

# Качество МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ в Московской области

Лето 2024





Рисунок 1.  
Карта маршрута

Традиционно в конце весны и летом тысячи москвичей устремляются в свои загородные дома и на дачные участки, расположенные в Московской области. Согласно статистике, среднее время в пути от МКАД до условной дачи, расположенной в 50 км от Москвы, составляет около 1 часа 30 минут. Наличие непрерывного радиопокрытия и качественного сервиса на основных автомобильных дорогах Московской области, позволяет абонентам с большим комфортом проводить время в пробках — общаться по телефону, смотреть онлайн кино и сериалы, слушать музыку, пользоваться онлайн картами и навигаторами. Наличие связи и возможность вызвать экстренные службы также особенно важно в случае возникновения различных аварийных ситуаций.

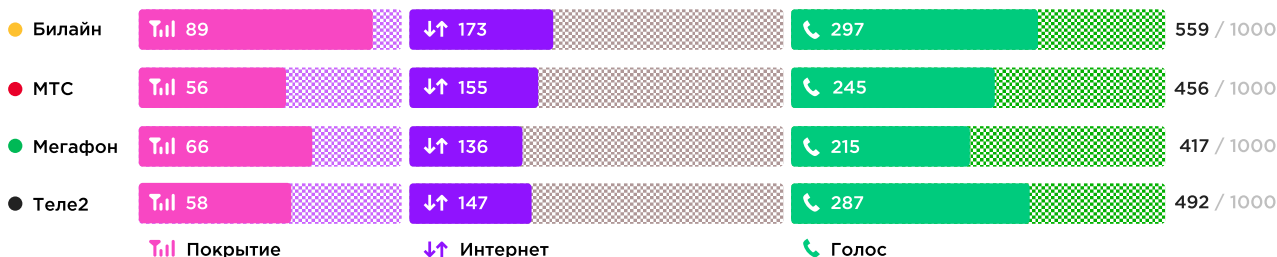
Компания DMTEL публикует результаты очередного исследования, которое проведено на основных автомобильных дорогах федерального и регионального значения на территориях Московской области от ЦКАД до границ области, а также произвольно выбранных садовых товариществ. Комплексная оценка и сравнение характеристик качества мобильного интернета выполнены в период с 19 июня по 10 июля 2024 г. на маршруте протяженностью около 4502 км (см. Рисунок 1).

Для количественной оценки качества используются показатели, объективно отражающие возможность успешно пользоваться услугами мобильной связи: доступность, надежность и качество коммуникации. Для оценки радиопокрытия используются показатели, характеризующие предельные уровни радиосигнала, достаточные для подключения к сети LTE и пользования услугами мобильной связи. 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, услуг мобильного доступа в интернет и радиопокрытия в сети LTE. Итоговые оценки качества услуг связи представлены на диаграмме на Рисунке 2. Единые итоговые оценки характеризуют интегральное качество услуг телефонной связи, мобильного интернета и радиопокрытия.

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 Таблицах 1—5 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 интегральных оценок радиопокрытия и качества услуг связи



## Билайн

**Билайн** занимает первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи в Московской области. В сети Билайн на оценки качества услуг передачи данных и голосовой связи, а также радиопокрытия соответствуют первой позиции.



## TELE2

**Теле2** находится на второй позиции в рейтинге. В сети Теле2 оценка качества голосовой связи соответствует второй позиции. Оценки качества услуг передачи данных и радиопокрытия в сети Теле2 соответствуют третьей позиции.



**МТС** находится на третьей позиции в рейтинге. Оценка качества услуг передачи данных в сети МТС соответствует второй позиции. Оценка качества голосовой связи в сети МТС соответствует третьей позиции, а характеристик радиопокрытия — четвертой. Заметное снижение оценки качества услуг голосовой связи в сети МТС приводит к смещению на третью позицию рейтинга итоговых оценок.

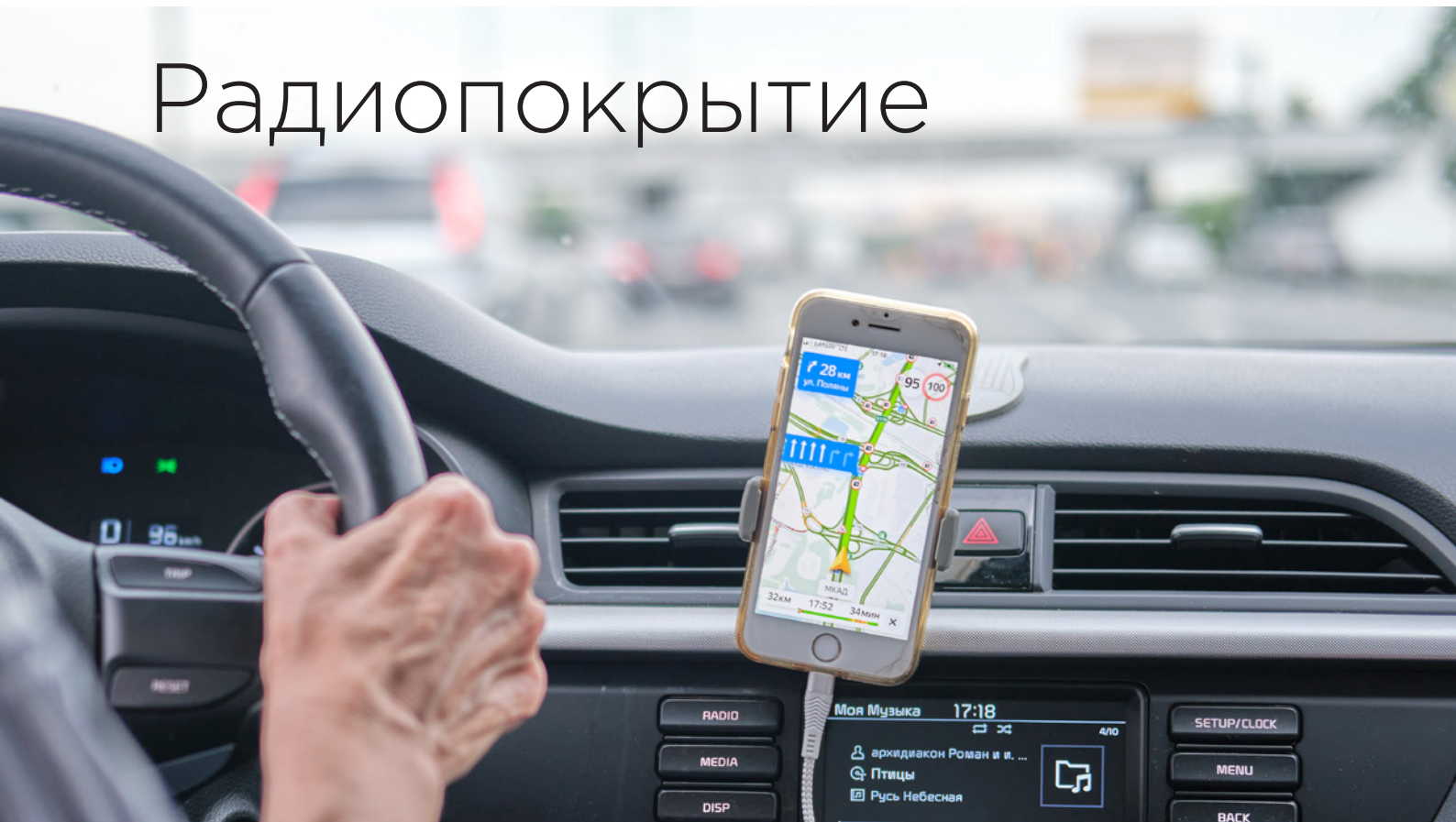
## МЕГАФОН



**Мегафон** занимает четвертую позицию по итоговой оценке. Оценки МегаФона как по качеству голосовой связи, так и по качеству передачи данных соответствуют четвертой позиции. Оценка радиопокрытия в сети МегаФона соответствуют второй позиции. По качеству услуг передачи данных МегаФон уступает Теле2. Существенный вклад в снижение единой итоговой оценки вносит отставание по качеству услуг голосовой связи.



# Радиопокрытие



Для расчета интегральной оценки радиопокрытия используются показатели, характеризующие условные предельные уровни радиосигнала, достаточные для подключения к сети LTE, а также охват маршрута драйв-теста радиопокрытием (см. Приложение 2, Таблица 5).

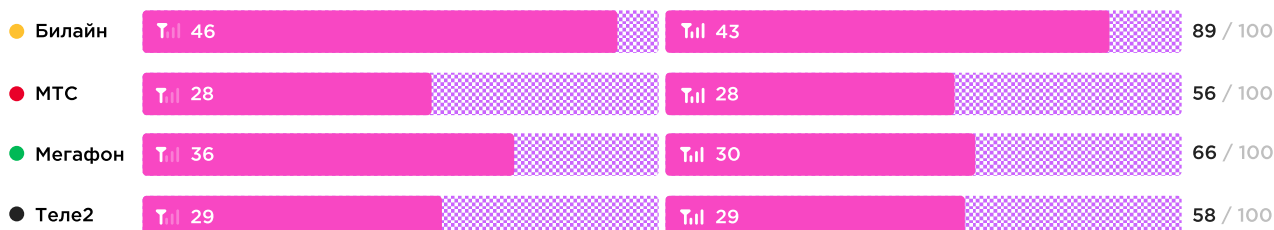
Распределение интегральных оценок радиопокрытия для разных пороговых значений уровня принимаемого радиосигнала, а также общая итоговая оценка приводятся на диаграмме (см. Рисунок 3).

В сети LTE Билайна отмечена наибольшая оценка радиопокрытия при существенном опережении конкурентов. В сети LTE Билайна обеспечивается наиболее полный охват радиопокрытием на основных автомобильных дорогах Подмосковья и в произвольно выбранных садовых товариществах на маршруте драйв-теста. Оценка радиопокрытия в сети МегаФона ниже, чем в сети Билайна и соответствует второй по-

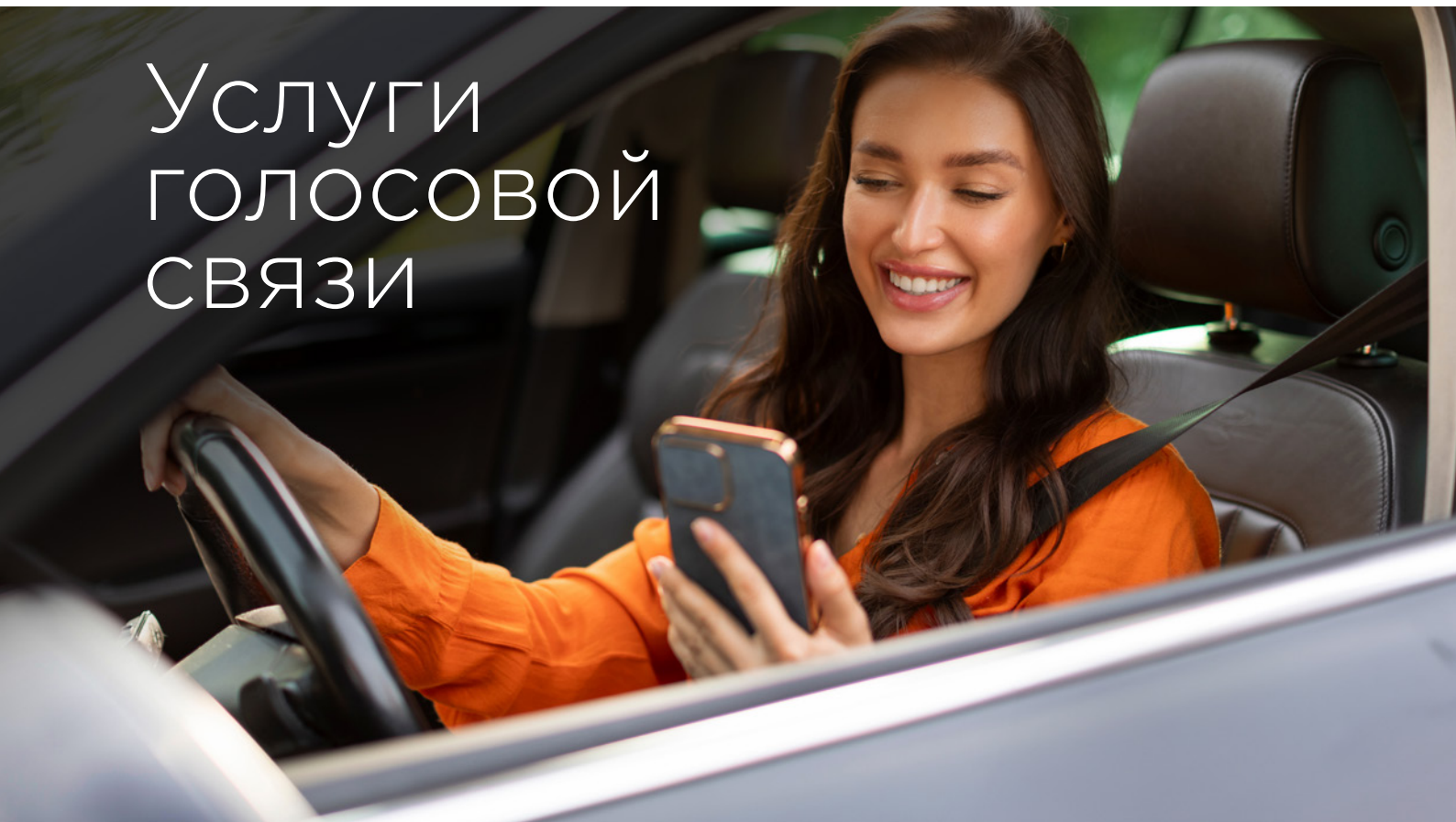
зиции. Tele2 уступает Билайну и МегаФону по качеству радиопокрытия и находится на третьей позиции. В сети МТС оценка радиопокрытия соответствует четвертой позиции при незначительном отставании от Теле2 (на два балла).

В сети LTE Билайна доли значений наилучшего уровня принимаемого опорного сигнала RSRP Best ниже порогов -104 dBm и -114 dBm составляют 4.34% и 0.83% соответственно. В сетях МТС, МегаФона и Теле2 доли значений RSRP Best ниже порога -104 dBm значительно больше и составляют 13.18%, 11.89% и 12.86% соответственно. Кроме того, в сетях МТС, МегаФона и Теле2 доли значений RSRP Best ниже порога -114 dBm составляют 4.32%, 2.74% и 4.18% соответственно.

Рисунок 3. Распределение интегральных оценок радиопокрытия



# 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. Распределение итоговых интегральных оценок качества услуг голосовой связи для традиционных соединений (с коммутацией каналов (CS) или VoLTE) и соединений на основе приложения WhatsApp, а также общая итоговая оценка качества услуг приводятся на диаграмме (см. Рисунок 4). Диаграмма отражает вклад отдельных оценок в единую итоговую интегральную оценку.

Билайн опережает конкурентов и занимает первую позицию по совокупности оценок качества голосовой связи независимо от типа соединения. Оценка качества услуг голосовой связи в сети Tele2 ниже, чем в сети Билайна и соответствует второй позиции в целом и по каждому типу соединения по отдельности. При этом по

качеству услуг голосовой связи на основе приложения WhatsApp отставание Tele2 от Билайна составляет четыре балла. МТС уступает Билайну и Tele2 по качеству голосовых соединений каждого типа и находится на третьей позиции. В сети МегаФона оценки качества голосовой связи как для традиционных соединений, так и для соединений на основе приложения WhatsApp соответствуют четвертой позиции

В Приложении 2 в Таблицах 1—2 приводятся список и значения показателей, на основе которых оценивается качество услуг телефонной связи.

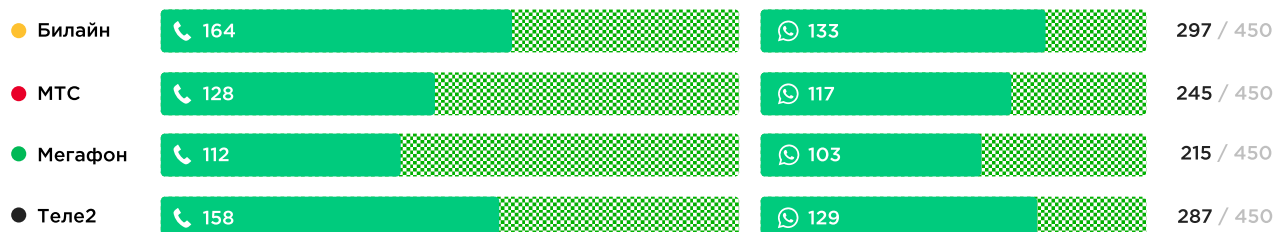


Рисунок 4. Распределение итоговых оценок качества услуг голосовой связи

# Традиционная телефонная связь (с коммутацией каналов или VoLTE)

По совокупности показателей качества традиционной голосовой связи Билайн демонстрирует наилучший результат. Tele2 уступает Билайну, но опережает МТС и МегаФон. МегаФон уступает конкурентам.

В сети Билайн отмечена наилучшая средняя оценка качества речи, значение которой составляет 4.09 MOS. В сети МегаФона средняя оценка качества речи меньше, чем в сети Билайна и составляет 3.89 MOS. МТС уступает Билайну и МегаФону в части средней оценки качества речи. В сети Tele2 средняя оценка качества речи ниже, чем у конкурентов. Фактические значения средней оценки качества речи в сетях МТС и Tele2 составляют 3.84 MOS и 3.59 MOS соответственно.

При этом в сетях Билайна и Tele2 отмечено качество речи не ниже оценки «удовлетворительно» на значительной части маршрута: 90% значений оценок выше 3,32 MOS и 3.41 MOS соответственно (нижняя дециль, 10th percentile). В сети МТС 10% оценок (нижняя дециль) меньше значения 2.64 MOS, что соответствует оценке «плохо». В сети МегаФона 10% оценок не превышают значение 2.59 MOS, что также соответствует оценке «плохо».

Диаграмма на Рисунке 5 дополняет картину в части распределения оценок качества речи на маршруте драйв-теста. Диаграмма отражает распределение градаций качества принимаемой речи, характеризующих степень удовлетворенности абонентов и относительную протяженность соответствующих участков маршрута.

В сети Билайна доля оценок «отлично» заметно больше, чем в сетях конкурентов и составляет 61.85%. В сетях МТС и МегаФона доли оценок «отлично» заметно меньше и составляют 43.07% и 51.36% соответственно. В сети Tele2 оценки «отлично» отсутствуют.

При этом доля оценок «неприемлемо» в сети Tele2 значительно меньше, чем в сетях конкурентов и составляет 0.31%. В сетях Билайна, МТС и МегаФона доли оценок «неприемлемо» составляют 3.47%, 1.73% и 2.74% соответственно.

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.

В сети Билайна традиционные голосовые вызовы реализованы на основе технологии VoLTE почти непрерывно на всем маршруте исследования: доля времени использования составляет около 93%. В сетях МТС и МегаФона относительная продолжительность времени использования технологии VoLTE заметно меньше и составляет около 70% и 77% соответственно. В сети Tele2 традиционные голосовые соединения реализованы на основе технологии WCDMA, технология VoLTE не используется.

В сети WCDMA Tele2 преобладает широкополосный кодек AMR WB 23.85: доля времени использования составляет около 98%. Относительная продолжительность времени использования современного кодека EVS SWB (24,4 кбит/с) в сетях LTE Билайна, МТС и МегаФона составляет 97%, 96% и 96% соответственно. Применение аудиокодеков высокой четкости HD+ (EVS) для звонков в современных сетях LTE (VoLTE) поднимает качество звука на принципиально новый уровень и позволяет сохранять натуральность и тембр голоса собеседника.

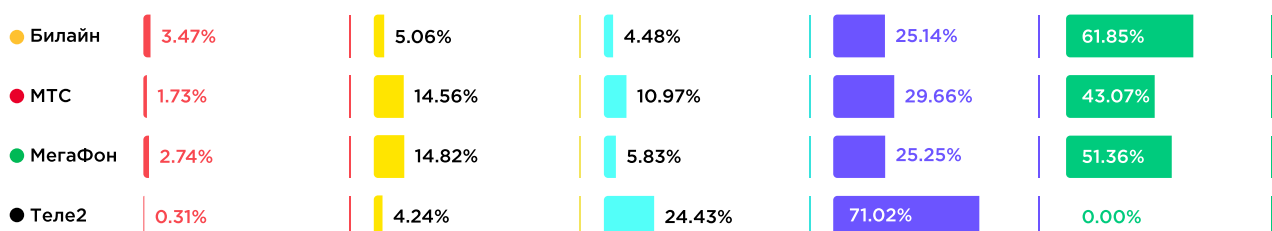


Рисунок 5. Распределение градаций качества принимаемой речи

По характеристикам скорости установления соединения сеть Билайн заметно опережает конкурентов. В частности, в сети Билайна 90% значений времени установления соединения не превышают 4.85 с (верхняя дециль, 90th percentile). В сетях конкурентов значения данного показателя примерно в два раза больше.

Теле2 опережает конкурентов по фактическим значениям показателей, характеризующих доступность (доля отказов) и надежность (доля обрывов) телефонной связи. Доля отказов в сети Теле2 составляет 1.71%, а доля обрывов — 0.75%. В сетях Билайна, МТС и МегаФона значения доли отказов заметно выше, чем в сети Теле2 составляют 3.57% 3.55% и 3.66% соответственно. В сети МТС фактическое значение доли обрывов больше, чем в сети Теле2 и составляет 2.93%. В сетях Билайна и МегаФона отмечены практически равные фактические значения доли обрывов и составляют 4.31% и 4.30% соответственно.

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

Интегральные оценки качества традиционной голосовой связи в баллах в целом отражают относительные позиции сетей операторов в части возможности быстро и успешно дозвониться и поговорить по телефону: наилучший результат демонстрирует Билайн, Теле2 следует за Билайном и опережает МТС. МегаФон уступает конкурентам.



# Голосовые соединения на основе приложения WhatsApp

По совокупности показателей качества соединений на основе приложения WhatsApp Билайн также демонстрирует наилучший результат. Tele2 уступает Билайну, но опережает МТС и МегаФон. МТС следует за Tele2 и опережает МегаФон.

В сети Билайна отмечены наилучшие фактические значения показателей, характеризующих качество речи вызовов, реализованных с помощью приложения WhatsApp. В частности, в сети Билайн отмечена наибольшая средняя оценка качества речи, значение которой составляет 4.16 MOS. В сети Tele2 средняя оценка качества речи ниже, чем в сети Билайн и составляет 4.13 MOS. В части средней оценки качества речи МТС уступает Билайну и Tele2, но опережает МегаФон. Фактические значения средней оценки качества речи в сетях МТС и МегаФона составляют 4.10 MOS и 4.04 MOS соответственно.

При этом в сетях Билайна, МТС и Tele2 отмечено качество речи не ниже оценки «хорошо» на значительной части маршрута: 90% значений оценок выше 3,76 MOS, 3.63 MOS и 3.60 MOS соответственно (нижняя дециль, 10th percentile). В сети МегаФона отмечено 90% оценок (нижняя дециль) выше значения 3.34 MOS, что соответствуют оценке «удовлетворительно».

Диаграмма на Рисунке 6 дополняет картину в части распределения оценок качества речи на маршруте драйв-теста. Диаграмма отражает распределение градаций качества принимаемой речи, характеризующих степень удовлетворенности абонентов и относительную протяженность соответствующих участков маршрута.

В сети Tele2 доля оценок «отлично» больше, чем в сетях конкурентов и составляет 62.39%. В сетях Билайна, МТС и МегаФона отмечены близкие значения доли оценок «отлично» и составляют 49.09%, 49.51% и 48.69% соответственно.

Доля оценок «неприемлемо» в сети Билайна меньше, чем в сетях конкурентов и составляет 1.77%. В сетях МТС, МегаФона и Tele2 доли оценок

«неприемлемо» значительно больше и составляют 3.67%, 5.10% и 3.34% соответственно.

По характеристикам скорости установления соединения сеть Билайн также заметно опережает конкурентов. В частности, в сети Билайна 90% значений времени установления соединения не превышают значения 3.20 с (верхняя дециль, 90th percentile). В сетях конкурентов значения данного показателя заметно больше. По скорости установления соединения МТС уступает Билайну, но опережает Tele2, МегаФон уступает конкурентам. Фактические значения верхней децили времени установления соединения в сетях МТС, МегаФона и Tele2 составляют 4.76 с, 6.65 с и 5.68 с соответственно.

Tele2 опережает конкурентов по фактическим значениям показателей, характеризующих доступность (доля отказов) и надежность (доля обрывов) голосовой связи. Доля отказов в сети Теле2 составляет 2.80%, а доля обрывов – 0.88%. Билайн уступает Теле2, но опережает МТС и МегаФон по характеристикам доступности и надежности соединений на основе приложения WhatsApp.

В сети Билайна доля отказов больше чем в сети Tele2 и составляет 4.94%. В сетях МТС и МегаФона отмечены близкие значения доли отказов и составляют 7.26% и 8.21% соответственно, что заметно больше, чем в сетях Теле2 и Билайн. Доля обрывов в сети Билайна больше чем в сети Теле2. В сетях Билайна и МегаФона отмечены практически равные фактические значения доли обрывов, которые составляют 1.92% и 1.91% соответственно. МТС уступает конкурентам по надежности соединений на основе приложения WhatsApp: доля обрывов в сети МТС составляет 2.52%.

В итоге по совокупности показателей качества соединений на основе приложения WhatsApp наилучший результат демонстрирует Билайн, Теле2 уступает Билайну, но опережает МТС, МегаФон следует за МТС.

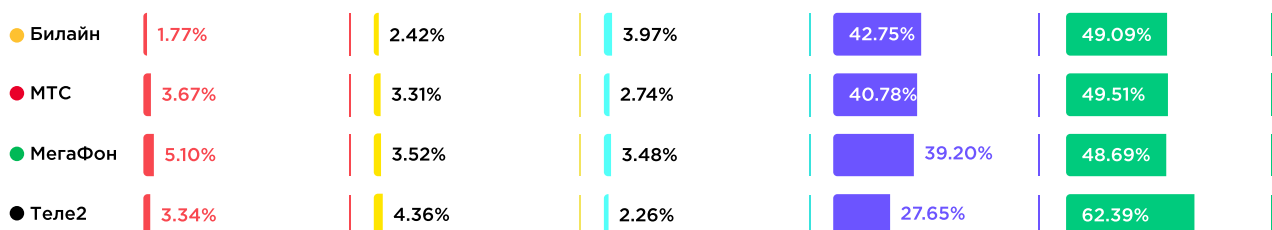


Рисунок 6. Распределение градаций качества принимаемой речи



# Мобильный 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 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 диаграмме (см. Рисунок 7).

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

В сети Билайна отмечена наилучшая оценка качества сервиса передачи данных в интернет (HTTP UL). Оценка качества сервиса загрузки данных из интернета (HTTP DL) в сети Билайна соответствуют третьей позиции при незначительном отставании от Теле2 и МегаФона (на три и один балл соответственно). Оценка качества сервиса загрузки web-страницы (WEB Browsing) в сети Билайна соответствуют второй позиции.

МТС находится на первой позиции по качеству сервиса WEB Browsing, но уступает Билайну по качеству сервиса HTTP UL. Отставание от Билайна по качеству сервиса HTTP UL составляет пятнадцать баллов. Оценка качества сервиса HTTP DL в сети МТС соответствует четвертой по-

зиции. При этом отставание от Билайна составляет шесть баллов. Основной вклад в снижение итоговой интегральной оценки в сети МТС вносит отставание по качеству сервисов HTTP DL и HTTP UL. В результате МТС занимает вторую позицию по совокупности оценок качества сервисов передачи данных

В сети Теле2 отмечена наилучшая оценка качества сервиса HTTP DL. При этом оценки качества сервисов HTTP UL и WEB Browsing в сети Теле2 соответствуют третьей позиции. Отставание по качеству сервисов HTTP UL и WEB Browsing приводит к смещению Теле2 на третью позицию рейтинга итоговых интегральных оценок качества услуг передачи данных.

В сети МегаФона отмечены наименьшие оценки качества сервисов HTTP UL и WEB Browsing. По качеству сервиса HTTP DL МегаФон занимает вторую позицию, опережая Билайн на один балл. Итоговая интегральная оценка качества сервисов передачи данных в сети МегаФона соответствует четвертой позиции.

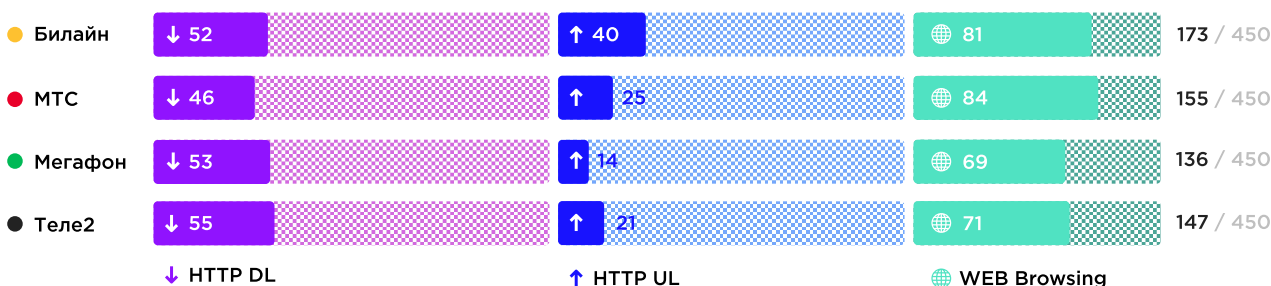
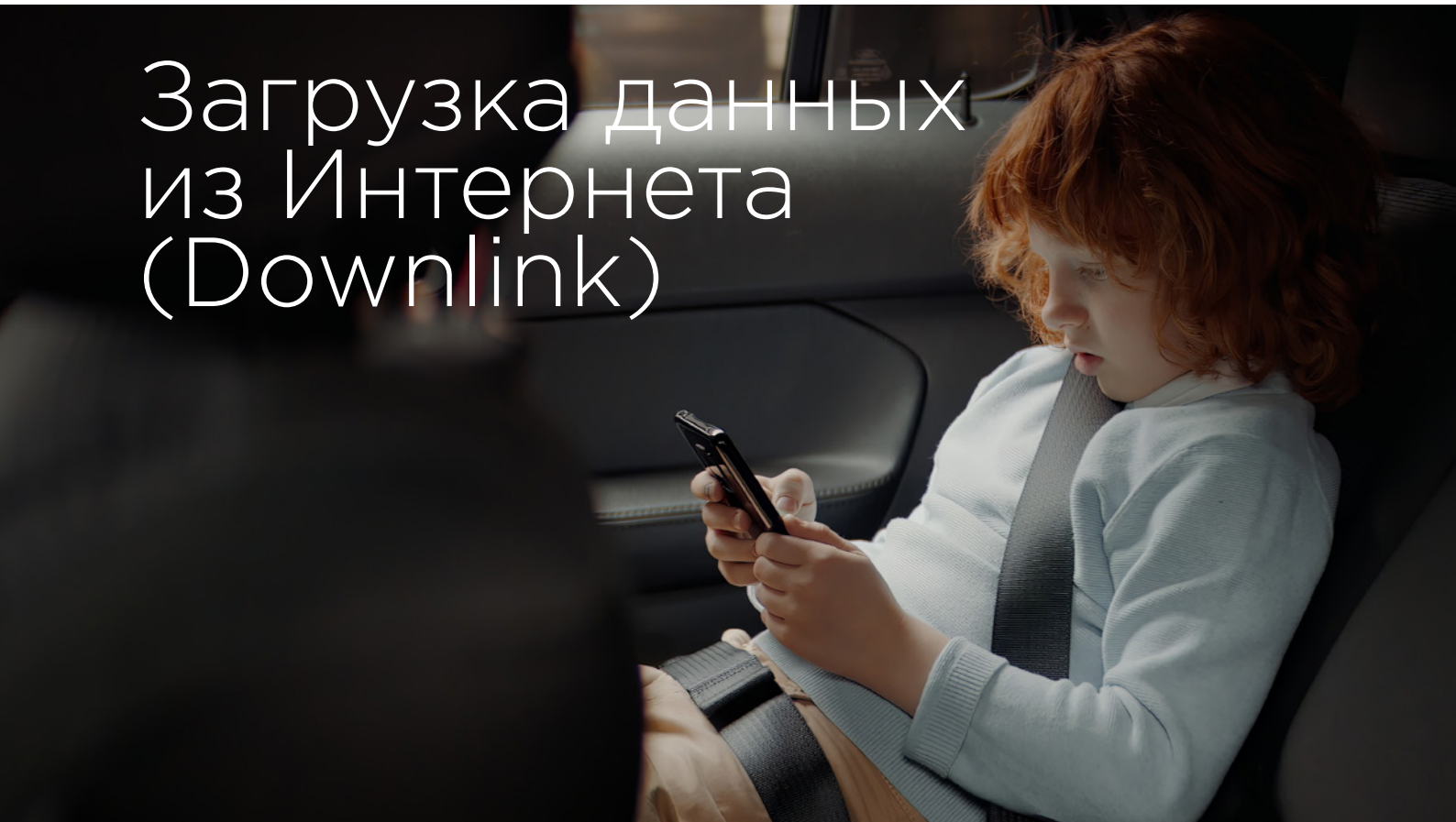


Рисунок 7. Распределение итоговых оценок качества различных сервисов передачи данных

# Загрузка данных из Интернета (Downlink)



В Приложении 2 в Таблице 3 приводятся основные показатели, которые используются при расчете интегральных оценок.

МегаФон демонстрирует наилучшие фактические значения показателей средней скорости и верхней децили (90th percentile). Верхняя дециль характеризует предельные скорости, зарегистрированные в сети. В частности, в сети МегаФона 10% скоростей выше 129 Мбит/с.

В сети Билайна значения показателей средней скорости и верхней децили ненамного меньше, чем в сети МегаФона. В частности, в сети Билайна отмечены высокие предельные скорости: 10% скоростей выше 110 Мбит/с.

МТС уступает Билайну и МегаФону, но опережает Теле2 в части показателей средней скорости и верхней децили. В сети МТС значение верхней децили составляет около 91 Мбит/с, что примерно на 17% меньше, чем в сети Билайна.

В сети Теле2 значения средней скорости, а также верхней децили для сервиса HTTP DL заметно меньше, чем у конкурентов. В частности, значение верхней децили примерно на 30% меньше, чем в сети МТС. В сети Теле2 10% скоростей выше 62 Мбит/с.

Важно отметить, что в сетях Билайна, МТС, МегаФона и Теле2 90% значений скоростей (нижняя дециль, 10th percentile) составляют 3.75 Мбит/с, 4.52 Мбит/с, 3.36 Мбит/с и 2.77 Мбит/с соответственно. В целом в сетях всех операторов на существенной части маршрута обеспечиваются скорости, достаточные для успешного воспроизведения видео в формате 480p, совершения групповых видеозвонков в мессенджерах и использования некоторых игровых приложений онлайн (см. Приложение 1).

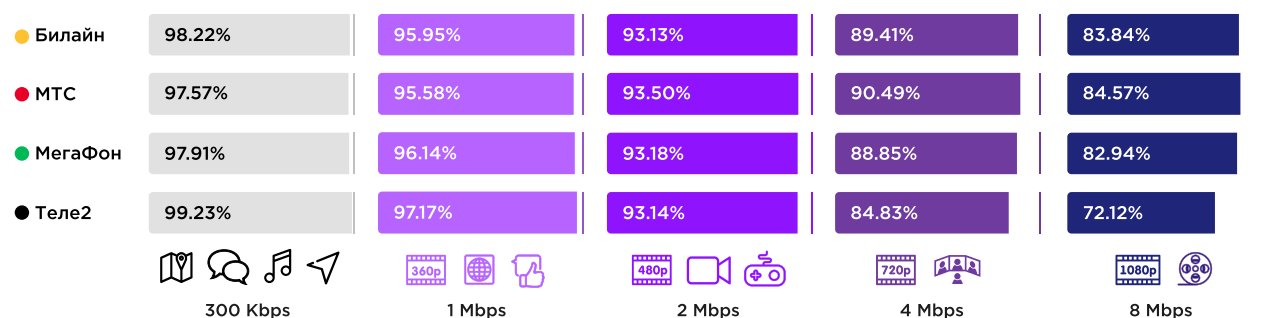


Рисунок 8. Распределение типов сервисов и скоростей (Downlink)



Диаграмма на Рисунке 8 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 на значительной части маршрута отмечены скорости, достаточные для успешного воспроизведения видео высокой четкости в форматах HD 1280x720 или Full HD 1920x1080 и просмотра контента web-страниц: доли скоростей ниже 4 Мбит/с составляют менее 15%. Кроме того, доли значений ниже 1 Мбит/с не превышают 5%, что характеризует высокую стабильность скоростей почти на всем маршруте в сетях всех операторов. При этом в сети Теле2 доля скоростей ниже 1 Мбит/с заметно меньше чем в сетях конкурентов и составляет 2.83%.

Наличие высоких скоростей, кратно превышающих значение 4 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.

Наименьшие доли неуспешных сессий загрузки контента сервисов HTTP DL и WEB Browsing отмечены в сети Теле2 и составляют 1.14% и 2.41% соответственно. В сети Билайна доли неуспешных сессий загрузки контента сервисов HTTP DL и WEB Browsing составляют 1.68% и 2.95% соответственно, что незначительно больше, чем в сети Теле2, но заметно меньше, чем в сетях МТС и МегаФона.

Масштабное использование технологии LTE, а также функции агрегации частотных радиоканалов LTE CA, режима разнесения антенн MIMO и модуляции высокого порядка (64QAM и 256QAM) отмечено во всех сетях. В сети Билайна технология LTE используется практически на всем маршруте драйв-теста: относительная продолжительность времени использования технологии LTE составляет примерно 96%. В сетях МТС, МегаФона и Теле2 доли времени использования технологии LTE заметно меньше и составляют около 85%, 86% и 70% соответственно. Различные комбинации современных технологий, функций и режимов с учетом абонентской нагрузки и качества радиопокрытия позволяют операторам оптимизировать эффективность использования ресурсов сети.

В Приложении 3 для справки приводится распределение технологий и технологических функций в исследуемых сетях.

# Загрузка данных в Интернет (Uplink)

В Приложении 2 в Таблице 4 приводятся показатели, используемые при расчете оценок.

Билайн демонстрирует наилучшие значения всех показателей, характеризующих скорости передачи данных в интернет, включая стабильность. В частности, в сети Билайна зарегистрированы наилучшие фактические значения верхней децили (90th percentile), характеризующей предельные скорости. В сети Билайна 10% скоростей выше 44 Мбит/с. В сети МТС данный показатель составляет около 37 Мбит/с, что примерно на 16% меньше, чем в сети Билайна. В сетях МегаФона и Теле2 значения верхней децили составляют около 31 Мбит/с и 16 Мбит/с.

Диаграмма на Рисунке 9 отражает распределение скоростей, характеризующих относительную продолжительность времени возможного использования различных типов сервисов и приложений на основе загрузки данных в интернет (Uplink).

Билайн демонстрирует наилучшие результаты по стабильности скоростей – доля значений менее 0.6 Мбит/с не выше 4%. В сетях МТС, МегаФона и Теле2 доля значений скоростей ниже 0.6 Мбит/с составляет примерно 5%, 7% и 10% соответственно.

Наименьшая доля неуспешных сессий загрузки данных в интернет отмечена в сети Теле2 и составляет 3.68%. В сети Билайн доли неуспешных сессий составляет 4.24%, что незначительно больше, чем в сети Теле2, но меньше, чем в сетях МТС и МегаФона. В сетях МТС и МегаФона доли неуспешных сессий составляют 6.02% и 7.81% соответственно.

В итоге оценка качества сервиса HTTP UL в сети Билайна на 15 баллов выше, чем в сети ближайшего конкурента МТС. По совокупности показателей качества сервиса HTTP UL МТС уступает Билайну, но опережает Теле2. Интегральная оценка качества сервиса HTTP UL в сети МегаФона соответствует четвертой позиции.

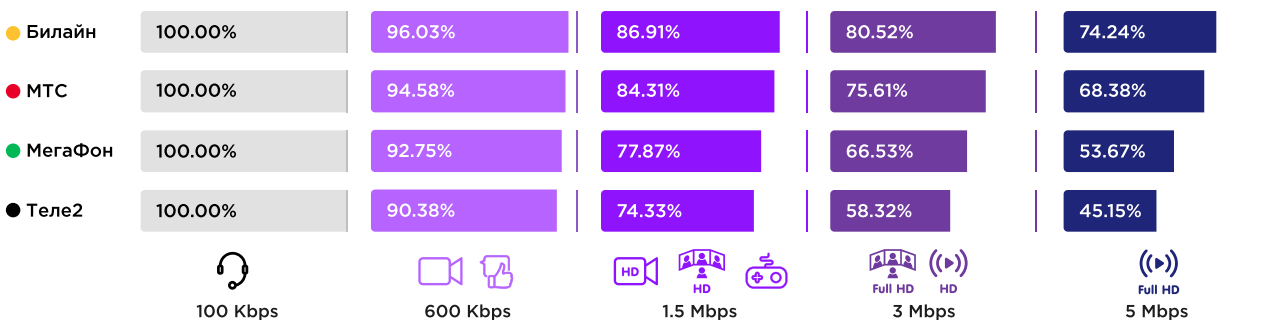


Рисунок 9. Распределение типов сервисов и скоростей (Uplink)



# Выводы



**Билайн** занимает первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи в Московской области.

Важно отметить, что Билайн обеспечивает наиболее полный охват радиопокрытием в сети LTE автомобильных дорог и произвольно выбранных садовых товариществ на маршруте драйв-теста и занимает первую позицию рейтинга оценок радиопокрытия.

По качеству голосовой связи Билайн демонстрирует наибольшие оценки как для традиционных соединений, так и для соединений на основе приложения WhatsApp. В частности, в сети Билайна преобладает высокое качество речи, соответствующее оценкам «хорошо» и «отлично» по шкале MOS, независимо от типа соединения. Кроме того, Билайн заметно опережает конкурентов по скорости установления голосового соединения каждого типа.

По характеристикам доступности и надежности голосовой связи обоих типов соединений Билайн уступает только Теле2, что не приводит к снижению интегральной оценки и позволяет сохранить первую позицию в рейтинге оценок качества голосовой связи.

По совокупности оценок качества сервисов мобильного интернета Билайн занимает первую позицию и опережает конкурентов. Оценка качества сервиса HTTP UL в сети Билайна на 15 баллов выше, чем в сети ближайшего соперника МТС. Отставание Билайна от Теле2 на три балла и от МегаФона на один балл по качеству сервиса HTTP DL, а также отставание от МТС на три балла по качеству сервиса WEB Browsing не приводит к снижению интегральной оценки.

Билайн демонстрирует высокие скорости загрузки данных сервиса HTTP DL, практически не уступая МегаФону. По скоростным характеристикам сервиса HTTP UL Билайн существенно опережает конкурентов. Высокие скорости обмена данными с ресурсами мобильного интернета как при загрузке контента в абонентское устройство, так и при передаче данных в интернет заметно повышают относительную позицию Билайна в рейтинге.

По характеристикам успешности всех тестируемых сервисов мобильного интернета Билайн уступает только Теле2, что не оказывает существенного влияния на интегральную оценку качества услуг передачи данных.

Заметное опережение конкурентов по качеству сервиса HTTP UL, с учетом высоких оценок качества сервисов HTTP DL и WEB Browsing, поднимает общую интегральную оценку качества услуг мобильного интернета в сети Билайна на первую позицию.



**Теле 2** следует за Билайном и находится на второй позиции в рейтинге.

В сети Теле2 оценки качества голосовой связи ниже, чем в сети Билайна и соответствуют второй позиции, как для традиционных соединений CS/VoLTE, так и для соединений на основе приложения WhatsApp,

По характеристикам доступности и надежности голосовой связи каждого типа соединений Теле2 демонстрирует наилучшие результаты и опережает конкурентов.

По совокупности характеристик качества речи традиционных соединений CS/VoLTE Теле2 уступает конкурентам. В частности, в сети Теле2 отсутствуют оценки «отлично» качества речи. Для голосовых соединений на основе WhatsApp Теле2 в целом практически не уступает Билайну по качеству речи.

По скорости установления соединений каждого типа Теле2 заметно уступает Билайну, что приводит к снижению интегральной оценки и смещению Теле2 на вторую позицию рейтинга оценок качества голосовой связи.

По совокупности оценок качества сервисов мобильного интернета Теле2 находится на третьей позиции.

В частности, Теле2 уступает конкурентам в целом по скоростным характеристикам сервисов HTTP UL и HTTP DL. Оценки качества сервисов HTTP UL и WEB Browsing в сети Теле2 соответствуют третьей позиции.

При этом, в сети Теле2 отмечена наилучшая интегральная оценка качества сервиса HTTP DL. Кроме того, по характеристикам успешности всех тестируемых сервисов мобильного интернета Теле2 опережает конкурентов.

В результате, несмотря на относительное снижение интегральной оценки качества мобильного интернета, Теле2 занимает вторую позицию в итоговом рейтинге.

В части радиопокрытия в сети LTE Теле2 находится на третьей позиции, отставая на восемь баллов от МегаФона.





**МТС** занимает третью позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи.

В сети МТС оценки качества голосовой связи ниже, чем в сетях Билайна и Теле2 и соответствуют третьей позиции. По совокупности характеристик, отражающих качество как традиционных голосовых соединений CS/VoLTE, так и соединений на основе приложения WhatsApp МТС уступает Билайну и Теле2.

МТС незначительно уступает Билайну в части высоких скоростей сервисов HTTP DL и HTTP UL. Оценка качества сервиса HTTP UL в сети МТС соответствуют второй позиции. По качеству сервиса HTTP DL МТС уступает конкурентам. При этом, в сети МТС отмечена наилучшая интегральная оценка качества сервиса WEB Browsing.

Оценка качества сервиса HTTP DL в сети МТС соответствует четвертой позиции. При этом отставание от Билайна составляет шесть баллов. Основной вклад в снижение итоговой интегральной оценки в сети МТС вносит отставание по качеству сервисов HTTP DL и HTTP UL. По совокупности оценок качества сервисов передачи данных МТС уступает Билайну, но опережает Теле2 и МегаФон.

В результате по качеству мобильного интернета МТС находится на второй позиции, что не приводит к существенному увеличению общей оценки качества услуг мобильной связи.

В части радиопокрытия в сети LTE МТС занимает четвертую позицию, отставая от Теле2 всего на два балла.



**МегаФон** занимает четвертую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильной связи.

В сети МегаФона оценки качества голосовой связи как для традиционных соединений, так и для соединений на основе WhatsApp соответствуют четвертой позиции.

МегаФон демонстрирует самые высокие скорости загрузки данных сервиса HTTP DL, незначительно опережая Билайн. По скоростным характеристикам сервиса HTTP UL МегаФон уступает Билайну и МТС и опережает Теле2. По качеству сервиса HTTP DL МегаФон занимает вторую позицию. При этом наименьшие оценки качества сервисов HTTP UL и WEB Browsing отмечены в сети МегаФона.

В результате по совокупности оценок качества сервисов мобильного интернета МегаФон уступает конкурентам и находится на четвертой позиции.

В части радиопокрытия в сети LTE МегаФон заметно уступает Билайну и занимает вторую позицию.



В сети каждого оператора существуют проблемные участки, на которых отмечено низкое качество услуг, включая отказы, обрывы и невозможность поговорить по телефону или обмениваться данными с помощью Интернета. Доля таких событий на маршруте, как правило, не превышает 5% 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.

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. 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 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 4502 км. Маршрут драйв-теста охватывает основные автомобильные дороги федерального и регионального значения на территории Московской области от ЦКАД до границ области, а также территории произвольно выбранных садовых товариществ.

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 (Рисунок 10) 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 2500 повторяющихся голосовых соединений типа «мобильный — мобильный» длительностью 120 секунд, а также около 2600 сессий загрузки данных одновременно в сети каждого оператора. Каждая сессия загрузки данных включает серию тестов загрузки файла (Downlink и Uplink) фиксированной длительности (FDTT, см. ETSI TR 102678) и «эталон-

ной» 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 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.



Рисунок 10. Измерительный комплекс Nemo Invex II, установленный в автомобиле.



# 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 традиционной телефонной связи (CS/VoLTE)

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Telephony Service Non-Accessibility, %	Доля отказов при установлении голосовых соединений, %	3.57	3.55	3.66	1.71
Cut-off Call Ratio, %	Доля обрывов установленных голосовых соединений, %	4.31	2.93	4.30	0.75
Telephony Speech Quality on Sample Basis < 1,5 [MOS], %	Доля оценок качества образца речи < 1,5 [MOS], %	3.47	1.73	2.74	0.31
Telephony Speech Quality on Sample Basis, Avg [MOS]	Оценка качества образца речи, среднее значение, [MOS]	4.09	3.84	3.89	3.59
Telephony Speech Quality on Sample Basis, P10, [MOS]	Оценка качества образца речи, нижняя дециль, [MOS]	3.32	2.64	2.59	3.41
Telephony Setup Time, s	Время установления соединения, среднее значение, сек.	3.23	4.21	4.96	7.48
Telephony Setup Time P90, s	Время установления соединения, верхняя дециль, сек.	4.85	9.80	11.33	9.60

Таблица 2.  
Показатели качества услуг телефонной связи (приложение WhatsApp)

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
Telephony Service Non-Accessibility, %	Доля отказов при установлении голосовых соединений, %	4.94	7.26	8.21	2.80
Cut-off Call Ratio, %	Доля обрывов установленных голосовых соединений, %	1.92	2.52	1.90	0.88
Telephony Speech Quality on Sample Basis < 1,5 [MOS], %	Доля оценок качества образца речи < 1,5 [MOS], %	1.77	3.67	5.10	3.34
Telephony Speech Quality on Sample Basis, Avg [MOS]	Оценка качества образца речи, среднее значение, [MOS]	4.16	4.10	4.04	4.13
Telephony Speech Quality on Sample Basis, P10, [MOS]	Оценка качества образца речи, нижняя дециль, [MOS]	3.76	3.63	3.34	3.60
Telephony Setup Time, s	Время установления соединения, среднее значение, сек.	2.78	3.05	3.28	3.21
Telephony Setup Time P90, s	Время установления соединения, верхняя дециль, сек.	3.20	4.76	6.65	5.68



Таблица 3.  
Показатели качества услуг передачи данных DL

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	Мегафон	Теле2
<b>HTTP Data DL</b>					
<b>HTTP DL Session Success Ratio, %</b>	Доля успешных сессий загрузки данных с сервера HTTP, %	98.32	97.78	97.58	98.86
<b>HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, Мбит/с	48.76	43.90	54.63	25.96
<b>HTTP Mean User Data Rate DL &lt; 1 Mbps, %</b>	Доля значений скоростей загрузки данных с сервера HTTP < 1 Мбит/с, %	4.05	4.42	3.86	2.83
<b>10th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	3.75	4.52	3.36	2.77
<b>90th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	110.85	91.54	129.46	62.22
<b>WEB Browsing</b>					
<b>WEB Browsing Session Success Ratio, %</b>	Доля успешных сессий загрузки WEB-страницы, %	97.05	96.37	95.13	97.59
<b>WEB Browsing Session Time, s</b>	Время загрузки WEB-страницы, среднее значение, сек.	2.14	1.99	2.31	2.45
<b>WEB Browsing Session Time, P90, s</b>	Время загрузки WEB-страницы, верхняя дециль, сек.	3.52	3.06	4.25	4.53

Таблица 4.  
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, %	95.76	93.98	92.19	96.32
<b>HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, Мбит/с	18.89	16.13	11.08	6.25
<b>HTTP Mean User Data Rate UL &lt; 0,6 Mbps, %</b>	Доля значений скоростей загрузки данных на сервер HTTP < 0,6 Мбит/с, %	3.97	5.42	7.25	9.62
<b>10th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	1.11	0.96	0.72	0.62
<b>90th percentile of HTTP Mean User Data Rate UL, Mbps</b>	Средняя скорость загрузки данных на сервер HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	44.36	37.44	30.62	15.59

Таблица 5.  
Показатели, характеризующие радиопокрытие в сети LTE

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МТС	Мегафон	Теле2
<b>RSRP Best &lt; -114 dBm, %</b>	Доля значений принимаемого сигнала в сети LTE < -114 dBm, %	0.83	4.32	2.74	4.18
<b>RSRP Best &gt; -104 dBm, %</b>	Доля значений принимаемого сигнала в сети LTE > -104 dBm, %	95.66	86.82	88.11	87.14

# Показатели качества

В Таблицах 1—3 приводятся распределения технологий и речевых кодеков, зарегистрированных тестовыми устройствами в активном режиме во время голосового соединения.

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
GSM 900, %	5.53	11.91	4.35	0.00
GSM 1800, %	1.34	7.17	10.11	0.68
WCDMA 900, %	0.00	5.49	1.95	0.00
WCDMA 2100, %	0.08	5.06	6.79	99.32
LTE 800 band 20, %	6.36	5.87	9.82	0.00
LTE 900 band 8, %	23.98	0.00	0.00	0.00
LTE 1800 band 3, %	46.75	60.79	56.17	0.00
LTE 2100 band 1, %	10.98	0.48	0.19	0.00
LTE 2600 band 7, %	4.98	2.99	10.62	0.00
LTE 2600 band 38, %	0.00	0.24	0.00	0.00

Таблица 1.  
Распределение сервирующих технологий во время разговора (режим CS/VoLTE)

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>4G (VoLTE)</b>				
EVS, %	97.19	95.93	95.52	0.00
AMR WB, %	2.76	3.93	2.78	0.00
AMR NB, %	0.05	0.14	1.70	0.00
<b>3G</b>				
AMR WB, %	100	95.66	85.14	100
AMR NB, %	0.00	4.34	14.86	0.00
<b>2G</b>				
FR, %	-	-	-	-
EFR, %	-	-	-	-
AMR NB, %	19.01	17.78	69.42	66.38
AMR WB, %	80.99	82.22	30.58	33.62

Таблица 2.  
Распределение речевых кодеков

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
GSM 900, %	1.69	2.66	1.52	0.00
GSM 1800, %	0.27	1.44	2.58	2.38
WCDMA 900, %	0.00	2.88	1.65	0.00
WCDMA 2100, %	0.00	3.5	7.66	24.29
LTE 800 band 20, %	2.38	2.09	5.15	14.39
LTE 900 band 8, %	8.95	0.00	0.00	0.00
LTE 1800 band 3, %	65.43	82.03	65.64	1.78
LTE 2100 band 1, %	14.99	0.46	0.15	2.93
LTE 2600 band 7, %	6.29	4.14	15.65	45.66
LTE 2600 band 38, %	0.00	0.80	0.00	0.00
LTE 2300 band 40, %	0.00	0.00	0.00	8.57

Таблица 3.  
Распределение сервирующих технологий во время разговора (режим WhatsApp)

В таблицах 4—8 приводится распределение технологий, функций, режимов, зарегистрированных тестовыми устройствами при передаче данных.

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>GSM 900, %</b>	2.70	3.90	1.58	0.39
<b>GSM 1800, %</b>	0.63	1.16	4.48	0.73
<b>WCDMA 900, %</b>	0.00	5.88	2.66	0.00
<b>WCDMA 2100, %</b>	0.33	3.80	5.70	28.83
<b>LTE 800 band 20, %</b>	1.90	2.49	15.69	20.81
<b>LTE 900 band 8, %</b>	10.67	0.00	0.08	0.10
<b>LTE 1800 band 3, %</b>	75.96	74.10	59.02	1.94
<b>LTE 2100 band 1, %</b>	5.82	0.77	0.03	4.16
<b>LTE 2600 band 7, %</b>	1.99	6.58	10.76	39.28
<b>LTE 2600 band 38, %</b>	0.00	1.32	0.00	0.00
<b>LTE 2300 band 40, %</b>	0.00	0.00	0.00	3.76

Таблица 4.  
Распределение сервирующих технологий

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>Non-CA LTE 800, %</b>	1.95	1.99	2.88	15.34
<b>Non-CA LTE 900, %</b>	10.14	0.00	0.09	0.14
<b>Non-CA LTE 1800, %</b>	47.79	67.90	24.49	0.60
<b>Non-CA LTE 2100, %</b>	0.94	0.36	0.03	0.94
<b>Non-CA LTE 2600, %</b>	0.82	2.18	1.20	18.36
<b>Non-CA LTE 2600 (TDD), %</b>	0.00	0.40	0.00	0.00
<b>Non-CA LTE 2300 (TDD), %</b>	0.00	0.00	0.00	0.40
<b>LTE 2CC, %</b>	31.63	19.90	28.93	51.89
<b>LTE 3CC, %</b>	6.70	5.87	24.72	12.32
<b>LTE 4CC, %</b>	0.03	1.39	12.70	0.00
<b>LTE 5CC, %</b>	0.00	0.00	4.96	0.00

Таблица 5.  
Распределение режимов агрегации частот

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>QPSK, %</b>	13.09	13.03	19.84	8.62
<b>16QAM, %</b>	21.84	24.28	26.35	21.60
<b>64QAM, %</b>	38.61	43.46	47.70	46.81
<b>256QAM, %</b>	26.46	19.23	6.11	22.97

Таблица 6.  
Распределение типов модуляции DL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>QPSK, %</b>	29.27	39.71	51.37	19.57
<b>16QAM, %</b>	27.76	35.99	28.97	27.45
<b>64QAM, %</b>	42.96	24.30	19.65	52.98

Таблица 7.  
Распределение типов модуляции UL

	Билайн	МТС	МегаФон	Теле2
<b>MIMO not used, %</b>	16.76	18.34	22.72	23.39
<b>MIMO 2x2, %</b>	79.64	80.18	76.68	71.29
<b>MIMO 4x4, %</b>	3.60	1.48	0.60	5.32

Таблица 8.  
Распределение режимов MIMO



# 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. Итоговая интегральная оценка рассчитывается на основе интегральных оценок для каждого сервиса. 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: голосовая связь, просмотр видео, отправка данных в Интернет, загрузка данных из Интернета и др. На Рисунке 11 для наглядности приводится схема агрегации показателей и оценок, используемых в данном исследовании, с указанием весовых коэффициентов для разных типов сервисов.

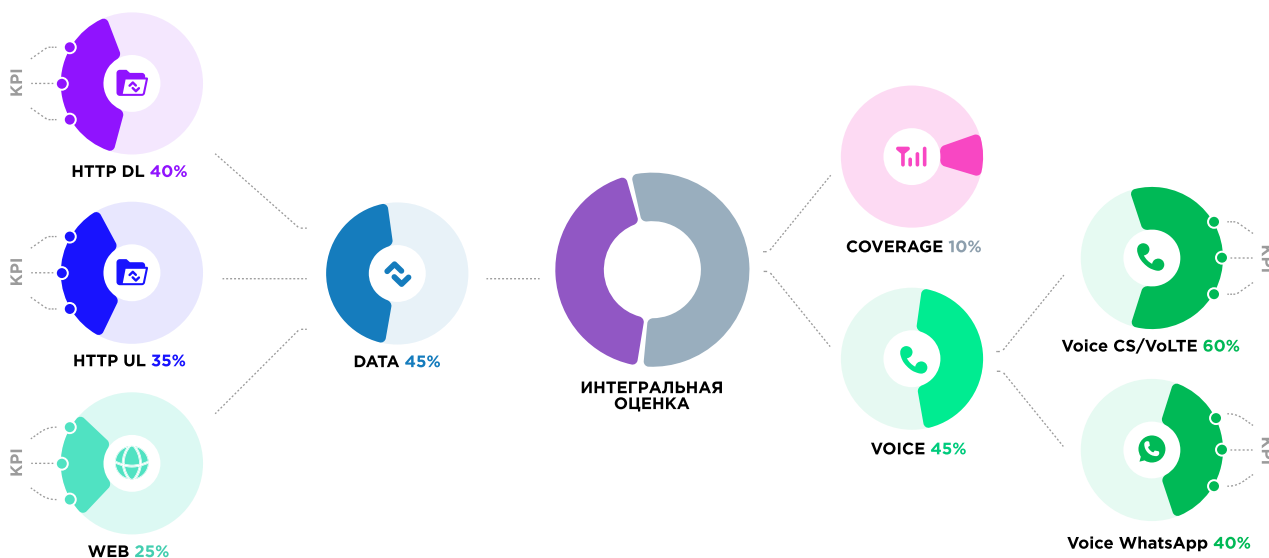


Рисунок 11.  
Схема агрегации показателей и оценок