

Качество мобильной связи в Алматинской агломерации Республики Казахстан

Лето 2026



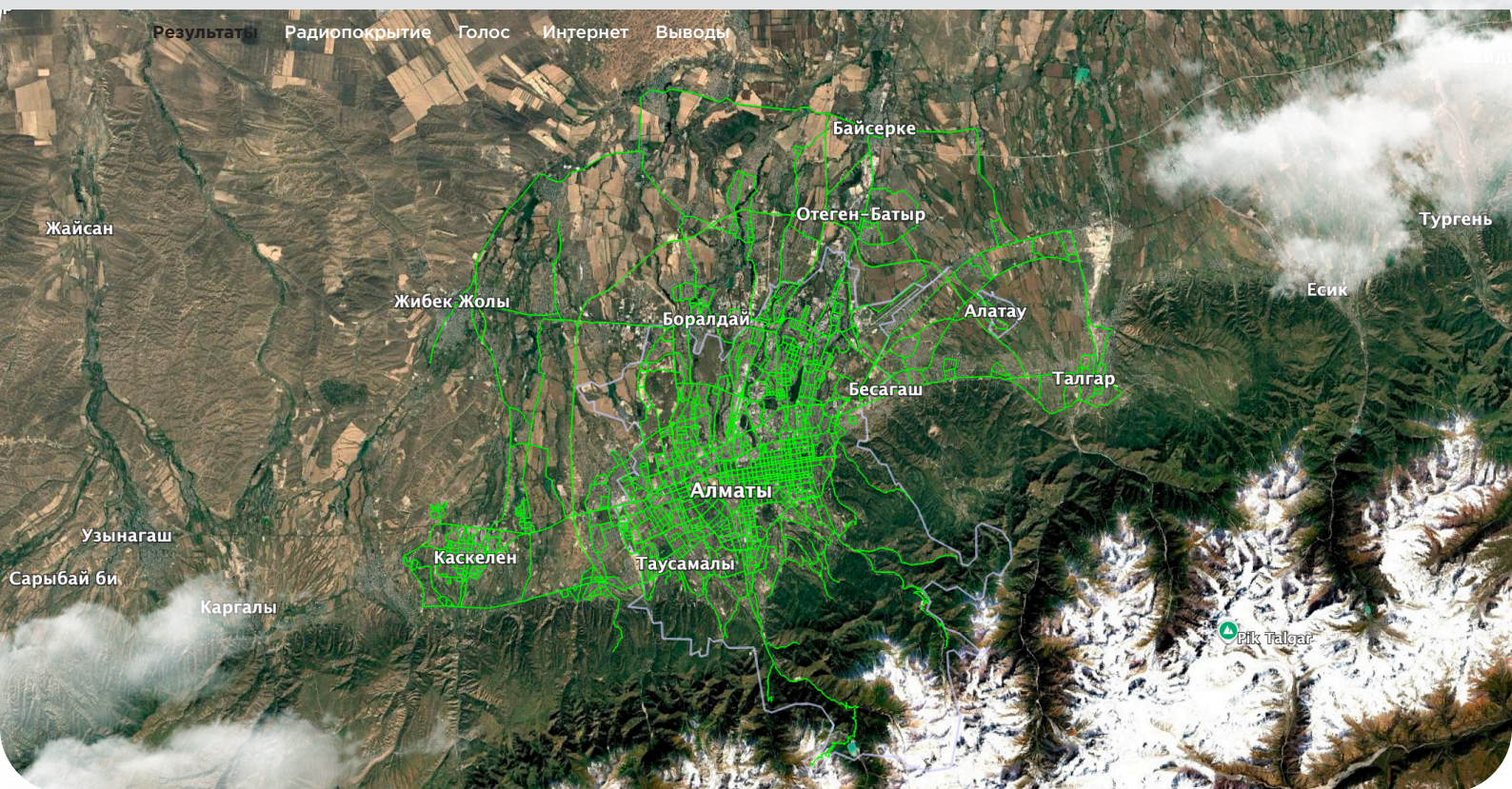


Рисунок 1. Карта маршрута

Компания DMTEL публикует результаты очередного исследования, которое проведено на территории Алматинской агломерации Республики Казахстан. Комплексная оценка и сравнение характеристик качества услуг мобильной связи выполнены в период с 21 июля по 6 августа 2026 г. Общая протяженность маршрута составляет 2467 км (см. рис. 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 сетям LTE (4G) и NR (5G), и пользования услугами мобильной связи.

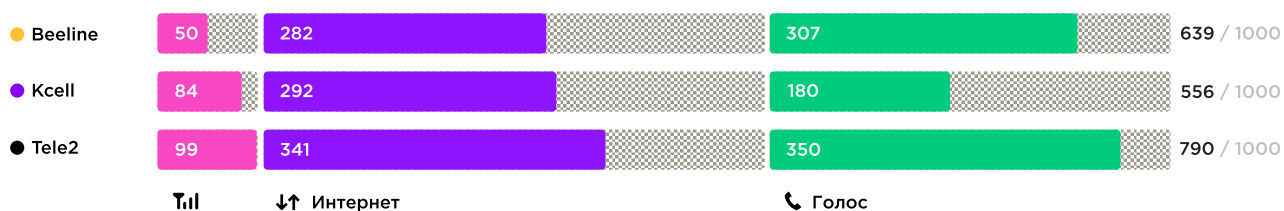
На основе таких показателей рассчитываются единые интегральные оценки, которые отражают относительные позиции операторов (рейтинги). Для наглядности приводятся по отдельности рейтинги на основе интегральных оценок качества голосовой связи, мобильного интернета и радиопокрытия в сетях LTE (4G) и NR (5G),

Распределение итоговых оценок качества услуг связи представлено на диаграмме на рис. 2. Единые итоговые оценки характеризуют интегральное качество услуг голосовой связи, мобильного интернета и радиопокрытия. Все единые итоговые оценки ниже максимального значения (1000 баллов), что указывает на наличие в сети каждого оператора факторов, негативно влияющих на качество услуг связи.

Рейтинги на основе интегральных оценок отражают текущее состояние и приоритеты развития сетей.

В Приложении 1 в таблицах 1–4 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



TELE2

Tele2 опережает конкурентов и уверенно занимает первую позицию в рейтинге оценок качества услуг мобильной связи на территории Алматинской агломерации. В сети Tele2 итоговые оценки качества голосовой связи, мобильного интернета и радиопокрытия заметно выше, чем в сетях конкурентов, и соответствуют первой позиции.



Beeline следует за Tele2 и находится на второй позиции рейтинга итоговых оценок. По качеству голосовой связи Beeline уступает только Tele2 и занимает вторую позицию. Оценки качества мобильного интернета и радиопокрытия в сети Beeline соответствуют третьей позиции.

Kcell



Kcell отстает от конкурентов и занимает третью позицию рейтинга. Оценки качества мобильного интернета и радиопокрытия в сети Kcell соответствуют второй позиции. По качеству голосовой связи Kcell существенно отстает от конкурентов и занимает третью позицию.

Радиопокрытие



Для расчета интегральной оценки радиопокрытия используются показатели, характеризующие условные предельные уровни радиосигнала, достаточные для подключения к сетям LTE и NR, а также охват маршрута драйв-теста радиопокрытием (см. Приложение 1, таблица 4).

Распределение интегральных оценок радиопокрытия на основе пороговых значений уровня принимаемого радиосигнала в сетях LTE и NR, а также общая итоговая оценка приводятся на диаграмме (см. рис. 3).

Tele2 демонстрирует наибольшую итоговую оценку радиопокрытия и занимает первую позицию. Kcell следует за Tele2. В сети Beeline отмечена наименьшая оценка, соответствующая третьей позиции.

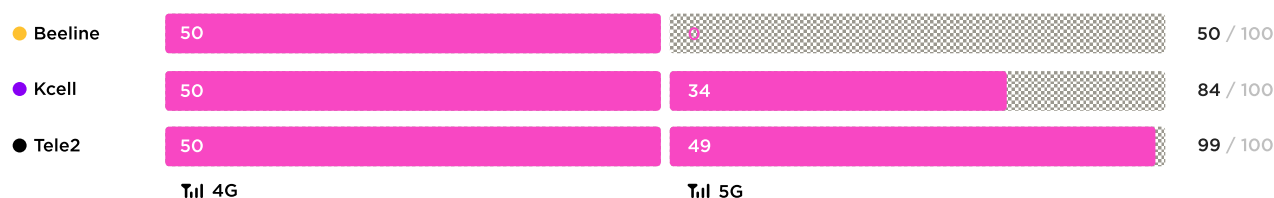
В сетях LTE операторы Beeline, Kcell и Tele2 обеспечивают почти непрерывное радиопокрытие: доли значений наилучшего уровня сигнала RSRP Best ниже -114 dBm не превышают 0.22%.

В итоге Beeline, Kcell и Tele2 демонстрируют одинаковые максимальные оценки, и разделяют первую позицию по радиопокрытию в сетях LTE на территории Алматинской агломерации.

В сети NR Tele2 отмечена наименьшая общая относительная протяженность участков, на которых отсутствует радиопокрытие: доля значений SS-RSRP Best ниже порога -114 dBm составляет 0.47%. В сети Kcell относительная протяженность таких участков многократно больше: доля значений SS-RSRP Best ниже -114 dBm равна 9.88%. В сети NR Beeline радиопокрытие полностью отсутствует на маршруте драйв-теста.

В результате Tele2 демонстрирует наилучший результат и занимает первую позицию по радиопокрытию в сети NR на территории Алматинской агломерации. Kcell следует за Tele2, отставая на пятнадцать баллов. Отсутствие радиопокрытия в сети NR Beeline приводит к снижению оценки до минимального значения (0 баллов) и смещению на третью позицию.

Рисунок 3.
Распределение итоговых интегральных оценок радиопокрытия



Голосовая связь

Интегральная оценка качества услуг голосовой связи характеризует возможность быстро и успешно дозвониться, чтобы совершить телефонный разговор без обрыва и искажений голоса собеседника.

Tele2 существенно опережает конкурентов по доступности и надежности голосовой связи. В частности, в сети Tele2 отмечены наименьшие доли отказов и обрывов, и равны 4.01% и 1.04% соответственно. В сети Tele2 90% оценок качества речи выше 3.69 MOS (нижний дециль, 10th percentile), что соответствует оценке «хорошо». При этом доля оценок «неприемлемо» (ниже 1.5 MOS) в сети Tele2 значительно меньше, чем у конкурентов, и равна 2.22%. По скорости голосового соединения Tele2 также показывает наилучший результат: 90% значений времени установления соединения ниже 3.57 с (верхний дециль, 90th percentile).

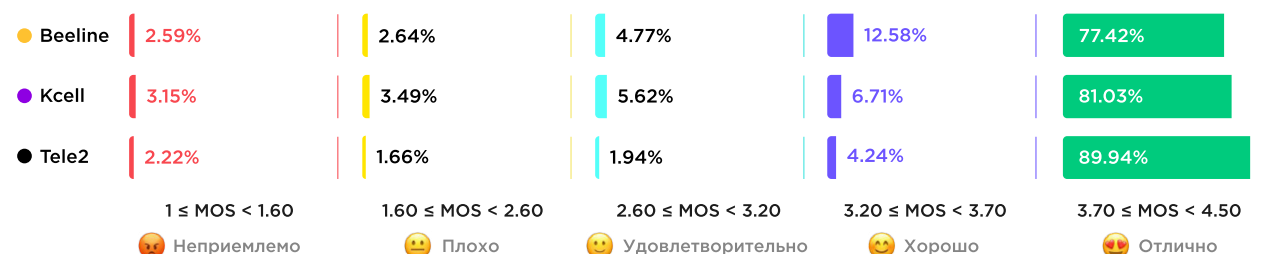
В результате по совокупности показателей качества голосовой связи Tele2 демонстрирует наибольшую итоговую оценку и уверенно занимает первое место, существенно опережая конкурентов.

Beeline, заметно уступает Tele2, но опережает Kcell по доступности и надежности голосовой связи: доли отказов и обрывов равны 5.45% и 1.79% соответственно. В сети Beeline 90% оценок качества речи выше 3.20 MOS, что соответствует нижней границе диапазона значений оценки «хорошо». Доля оценок «неприемлемо» в сети Beeline немного больше, чем в сети Tele2, и равна 2.59%. Beeline почти не уступает Tele2 по скорости соединения: 90% значений времени установления соединения ниже 4.12 с.

В результате Beeline, занимает вторую позицию по качеству голосовой связи, существенно опережая Kcell.

Kcell значительно уступает конкурентам по доступности и надежности голосовой связи. В сети Kcell доли отказов и обрывов равны 12.15% и 10.07% соответственно, что кратно больше, чем у других операторов. В сети Kcell 90% оценок качества речи выше 3.00 MOS, что соответствует оценке «удовлетворительно». Доля оценок «неприемлемо» в сети Kcell больше, чем у конкурентов, и равна 3.15%. В сети Kcell 90% значений времени установления соединения ниже 5.15 с,

Рисунок 4. Распределение градаций качества принимаемой речи



что немного хуже, чем в сетях Tele2 и Beeline. Отставание от конкурентов по доступности и надежности голосовой связи приводит к значительному снижению итоговой оценки.

В результате оценка в сети Kcell значительно ниже, чем в сетях конкурентов, и соответствует третьей позиции рейтинга оценок качества голосовой связи на территории Алматинской агломерации.

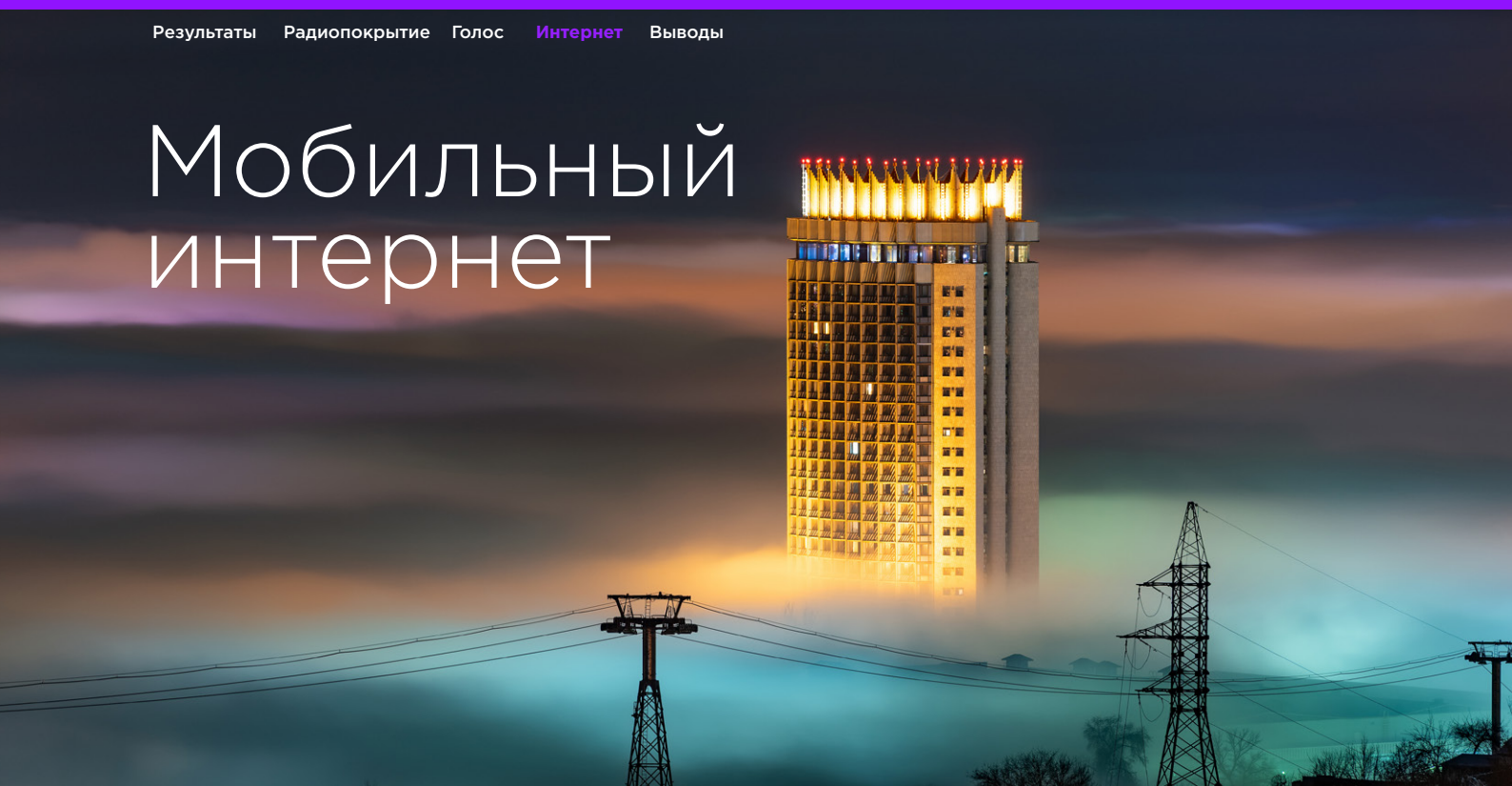
Диаграмма на рис. 4 дополняет картину в части распределения оценок качества речи на маршруте драйв-теста. Диаграмма отражает распределение градаций качества принимаемой речи, характеризующих степень удовлетворенности абонентов и относительную протяженность соответствующих участков маршрута. Соответствие оценок по шкале MOS реальному качеству воспринимаемой абонентом речи приводится в Приложении 3.

В сети Tele2 отмечена наибольшая относительная протяженность участков маршрута, на которых обеспечивается высокое качество речи: доля оценок «отлично» составляет почти 90%. В сети Kcell доля оценок «отлично» заметно меньше и составляет около 81%. В сети Beeline доля оценок «отлично» меньше, чем в сетях конкурентов, и равна примерно 77%.

Масштабное использование технологии VoLTE для голосовой связи отмечено в сетях LTE всех операторов. Доли времени использования VoLTE в сетях Beeline, Kcell и Tele2 составляют примерно 99%, 94% и 98% соответственно.

При этом аудиокодеки высокой четкости HD+ (EVS) используются только в сетях LTE Kcell и Tele2. Применение кодеков EVS для звонков в сетях LTE (VoLTE) поднимает качество звука на принципиально новый уровень и позволяет сохранять натуральность и тембр голоса собеседника. В сети Tele2 отмечена наибольшая доля времени использования кодеков EVS и составляет почти 100%, а в сети Kcell доля времени использования таких кодеков заметно меньше и равна примерно 94%. В Приложении 2, в таблицах 1-2 для справки приводится распределение технологий и кодеков, зарегистрированных в исследуемых сетях.

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, 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 диаграмме (см. рис. 5).

Tele2 демонстрирует наибольшие оценки и занимает первую позицию по качеству сервисов FTP DL, FTP UL и YouTube. По качеству сервиса FTP UL Tele2 и Beeline разделяют первую позицию. По качеству сервиса WEB Browsing Tele2 находится на второй позиции, что не оказывает заметного влияния на общую оценку. В итоге Tele2 заметно опережает конкурентов и уверенно занимает первую позицию рейтинга оценок качества мобильного интернета на территории Алматинской агломерации.

Kcell уступает Tele2, но значительно опережает Beeline и занимает вторую позицию по каче-

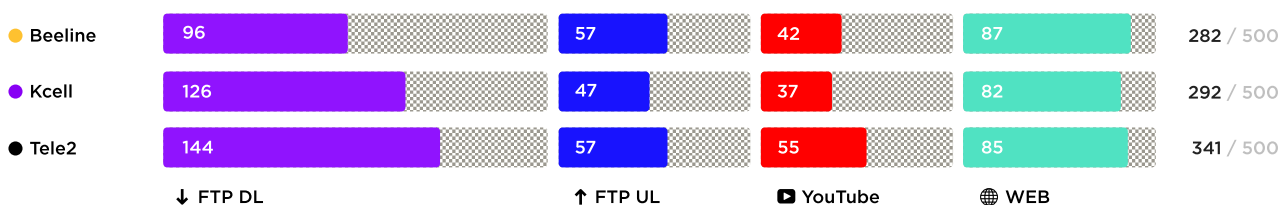
ству сервиса FTP DL. В сети Kcell оценки качества сервисов FTP UL, YouTube и Web Browsing ниже, чем в сетях Tele2 и Beeline, что не оказывает существенного влияния на общую оценку и позволяет сохранить вторую позицию.

В сети Beeline оценка качества сервиса Web Browsing выше, чем в сетях конкурентов, и соответствует первой позиции. По качеству сервиса FTP UL Beeline и Tele2 показывают наилучшие и одинаковые оценки, и разделяют первую позицию. Оценка качества сервиса YouTube в сети Beeline заметно ниже, чем в сети Tele2, и соответствует второй позиции. По качеству сервиса FTP DL Beeline существенно уступает конкурентам и занимает третью позицию. В результате Beeline смещается на третью позицию рейтинга итоговых оценок качества мобильного интернета.

ЗАГРУЗКА ДАННЫХ ИЗ ИНТЕРНЕТА (DOWNLINK)

Tele2 демонстрирует наилучшие фактические значения показателей успешности сервисов FTP DL, YouTube и Web Browsing: доли неуспешных сессий равны 0.52%, 8.87% и 1.79% соответственно. В сети Tele2 также отмечены наилучшие значения показателей качества воспроизведения

Рисунок 5.
Распределение итоговых оценок качества мобильного интернета



видео контента с ресурса YouTube. По характеристикам времени доступа к сервису YouTube Tele2 и Kcell показывают близкие и наилучшие результаты. По характеристикам скорости загрузки WEB-страницы Tele2 немного отстает от конкурентов.

По стабильности скоростей сервиса FTP DL Tele2 также показывает наилучший результат: доля значений ниже 1 Мбит/с равна 1.86%, что заметно лучше, чем в сетях конкурентов. Провалы скорости значительно увеличивают риски нарушений в работе и неуспешного завершения приложения на основе доступа в интернет. Провалы скорости при воспроизведении видео часто приводят к “замираниям”.

В сети Tele2 90% значений скоростей (нижний дециль, 10th percentile) сервиса FTP DL выше 9.00 Мбит/с, что существенно лучше, чем в сетях конкурентов. В части показателей средней и предельных скоростей Tele2 отстает от Kcell. В сети Tele2 10% скоростей (верхний дециль, 90th percentile) выше значения около 360 Мбит/с. Средняя скорость загрузки данных из интернета в сети Tele2 равна примерно 142 Мбит/с.

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.

В результате Tele2 по совокупности показателей уверенно занимает первую позицию по качеству сервисов FTP DL и YouTube. Оценка качества сервиса WEB Browsing в сети Tele2 на два балла ниже, чем в сети Beeline, и соответствует второй позиции.

Kcell заметно уступает конкурентам по успешности сервисов FTP DL, YouTube и Web Browsing: доли неуспешных сессий составляют 1.36%, 13.44% и 2.77% соответственно. По характеристикам качества воспроизведения видео с сервера YouTube Kcell уступает Tele2, но опережает Beeline. В части показателей времени доступа к сервису YouTube в сетях Kcell и Tele2 отмечены близкие и наилучшие результаты. По характеристикам скорости загрузки WEB-страницы Kcell уступает Beeline, но опережает Tele2. Отставание Kcell от конкурентов по успешности сервисов FTP DL, YouTube и Web Browsing оказывает весомое негативное влияние на соответствующие интегральные оценки.

По стабильности скоростей сервиса FTP DL Kcell отстает от конкурентов: доля значений ниже 1 Мбит/с равна 3.90%, что заметно больше, чем в сетях других операторов. В сети Kcell 90% значе-

ний скоростей сервиса FTP DL выше 3.78 Мбит/с, что значительно хуже, чем в сетях конкурентов. В части показателей средней и предельных скоростей Kcell показывает наилучшие результаты. В сети Kcell 10% скоростей выше значения около 472 Мбит/с, а средняя скорость загрузки данных из интернета равна примерно 199 Мбит/с.

В итоге по совокупности показателей качества сервиса FTP DL Kcell находится на второй позиции. Интегральные оценки качества сервисов YouTube и Web Browsing в сети Kcell ниже, чем в сетях Tele2 и Beeline, и соответствуют третьей позиции.

Beeline уступает Tele2, но опережает Kcell по успешности сервисов FTP DL, YouTube и Web Browsing: доли неуспешных сессий составляют 0.53%, 11.26% и 1.97% соответственно. По характеристикам качества воспроизведения видео и времени доступа к сервису YouTube Beeline уступает другим операторам. По скорости загрузки WEB-страницы Beeline опережает конкурентов.

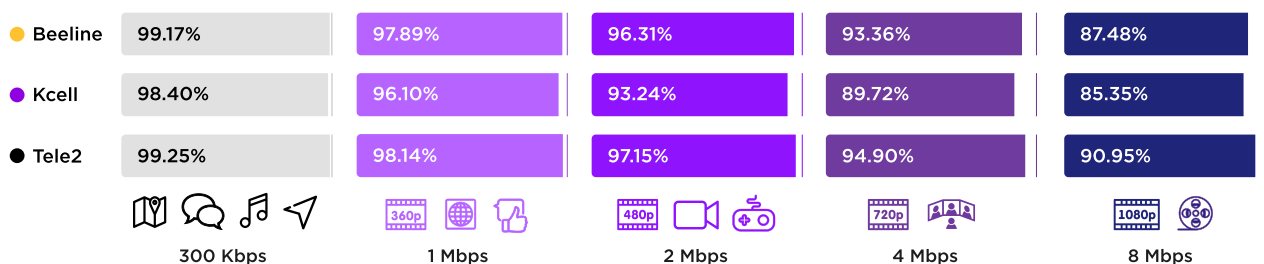
По стабильности скоростей сервиса FTP DL Beeline уступает Tele2, но опережает Kcell: доля значений ниже 1 Мбит/с равна 2.11%. В сети Beeline 90% значений скоростей сервиса FTP DL выше 6.11 Мбит/с, что заметно хуже, чем в сети Tele2, но лучше, чем в сети Kcell. В части показателей средней и предельных скоростей Beeline существенно уступает конкурентам. В сети Beeline 10% скоростей выше значения около 91 Мбит/с. Средняя скорость загрузки данных из интернета в сети Beeline равна примерно 42 Мбит/с. Отставание от сетей Tele2 и Kcell по показателям средней и предельных скоростей сервиса FTP DL оказывает существенное негативное влияние на итоговую интегральную оценку качества мобильного интернета в сети Beeline.

В результате по совокупности показателей качества сервиса Web Browsing Beeline занимает первую позицию. Оценка качества сервиса YouTube в сети Beeline соответствуют второй позиции. Наименьшая оценка в сети Beeline отмечена по качеству сервиса FTP DL и соответствует третьей позиции.

Диаграмма на рис. 6 отражает распределение скоростей, характеризующих относительную продолжительность времени возможного использования различных типов сервисов и приложений на основе загрузки данных из интернета (Downlink). Соответствие типов сервисов пороговым значениям скоростей, необходимых для стабильной (без прерываний) загрузки принимаемого контента со стороны интернета приводится в Приложении 3.

В сетях всех операторов на значительной части маршрута отмечены скорости, достаточные для успешного воспроизведения видео высокой четкости в форматах HD 1280x720 или Full HD

Рисунок 6. Распределение типов сервисов и скоростей (Downlink)



1920x1080 и просмотра контента WEB-страниц. В сети Tele2 доля скоростей ниже 4 Мбит/с составляет около 5%, а в сетях Kcell и Beeline — примерно 10% и 7% соответственно.

Важно отметить, что только в сетях Kcell и Tele2 отмечены очень высокие предельные скорости загрузки данных (10% значений выше примерно 472 Мбит/с и 360 Мбит/с соответственно). Такой результат обусловлен применением новейшей технологии NR (EN-DC) при передаче данных более, чем на половине маршрута драйв-теста (в сети Kcell – примерно 61%, в сети Tele2–56%). В Приложении 2, в таблицах 3–6 для справки приводится распределение технологий, которые используются при передаче данных в исследуемых сетях.

ЗАГРУЗКА ДАННЫХ В ИНТЕРНЕТ (UPLINK)

В сети Beeline отмечен наилучший результат по успешности сервиса FTP UL: доля неуспешных сессий равна 0.79%. В сети Tele2 доля неуспешных сессий немного больше и равна 0.89%. По стабильности скоростей сервиса FTP UL Beeline и Tele2 показывают близкие и наилучшие результаты: доли значений ниже 0.6 Мбит/с составляют 2.51% и 2.43%. соответственно.

В сети Beeline 90% значений скоростей выше 3.04 Мбит/с. Значение нижнего дециля распределения скоростей сервиса FTP UL в сети Tele2 меньше, чем в сети Beeline: 90% значений скоростей выше 2.77 Мбит/с.

В части показателей средней и предельных скоростей результаты в сети Tele2 немного лучше, чем в сети Beeline. В сети Tele2 10% скоростей выше значения около 80 Мбит/с. Средняя скорость загрузки данных в интернет в сети Tele2

равна примерно 35 Мбит/с. В сети Beeline 10% скоростей выше значения около 73 Мбит/с, а средняя скорость равна примерно 34 Мбит/с.

В результате по совокупности показателей Beeline и Tele2 демонстрируют наибольшие и одинаковые оценки, и разделяют первую позицию по качеству сервиса FTP UL.

Kcell заметно уступает конкурентам по успешности сервиса FTP UL: доля неуспешных сессий равна 2.11%. По стабильности скоростей сервиса FTP UL Kcell также отстает от конкурентов: доля значений ниже 0.6 Мбит/с равна 3.02%.

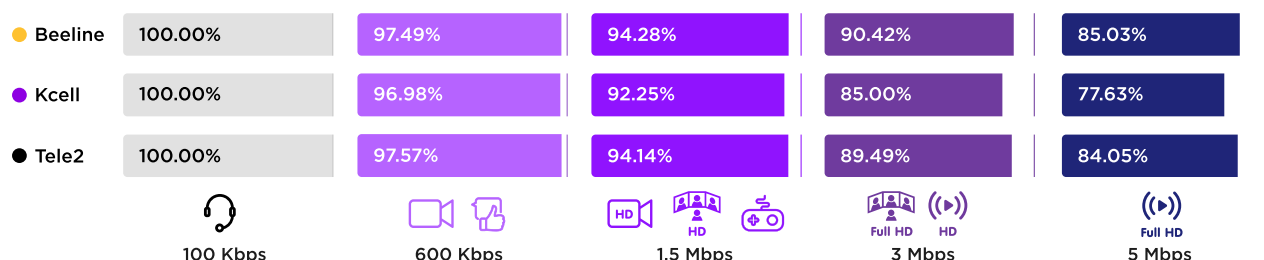
В сети Kcell 90% значений скоростей выше 1.93 Мбит/с, что заметно хуже, чем в сетях конкурентов. В части показателей средней и предельных скоростей Kcell отстает от других операторов. В сети Kcell 10% скоростей выше значения около 71 Мбит/с, а средняя скорость загрузки данных в интернет равна примерно 29 Мбит/с.

В итоге по совокупности показателей Kcell получает наименьшую оценку, заметно отставая от конкурентов, и занимает вторую позицию по качеству сервиса FTP UL.

Диаграмма на рис. 7 отражает распределение скоростей, характеризующих относительную продолжительность времени возможного использования различных типов сервисов и приложений на основе передачи данных в интернет (Uplink). Соответствие типов сервисов пороговым значениям скоростей доставки контента в интернет приводится в Приложении 3.

Все операторы, обеспечивают скорости выше 1.5 Мбит/с, необходимые для популярных услуг, включая видеозвонки и видеоконференции в формате HD, почти на всем маршруте движения (не менее 92%).

Рисунок 7. Распределение типов сервисов и скоростей (Uplink)



Выводы

TELE2

Tele2 занимает лидирующую позицию в рейтинге итоговых оценок качества услуг мобильной связи на территории Алматинской агломерации. По совокупности оценок качества услуг голосовой связи, сервисов мобильного интернета и радиопокрытия Tele2 уверенно опережает конкурентов.

По радиопокрытию в сети LTE оператор Tele2 разделяет первую позицию с операторами Beeline и Kcell. Кроме того, Tele2 демонстрирует наилучший результат и заметно опережает конкурентов по охвату исследуемой территории радиопокрытием в сети NR. Суммарная оценка радиопокрытия в сетях LTE и NR Tele2 значительно выше, чем в сетях конкурентов, и соответствует первой позиции.

Tele2 значительно опережает конкурентов и занимает первую позицию по качеству голосовой связи. Tele2 демонстрирует наилучшие результаты в части возможности успешно пользоваться голосовой связью с наименьшими рисками отказов, обрывов и искажений голоса до неприемлемого уровня. Кроме того, в сети Tele2 преобладает высокое качество речи, соответствующее оценке «отлично» по шкале MOS (почти 90%).

Tele2 также демонстрирует наибольшую оценку качества мобильного интернета и занимает первую позицию, существенно опережая конкурентов. Такой результат характеризует возможность успешно пользоваться мобильным интернетом с наименьшими рисками нарушений в работе сервисов и приложений.

В итоге по сумме оценок Tele2 занимает первую позицию итогового рейтинга с большим отрывом от других операторов и обладает самым широким покрытием мобильной связи в сети NR.



Beeline следует за Tele2 и находится на второй позиции рейтинга итоговых оценок.

По радиопокрытию в сетях LTE операторы Beeline, Kcell и Tele2 разделяют первую позицию. В сети NR Beeline радиопокрытие полностью отсутствует на маршруте драйв-теста. По сумме оценок радиопокрытия Beeline отстает от конкурентов и находится на третьей позиции.

По качеству голосовой связи Beeline уступает Tele2 и занимает вторую позицию.

Оценка качества мобильного интернета в сети Beeline ниже, чем в сетях конкурентов, и соответствует третьей позиции.

Отставание Beeline от других операторов по качеству мобильного интернета и по радиопокрытию не оказывает существенного влияния на итоговую оценку.

В результате Beeline сохраняет вторую позицию итогового рейтинга.

Kcell

Kcell уступает конкурентам и занимает третью позицию рейтинга.

По радиопокрытию в сети LTE операторы Kcell, Beeline и Tele2 разделяют первую позицию. По радиопокрытию в сети NR Kcell отстает от Tele2 и занимает вторую позицию. Суммарная оценка радиопокрытия в сетях LTE и NR Kcell ниже, чем в сети Tele2, и соответствует второй позиции.

Оценка качества голосовой связи в сети Kcell существенно ниже, чем в сетях конкурентов, и соответствует третьей позиции.

По качеству мобильного интернета Kcell значительно уступает Tele2 и занимает вторую позицию.

Отставание Kcell от конкурентов по качеству голосовой связи оказывает весомое негативное влияние на итоговую оценку.

В результате Kcell смещается на третью позицию итогового рейтинга.

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 показателя на русском языке	Beeline	Kcell	Tele2
Telephony Service Non-Accessibility, %	Доля отказов при установлении голосовых соединений, %	5.45	12.15	4.01
Cut-off Call Ratio, %	Доля обрывов установленных голосовых соединений, %	1.79	10.07	1.04
Telephony Speech Quality on Sample Basis < 1,5 [MOS], %	Доля оценок качества образца речи < 1,5 [MOS], %	2.59	3.15	2.22
Telephony Speech Quality on Sample Basis, Avg [MOS]	Оценка качества образца речи, среднее значение, [MOS]	3.76	4.13	4.32
Telephony Speech Quality on Sample Basis, P10, [MOS]	Оценка качества образца речи, нижний дециль, [MOS]	3.20	3.00	3.69
Telephony Setup Time, s	Время установления соединения, среднее значение, сек.	3.23	3.13	2.85
Telephony Setup Time P90, s	Время установления соединения, верхний дециль, сек.	4.12	5.15	3.57

Таблица 2.
Показатели качества услуг передачи данных DL

Оригинальное название показателя KPI	Название показателя на русском языке	Beeline	Kcell	Tele2
FTP Data DL				
FTP DL Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки данных с сервера FTP, %	99.47	98.64	99.48
FTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера FTP, Мбит/с	41.96	199.38	142.01
FTP Mean User Data Rate DL < 1 Mbps, %	Доля значений скоростей загрузки данных с сервера FTP < 1 Мбит/с, %	2.11	3.90	1.86
10th percentile of FTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера FTP, нижний дециль, Мбит/с	6.11	3.78	9.00
90th percentile of FTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера FTP, верхний дециль, Мбит/с	91.33	472.46	359.58
YouTube				
Video Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий воспроизведения видео, %	88.74	86.56	91.13
Video MOS, [MOS]	Средняя оценка качества видео, [MOS]	4.59	4.67	4.70
Video MOS, P10, [MOS]	Оценка качества видео, нижний дециль, [MOS]	3.86	4.10	4.43
FHD/UHD Resolution Ratio, %	Доля времени воспроизведения видео высокой и ультравысокой четкости в форматах FHD и UHD, %	79.53	83.00	84.28
Playouts without interruptions, %	Доля сессий воспроизведения видео без “замираний”, %	94.22	97.00	96.38
Average Video Access Time, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, среднее значение, сек.	2.38	1.96	2.11
Average Video Access Time, P90, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, верхний дециль, сек.	4.50	3.49	3.49

Оригинальное название показателя KPI	Название показателя на русском языке	Beeline	Kcell	Tele2
WEB Browsing				
WEB Browsing Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки WEB-страницы, %	98.03	97.23	98.21
WEB Browsing Session Time, s	Время загрузки WEB-страницы, среднее значение, сек.	3.71	4.16	4.19
WEB Browsing Session Time, P90, s	Время загрузки WEB-страницы, верхний дециль, сек.	5.14	5.22	5.44

Таблица 3.
Показатели качества услуг передачи данных UL

Оригинальное название показателя KPI	Название показателя на русском языке	Beeline	Kcell	Tele2
FTP UL Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки данных на сервер FTP, %	99.21	97.89	99.11
FTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер FTP, Мбит/с	33.90	28.94	34.61
FTP Mean User Data Rate UL < 0,6 Mbps, %	Доля значений скоростей загрузки данных на сервер FTP < 0,6 Мбит/с, %	2.51	3.02	2.43
10th percentile of FTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер FTP, нижний дециль, Мбит/с	3.04	1.93	2.77
90th percentile of FTP Mean User Data Rate UL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных на сервер FTP, верхний дециль, Мбит/с	73.41	71.32	79.73

Таблица 4.
Показатели, характеризующие радиопокрытие в сети LTE и NR

Оригинальное название показателя KPI	Название показателя на русском языке	Beeline	Kcell	Tele2
RSRP Best < -114 dBm, %	Доля значений принимаемого сигнала в сети 4G < -114 dBm, %	0.09	0.22	0.11
SS RSRP Best < -114 dBm, %	Доля значений принимаемого сигнала в сети 5G > -114 dBm, %	100.00	9.88	0.47

Технические характеристики

В таблицах 1-2 приводятся распределения технологий и речевых кодеков, зарегистрированных тестовыми устройствами в активном режиме во время голосового соединения.

	Beeline	Kcell	Tele2
GSM, 1800, %	0.00	0.00	0.00
GSM, 900, %	1.36	1.50	1.83
WCDMA, 2100, %	0.00	4.07	0.00
LTE, 700, %	0.00	3.59	0.00
LTE, 800, %	31.03	48.73	3.72
LTE, 900, %	8.76	0.16	9.34
LTE, 1800, %	40.41	28.25	63.84
LTE, 2100, %	18.45	13.71	21.28

Таблица 1.
Распределение сервирующих технологий во время разговора

	Beeline	Kcell	Tele2
4G (VoLTE)			
EVS, %	-	94.29	99.90
AMR WB, %	98.73	-	0.08
AMR NB,%	1.27	5.71	0.01
3G			
AMR WB, %	-	6.12	-
AMR NB,%	-	93.88	-

Таблица 2.
Распределение речевых кодеков

В таблицах 3-6 приводится распределение технологий, функций, режимов, зарегистрированных тестовыми устройствами при передаче данных.

	Beeline	Kcell	Tele2
GPRS, %	0.12	0.13	0.22
EDGE, %	0.75	0.60	0.53
WCDMA, %	0.00	0.78	0.00
HSPA, %	0.00	6.63	0.00
DC-HSPA, %	0.00	0.15	0.00
LTE, %	8.17	6.47	3.46
LTE CA, %	90.97	24.19	39.33
NR (EN-DC), %	0.00	61.05	56.45

Таблица 3.
Распределение сервирующих технологий

	Beeline	Kcell	Tele2
QPSK, %	22.97	22.26	18.46
16QAM, %	29.95	28.27	30.35
64QAM, %	40.09	38.02	42.59
256QAM, %	6.99	11.44	8.60

Таблица 4.
Распределение типов модуляции
в сетях LTE

	Beeline	Kcell	Tele2
QPSK, %	-	6.20	46.45
16QAM, %	-	22.36	15.44
64QAM, %	-	51.59	29.25
256QAM, %	-	19.86	8.86

Таблица 5.
Распределение типов модуляции
в сетях NR

	Beeline	Kcell	Tele2
MIMO not used, %	32.95	56.90	32.27
MIMO 2x2, %	61.57	40.06	65.96
MIMO 4x4, %	5.48	3.04	1.76

Таблица 6.
Распределение режимов работы
MIMO в сетях LTE

	Beeline	Kcell	Tele2
MIMO not used, %	-	10.26	27.28
MIMO 2x2, %	-	89.74	72.72
MIMO 4x4, %	-	0.00	0.00

Таблица 7.
Распределение режимов работы
MIMO в сетях NR

Кратко о технологии выполнения тестов

Сравнительная оценка выполнена на основе анализа результатов драйв-теста, протяженность маршрута которого составляет около 2467 км. 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 NBM (рис. 8). Аналитика и обработка результатов выполнены с помощью программного обеспечения CEMONA. Контроль характеристик качества услуг связи выполнен с помощью смартфонов Samsung Galaxy S25. Тестовые устройства обеспечивают корректные результаты с учетом всех современных технологий и функций (включая DC-HSPA, LTE, LTE CA, VoLTE, MIMO 2x2/4x4, NR (EN-DC), реализованных в сети каждого оператора в период проведения работ. В процессе исследования тестовые телефоны находились в режиме свободного выбора технологии GSM, WCDMA, LTE или NR.

При движении по маршруту драйв-теста выполнено около 7362 повторяющихся голосовых соединений типа «мобильный — мобильный» длительностью 120 секунд, а также около 23229 сессий загрузки данных. Каждая сессия загрузки данных включает серию тестов загрузки файла (Downlink и Uplink) фиксированной длительности (FDTT, см. ETSI TR 102678), просмотр видеоролика на YouTube, а также загрузку «эталонной» WEB-страницы.

Для оценки характеристик качества видео выполнялись повторяющиеся сессии воспроизведения видеоконтента с ресурса YouTube. Расчет показателей качества видео реализован с учетом Рекомендации ITU-T P.1204.

Для объективности оценки качества голосовой 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).

Градации экспертных оценок воспринимаемого качества речи, которые характеризуют степени удовлетворенности абонентов на маршруте драйв-теста (см. <https://dmtel.ru/181120/>):

«неприемлемо» — 1.0–1.50 MOS, низкая разборчивость речи и наличие искажений, при которых невозможно продолжать разговор;

«плохо» — 1.50–2.60 MOS, возможность обмена речевой информацией, но со значительными ограничениями, в частности, искажениями звуков и снижением разборчивости речи, которые могут приводить к необходимости многократно повторять отдельные слова;

«удовлетворительно» — 2.60–3.20 MOS, возможность обмена речевой информацией, но с ограничениями, в частности, искажениями звуков и снижением разборчивости речи, которые могут приводить к необходимости повторять отдельные слова;

«хорошо» — 3.20–3.70 MOS, качество и разборчивость речи, достаточные для успешной коммуникации;



Рисунок 8.
Измерительный комплекс, установленный в автомобиле

«отлично» — 3.70–4.75 MOS, наилучшее качество, при котором практически сохраняются натуральность и тембр голоса собеседника, а слушающий практически не ощущает разницу между разговором по телефону и живой речью. Такое качество позволяют реализовать, например, современные кодеки EVS в сетях на основе технологии VoLTE.

Такая классификация оценок позволяет сопоставлять клиентский опыт и результаты автоматизированной объективной оценки качества принимаемой речи в современных сетях мобильной связи.

Для справки приводятся соответствия типов сервисов пороговым значениям скоростей, необходимых для стабильной (без прерываний) загрузки принимаемого контента со стороны интернета (FTP 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 (FTP 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.

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 рис. 9 ниже для наглядности приводится схема агрегации показателей и оценок, используемых в данном исследовании, с указанием весовых коэффициентов для разных типов сервисов.

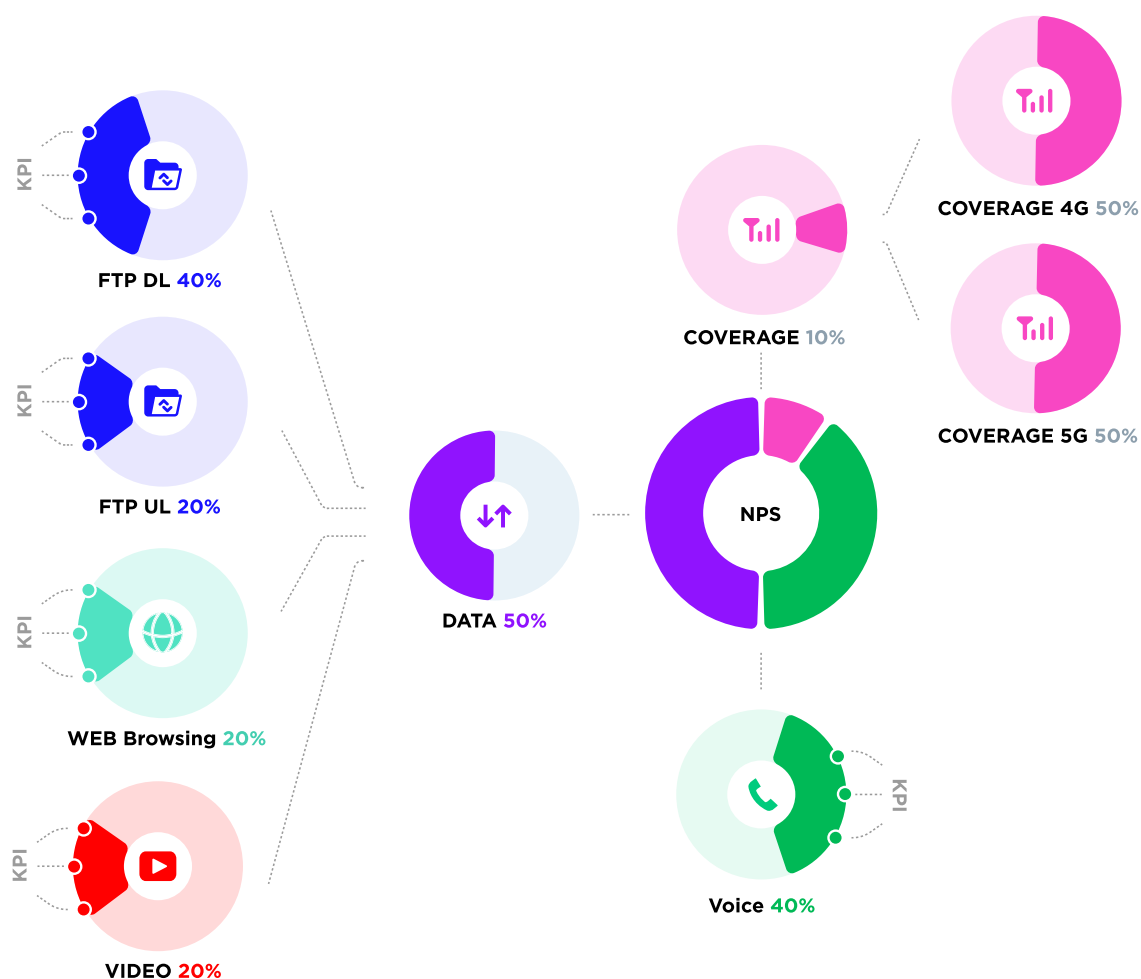


Рисунок 9.
Схема агрегации показателей и оценок