспешные сессии загрузки контента с помощью сервисов HTTP DL и WEB Browsing не зарегистрированы.

Неуспешные сессии сервиса WEB Browsing в сети МТС также отсутствуют на маршруте исследования. В части успешности воспроизведения видео с помощью YouTube наилучший и одинаковый результат отмечен в сетях Билайн и МегаФон – 99.97%.

Кроме того, в сетях Билайн, МегаФон и МТС отмечены близкие значения времени доступа к ресурсу YouTube: средние значения не превышают 2 с, при этом 90% значений меньше 2.9 с.

В результате интегральные оценки качества сервисов YouTube, HTTP DL и WEB Browsing в сетях операторов Билайн, МТС и МегаФон отличаются не более, чем на 4 балла. На распределение итоговых оценок качества услуг мобильного доступа в Интернет существенно влияют оценки качества сервиса HTTP UL.

В целом 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 99,7%.

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.

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.

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 20.15 Мбит/с. Билайн демонстрирует также высокую стабильность скоростей — значения ниже 0.6 Мбит/с не зарегистрированы.

В части успешности сессий загрузки данных в Интернет наилучший результат также отмечен в сети Билайн (99.88%).

Текущие показатели Билайна заметно улучшились по сравнению со скоростными характеристиками, зарегистрированными в 2022 г. В частности, значения нижней и верхней децилей увеличились примерно в 1.5 раза.

В итоге оценка качества сервиса HTTP UL в сети Билайн на 22 балла выше, чем в сети ближайшего конкурента Мегафона. Такой результат поднимает общую интегральную оценку качества услуг мобильного доступа в Интернет в сети Билайн на первую позицию.

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

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).

Важно отметить, что скоростные характеристики сервиса HTTP UL улучшились в сетях всех операторов по сравнению с предыдущим исследованием (2022 г).

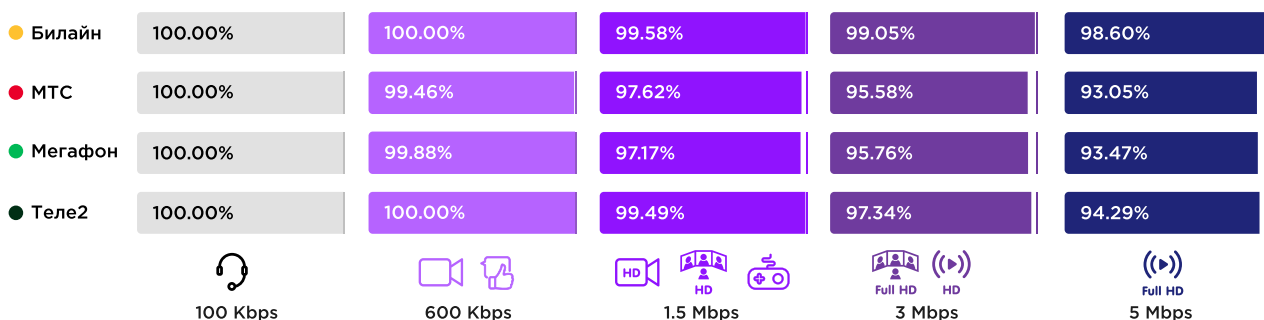


Рисунок 7. Распределение типов сервисов и скоростей (Uplink)

# Выводы



906 / 1000

**Билайн** сохраняет первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи в Москве по сравнению с результатами исследования 2022 года. По совокупности оценок качества сервисов мобильного интернета Билайн занимает первую позицию и заметно опережает конкурентов. По сервису HTTP UL Билайн на 22 балла опережает ближайшего соперника МегаФона, что поднимает общую интегральную оценку качества услуг мобильного доступа в Интернет в сети Билайн на первую позицию. По качеству телефонной связи Билайн отстает от лидера МТС на 14 баллов и сместился на третью позицию, что не приводит к снижению общей оценки качества услуг мобильной связи.



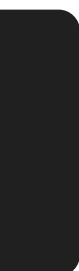
892 / 1000

**МегаФон** заметно улучшил результаты и поднялся на вторую позицию, следуя за Билайном в рейтинге итоговых оценок. Оценка МегаФона по качеству телефонной связи соответствует второй позиции. МегаФон демонстрирует улучшение практически всех показателей, характеризующих качество услуг мобильного интернета и поднимается на вторую позицию.



880 / 1000

**МТС** находится на третьей позиции в рейтинге. По качеству телефонной связи МТС демонстрирует наибольшую оценку и занимает первую позицию. По совокупности показателей, отражающих качество услуг мобильного интернета МТС уступает МегаФону и Билайну. В результате МТС смещается на третью позицию рейтинга итоговых оценок.



842 / 1000

**Теле2** уступает конкурентам и занимает четвертую позицию по итоговой оценке. Оценки Теле2 соответствуют четвертой позиции в каждой категории услуг. По качеству услуг передачи данных Теле2 отстает от МТС всего на три балла. Заметное снижение единой итоговой оценки обусловлено отставанием по качеству услуг телефонной связи.



В сети каждого оператора существуют проблемные участки, на которых отмечено низкое качество услуг, включая отказы, обрывы и невозможность поговорить по телефону или обменяться данными с помощью Интернета. Доля таких событий на маршруте, как правило, не превышает 2% на участках с достаточным уровнем сигнала для подключения к сети (включая границы). При этом необходимо учитывать, что абоненту важно не только подключиться к сети, но и получить доступ к ресурсам, обеспечивающим возможность успешно воспользоваться услугами мобильной связи. На маршруте данного исследования в сетях всех операторов обеспечивается возможность подключения к сети, ни одного отказа не зарегистрировано.

В результате, на проблемных 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.

В условиях действующих ограничений технических возможностей развития сетей, все операторы демонстрируют улучшение многих показателей, характеризующих качество услуг мобильной связи, по сравнению с результатами аналогичного исследования, выполненного в 2022 г.

Сохранение и улучшение качества связи, а также совершенствование технологий значительно усложняется в условиях 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 2602 км. Маршрут драйв-теста охватывает важную часть автомобильных дорог и территорий социально значимых объектов города Москва.

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 связи выполнен с помощью смартфонов Sony Xperia 1 III. Тестовые устройства обеспечивают корректные результаты с учетом всех современных технологий и функций (включая DC-HSPA, LTE, LTE 2CC/3CC/4CC/5CC, 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 102 678) и «эталонной» web-страницы (Kepler Web Reference Page, см. ETSI TR 102 505).

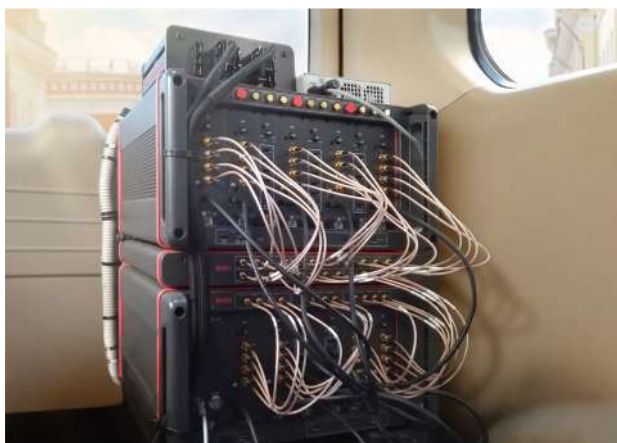


Рисунок 8. Измерительный комплекс Nemo Invex II, установленный в автомобиле.

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 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
<b>Telephony Service Non-Accessibility, %</b>	Доля отказов при установлении голосовых соединений, %	0.25	0.38	0.58	0.73
<b>Cut-off Call Ratio, %</b>	Доля обрывов установленных голосовых соединений, %	0.44	0.40	0.43	0.27
<b>Telephony Speech Quality on Sample Basis &lt; 1,5 [MOS], %</b>	Доля оценок качества образца речи < 1,5 [MOS], %	1.05	0.72	0.31	1.48
<b>Telephony Speech Quality on Sample Basis, Avg [MOS]</b>	Оценка качества образца речи, среднее значение, [MOS]	4.42	4.49	4.54	4.33
<b>Telephony Speech Quality on Sample Basis, P10, [MOS]</b>	Оценка качества образца речи, нижняя дециль, [MOS]	3.95	4.19	4.28	3.67
<b>Telephony Setup Time, s</b>	Время установления соединения, среднее значение, сек.	2.72	2.05	3.15	3.56
<b>Telephony Setup Time P90, s</b>	Время установления соединения, верхняя дециль, сек.	4.34	2.65	3.42	4.08

Таблица 2.  
Показатели качества услуг передачи данных DL

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>YouTube Video</b>					
<b>Video Session Success Ratio, %</b>	Доля успешных сессий воспроизведения видео, %	99.97	99.82	99.97	99.79
<b>Freeze Free Video Session Ratio, %</b>	Доля сессий воспроизведения видео без "замираний", %	99.64	99.64	99.76	99.70
<b>Average Video Access Time, s</b>	Среднее время до начала воспроизведения видео, среднее значение, сек.	1.94	2.21	1.92	2.38
<b>Average Video Access Time, P90, s</b>	Среднее время до начала воспроизведения видео, верхняя дециль, сек.	2.31	2.91	2.17	3.24
<b>HTTP Data DL</b>					
<b>HTTP DL Session Success Ratio, %</b>	Доля успешных сессий загрузки данных с сервера HTTP, %	100.00	99.91	99.97	99.94
<b>HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, Мбит/с	88.66	64.78	100.59	41.18
<b>HTTP Mean User Data Rate DL &lt; 1 Mbps, %</b>	Доля значений скоростей загрузки данных с сервера HTTP < 1 Мбит/с, %	0.27	0.15	0.12	0.12
<b>10th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	23.46	15.54	26.09	12.07
<b>90th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	168.81	123.80	196.74	75.27
<b>WEB Browsing</b>					
<b>WEB Browsing Session Success Ratio, %</b>	Доля успешных сессий загрузки WEB-страницы, %	100.00	100.00	99.97	99.88
<b>WEB Browsing Session Time, s</b>	Время загрузки WEB-страницы, среднее значение, сек.	1.85	2.03	1.90	1.85
<b>WEB Browsing Session Time, P90, s</b>	Время загрузки WEB-страницы, верхняя дециль, сек.	1.95	2.24	2.06	2.01

Таблица 3.  
Показатели качества услуг передачи данных UL

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>HTTP UL Session Success Ratio, %</b>	Доля успешных сессий загрузки данных на сервер HTTP, %	99.88	99.01	99.37	99.61
<b>HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, Мбит/с	40.90	34.26	33.49	18.47
<b>HTTP Mean User Data Rate UL &lt; 0.6 Mbps, %</b>	Доля значений скоростей загрузки данных на сервер HTTP < 0.6 Мбит/с, %	0.00	0.18	0.03	0.00
<b>10th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	20.15	7.29	7.85	7.40
<b>90th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	56.16	55.68	70.21	27.35

# 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
<b>GSM, 1800, %</b>	0.02	0.14	0.15	0
<b>GSM, 900, %</b>	0.05	0.05	0.02	0
<b>WCDMA, 2100, %</b>	0	0.11	0.32	0.73
<b>WCDMA, 900, %</b>	0.33	0.21	0.12	0
<b>LTE, 800, %</b>	1.04	0.04	1.45	4.61
<b>LTE, 900, %</b>	0	0	0.02	0
<b>LTE, 1800, %</b>	32.71	81.03	17.97	0
<b>LTE, 2600, %</b>	58.50	11.58	79.85	68.66
<b>LTE, 2100, %</b>	7.35	4.43	0.01	24.13
<b>LTE TDD, 2300, %</b>	0	0	0	1.87
<b>LTE TDD, 2600, %</b>	0	2.41	0.09	0

Таблица 3.  
Распределение характеристик радиопокрытия в сети 4G

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>Serving RSRP</b>				
<b>Average, dBm</b>	-85.83	-82.20	-88.56	-84.05
<b>X &lt; -115, %</b>	0.08	0.08	0.08	0.09
<b>-115 ≤ X &lt; -105, %</b>	2.54	1.10	3.88	2.45
<b>-105 ≤ X &lt; -95, %</b>	14.13	7.07	20.26	10.84
<b>-95 ≤ X &lt; -80, %</b>	52.76	44.80	55.43	47.34
<b>-80 ≤ X, %</b>	30.49	46.95	20.35	39.28
<b>Serving SINR</b>				
<b>Average, dB</b>	4.77	3.43	8.40	5.24
<b>X &lt; 0, %</b>	26.65	30.53	13.08	24.83
<b>0 ≤ X &lt; 5, %</b>	25.14	29.11	21.42	25.44
<b>5 ≤ X &lt; 10, %</b>	21.95	21.73	22.59	21.85
<b>10 ≤ X &lt; 20, %</b>	23.38	17.20	34.16	24.12
<b>20 ≤ X, %</b>	2.88	1.44	8.75	3.76

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
<b>4G (VoLTE)</b>				
<b>EVS, %</b>	99.10	99.01	98.57	98.46
<b>AMR WB, %</b>	0.87	0.85	1.02	1.54
<b>AMR NB, %</b>	0.03	0.14	0.41	0
<b>3G</b>				
<b>AMR WB, %</b>	100	99.88	97.13	98.73
<b>AMR NB, %</b>	0	0.12	2.87	1.27
<b>2G</b>				
<b>FR, %</b>	-	-	-	-
<b>EFR, %</b>	-	-	-	-
<b>AMR NB, %</b>	-	-	-	-
<b>AMR WB, %</b>	-	-	-	-

Таблица 4.  
Распределение сервирующих технологий

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>GSM, 1800, %</b>	0	0	0	0
<b>GSM, 900, %</b>	0	0	0	0
<b>WCDMA, 2100, %</b>	0	0.09	0.12	0.15
<b>WCDMA, 900, %</b>	0.66	0.08	0.18	0
<b>LTE, 800, %</b>	0.02	0.03	1.34	7.81
<b>LTE, 900, %</b>	0	0	0.04	0
<b>LTE, 1800, %</b>	75.00	76.60	17.84	0
<b>LTE, 2600, %</b>	12.50	5.46	80.25	35.97
<b>LTE, 2100, %</b>	11.82	8.59	0.19	55.17
<b>LTE TDD, 2300, %</b>	0	0	0	0.90
<b>LTE TDD, 2600, %</b>	0	9.15	0.04	0

Таблица 5.  
Распределение режимов агрегации частот

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>Non-CA LTE 800, %</b>	0.01	0	0.36	0.56
<b>Non-CA LTE 900, %</b>	0	0	0.04	0
<b>Non-CA LTE 1800, %</b>	2.61	8.64	6.14	0
<b>Non-CA LTE 2100, %</b>	0.89	2.64	0.02	2.38
<b>Non-CA LTE 2600, %</b>	0.87	0.74	6.60	2.90
<b>Non-CA LTE 2600 (TDD), %</b>	0	9.15	0.05	0.30
<b>Non-CA LTE 2300 (TDD), %</b>	0	0	0	0.35
<b>LTE 2CC, %</b>	12.65	17.33	9.53	12.76
<b>LTE 3CC, %</b>	82.72	23.51	61.54	80.75
<b>LTE 4CC, %</b>	0.25	37.99	14.41	0
<b>LTE 5CC, %</b>	0	0	1.31	0

Таблица 7.  
Распределение типов модуляции UL во время теста HTTP UL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>QPSK, %</b>	0.83	2.34	16.75	1.65
<b>16QAM, %</b>	5.00	16.08	30.73	9.35
<b>64QAM, %</b>	94.17	81.58	52.52	89.00

Таблица 9.  
Распределение характеристик радиопокрытия в сети 4G

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>Serving RSRP</b>				
<b>Average, dBm</b>	-81.51	-81.79	-89.30	-83.23
<b>X &lt; -115, %</b>	0.13	0.21	0.07	0.13
<b>-115 ≤ X &lt; -105, %</b>	2.21	2.60	5.35	2.63
<b>-105 ≤ X &lt; -95, %</b>	8.77	8.56	23.09	11.33
<b>-95 ≤ X &lt; -80, %</b>	39.63	38.90	53.98	44.87
<b>-80 ≤ X, %</b>	49.26	49.73	17.51	41.04
<b>Serving SINR</b>				
<b>Average, dB</b>	10.07	10.05	6.83	9.17
<b>X &lt; 0, %</b>	26.06	29.37	37.18	29.00
<b>0 ≤ X &lt; 5, %</b>	13.20	11.33	13.43	13.64
<b>5 ≤ X &lt; 10, %</b>	10.89	8.95	10.88	10.95
<b>10 ≤ X &lt; 20, %</b>	19.08	15.93	15.41	18.00
<b>20 ≤ X, %</b>	30.77	34.42	23.10	28.41

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

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>QPSK, %</b>	5.91	7.97	6.71	5.90
<b>16QAM, %</b>	18.15	22.08	20.76	20.57
<b>64QAM, %</b>	55.34	54.97	61.97	47.96
<b>256QAM, %</b>	20.60	14.98	10.56	25.57

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

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>MIMO not used, %</b>	8.65	13.17	10.99	23.39
<b>MIMO 2x2, %</b>	66.85	75.40	85.38	68.69
<b>MIMO 4x4, %</b>	24.50	11.43	3.63	7.92



# 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.

