

Качество мобильного интернета в московском метро

Июнь—Июль 2023





Более 7 млн человек ежедневно пользуются услугами Московского метрополитена для быстрого и удобного передвижения в городе. Во время поездки пассажиры активно пользуются мобильным интернетом: переписываются в мессенджерах, читают электронные книги, просматривают социальные сети, смотрят видеоролики и кино, слушают музыку и подкасты, играют в игры. В поездах метро для абонентов особенно важно быстро и надежно загружать контент из интернета. Поддержание и повышение комфорта привычной пользовательской среды заметно усложняется в условиях высокой нагрузки на сети мобильной связи, особенно в часы пик.

Компания DMTEL публикует результаты очередного исследования, которое впервые проведено на территории Московского метрополитена. Для понимания реальных возможностей абонентов специалисты DMTEL провели масштабное исследование в часы наибольшей нагрузки в рабочие дни на всех линиях метро (с 7-30 до 9-30 утром и с 17.30 до 19-30 вечером). Комплексная оценка и сравнение характеристик качества мобильного интернета выполнены в период с 23 июня по 14 июля 2023 г. Краткое описание технологии выполнения тестов приводится в Приложении 1.

Качество мобильного интернета в метро

по интегральным показателям: рейтинг операторов



МТС занимает первую позицию в рейтинге итоговых оценок качества мобильного интернета. По совокупности показателей, характеризующих качество сервиса загрузки данных из интернета, МТС опережает конкурентов, в том числе и по скорости загрузки данных на большинстве линий метрополитена.

796
баллов



Мегафон следует за МТС и находится на второй позиции в рейтинге итоговых оценок. По качеству сервиса загрузки данных из интернета МегаФон незначительно уступает МТС. Оценка качества воспроизведения видео с ресурса YouTube в сети МегаФона соответствует третьей позиции при небольшом отставании от МТС.

792
балла



Билайн занимает третью позицию по итоговой оценке. По качеству воспроизведения видео с ресурса YouTube Билайн заметно опережает конкурентов и находится на первой позиции. Оценка качества услуг загрузки данных из интернета в сети Билайна соответствует третьей позиции. Отставание по скоростным характеристикам загрузки данных приводит к снижению единой итоговой оценки.

722
балла



Теле2 находится на четвертой позиции в рейтинге. Оценки Теле2 как по совокупности показателей, характеризующих качество загрузки данных из интернета, так и по совокупности показателей качества воспроизведения видео, соответствуют четвертой позиции.

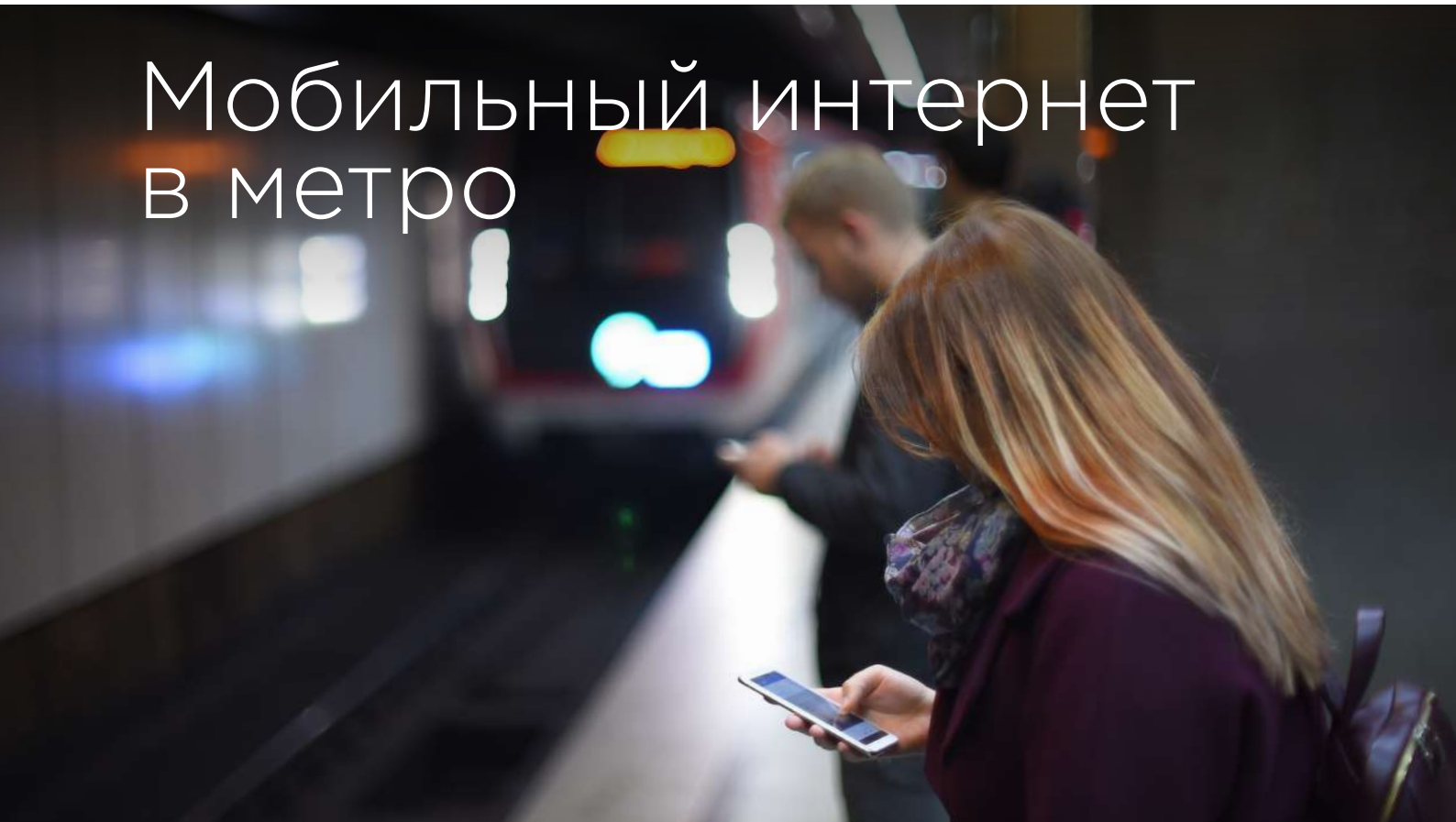
544
балла

Для количественной оценки качества используются показатели, объективно отражающие возможность пользоваться в реальном времени услугами мобильного интернета в часы пик: оперативность и успешность соединения, а также качество коммуникации, включая скорости передачи данных. На основе таких показателей рассчитываются единые интегральные оценки, которые отражают относительные позиции операторов (рейтинги).

Единые итоговые оценки характеризуют интегральное качество мобильного интернета в поездках московского метро, включая все действующие линии.

Все единые итоговые оценки ниже максимального значения (1000 баллов), что указывает на наличие в сети каждого оператора зон, где требуется улучшить качество услуг связи.

Мобильный интернет в метро



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

Распределение интегральных оценок качества сервисов загрузки данных из интернета (HTTP DL) и воспроизведения видео (YouTube) приводится на диаграмме (см. Рисунок 1).

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.

Скорость передачи данных

МТС демонстрирует наилучшие фактические значения показателей средней скорости и верхней децили (90th percentile). Верхняя дециль характеризует предельные скорости, зарегистрированные в сети. В частности, в сети МТС 10% скоростей выше 132 Мбит/с. В сети МегаФона данный показатель составляет около 124 Мбит/с, что примерно на 6% меньше, чем в сети МТС.

Билайн уступает МТС и МегаФону, но опережает Теле2 в части показателей средней скорости и верхней децили. В сети Билайна значения средней скорости и верхней децили примерно в 1.5 раза ниже, чем в сетях МТС и МегаФона. В сети Теле2 значения данных показателей в 2 - 3 раза меньше, чем у конкурентов.

В Приложении 2 в Таблице 1 для справки при-



Рисунок 1. Распределение интегральных оценок качества сервисов HTTP DL и YouTube

водится распределение значений показателей средней скорости и верхней децили по линиям метро. На 9 линиях из 14 МТС демонстрирует наилучшие значения данных показателей и заметно опережает МегаФон. МегаФон существенно опережает Билайн и Теле2 по указанным показателям на всех линиях.

Наличие высоких скоростей, кратно превышающих средние значения, снижает риски ухудшения качества сервисов при увеличении количества пользователей и является важным преимуществом на соответствующих участках линий метро, особенно в часы пик. Такое преимущество реализуется, если обеспечиваются условия для успешной загрузки контента из интернета.

Билайн, МегаФон и МТС демонстрируют близкие результаты в части успешности загрузки контента с ресурса интернета – не менее 98%. Кроме того, в сетях Билайна, МегаФона и МТС отмечены близкие значения времени доступа к ресурсу YouTube: средние значения не превышают 4 с, при этом 90% значений меньше 5.2 с.

Теле2 уступает Билайну, МегаФону и МТС по основным показателям, характеризующим качество мобильного интернета в метро.

Качество воспроизведения видео

По совокупности показателей качества воспроизведения видео с ресурса YouTube Билайн опережает МТС. МегаФон уступает МТС и заметно опережает Теле2. При этом все операторы в целом обеспечивают возможность успешно воспроизводить видео высокой четкости в форматах HD 1280x720 или Full HD 1920x1080 на значительной части маршрута — таких результатов не менее 95%.

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

Проблемные участки

В сетях всех операторов, действующих в московском метро, на всех линиях обеспечивается возможность успешно пользоваться мобильным интернетом, за исключением участков, на которых отсутствует уровень сигнала, достаточный для подключения к сети, либо низкие скорости не позволяют успешно загружать контент.

Для наглядности в Приложении 3 приводится распределение проблемных участков на схеме метро в сети каждого оператора. В Приложении 3 в Таблицах 3 и 4 также приводятся распределения значений показателя Radio Network Availability для метро в целом и для каждой линии по отдельности. Показатель Radio Network Availability характеризует доступность сети оператора.

Выводы



796 / 1000

МТС занимает первую позицию в рейтинге интегральных оценок качества мобильного интернета в московском метро. В сети МТС отмечена самая высокая оценка качества сервиса загрузки данных из интернета. При этом на 9 линиях из 14 МТС заметно опережает конкурентов по средним и предельным значениям скорости загрузки данных. По качеству воспроизведения видео с ресурса YouTube МТС уступает Билайну и находится на второй позиции, что не приводит к снижению общей оценки и позволяет сохранить первую позицию в рейтинге.



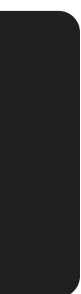
792 / 1000

МегаФон находится на второй позиции в рейтинге, незначительно уступая МТС. По качеству сервиса загрузки данных из интернета МегаФон отстает от МТС всего на один балл. По качеству воспроизведения видео МегаФон находится на третьей позиции и отстает от МТС на три балла.



722 / 1000

Билайн уступает МегаФону и находится на третьей позиции. Билайн демонстрирует самую высокую оценку качества воспроизведения видео, заметно опережая конкурентов, при этом отстает по скоростным характеристикам загрузки данных, что влияет на снижение единой итоговой оценки.



544 / 1000

Теле2 отстает от Билайна и занимает четвертую позицию. Заметный вклад в снижение интегральных оценок качества сервисов вносит отставание по показателям, характеризующим успешность и скорость загрузки данных из интернета, а также время установления соединения.



В сети каждого оператора существуют участки, на которых отмечено низкое качество услуг, включая отказы, обрывы и невозможность пользоваться мобильным интернетом. Доля таких событий на маршруте, как правило, не превышает 5% на участках с достаточным уровнем сигнала для подключения к сети (включая границы).

Наличие участков, на которых отмечено снижение качества сервисов передачи данных, указывает на риски нарушений и отказов в работе с приложениями интернета на маршруте движения поезда в метро.

Сохранение и улучшение качества связи, а также совершенствование технологий значительно усложняется в условиях существующих 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 тестирования на всех линиях Московского метрополитена. Тестирование на каждой линии проводилось в рабочие дни, в утренние и вечерние часы наибольшей нагрузки в каждом направлении (с 7-30 до 9-30 утром и с 17.30 до 19-30 вечером).

Важно принимать во внимание, что полученные результаты отражают технические возможности сетей, зарегистрированные на маршрутах тестирования в период выполнения работ.

Для измерений и тестов использовались смартфоны Sony Xperia 1 в составе программно-аппаратного комплекса Nemo Outdoor (см. Рисунок 2) производства компании Keysight Technologies. Тестовые устройства обеспечивают поддержку всех современных технологий и функций (включая агрегацию частот в технологии LTE, MIMO 4x4, 256 QAM DL), реализованных в сети каждого оператора в период проведения работ. В процессе исследования тестовые телефоны находились в режиме свободного выбора технологии 2G, 3G или 4G.

В процессе тестирования в сети каждого оператора выполнено около 2900 сессий загрузки данных и воспроизведения видеоклипа с ресурса YouTube. Каждая сессия включает тест загрузки файла (Downlink) фиксированной длительности (FDTT, см. ETSI TR 102678). Для автоматизированной оценки качества потокового видео в реальном времени использовался алгоритм PEVQ-S (ITU-T J.343.5) на основе сравнения принятого и опорного образцов видео (Full Reference). Такой подход обеспечивает наилучший результат в части точности, поскольку позволяет получать оценки, наиболее близкие к результатам субъективных тестов с участием экспертов.



Рисунок 2.
Программно-аппаратный комплекс Nemo Outdoor

Показатели качества

Ниже в Таблице 1 приводятся значения показателей качества сервисов (KPI), на основе которых выполнен расчет интегральных оценок. В Таблице 2 указаны средние и предельные значения скорости загрузки данных для каждой линии метро. 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 сервисов HTTP DL и YouTube

Оригинальное название показателя KPI	Название на русском языке	Билайн	МегаФон	МТС	Теле2
YouTube Video					
Video Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий воспроизведения видео, %	98.95	98.81	98.39	97.93
Video MOS, [MOS]	Средняя оценка качества видео, [MOS]	4.07	4.05	4.07	4.03
Video MOS, P10, [MOS]	Оценка качества видео, нижняя дециль, [MOS]	4.00	3.91	4.00	3.83
HD/Full HD Resolution Ratio, %	Доля времени воспроизведения видео высокой четкости в форматах HD и Full HD, %	97.51	97.17	97.51	95.00
Freeze Free Video Session Ratio, %	Доля сессий воспроизведения видео без "замираний", %	99.67	99.38	99.33	99.01
Average Video Access Time, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, среднее значение, сек.	3.65	3.97	3.96	4.67
Average Video Access Time, P90, s	Среднее время до начала воспроизведения видео, верхняя дециль, сек.	4.70	5.14	5.17	7.12
HTTP Data DL					
HTTP DL Session Success Ratio, %	Доля успешных сессий загрузки данных с сервера HTTP, %	98.88	98.61	98.67	95.04
HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, Мбит/с	43.28	62.26	64.74	21.28
10th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, нижняя дециль, Мбит/с	7.56	11.41	7.09	2.80
90th percentile of HTTP Mean User Data Rate DL, Mbps	Средняя скорость загрузки данных с сервера HTTP, верхняя дециль, Мбит/с	82.40	123.57	132.44	46.24

Таблица 2.

Распределение основных показателей качества сервиса загрузки данных для каждой линии

		Скорость передачи данных на пользователя (HTTP Mean User Data Rate) к абоненту, [kbit/s]							
		Average				90th Percentile			
		Билайн	МегаФон	МТС	Теле2	Билайн	МегаФон	МТС	Теле2
1	Сокольническая	47 414	64 723	64 074	21 681	84 740	124 238	137 730	42 161
2	Замоскворецкая	40 121	47 214	63 024	20 696	79 229	88 070	122 990	46 378
3	Арбатско-Покровская	45 823	52 637	60 081	20 540	82 425	102 706	118 441	47 614
4	4А Филёвская	44 950	62 811	55 822	25 876	82 906	122 515	129 217	49 034
5	Кольцевая	49 879	80 885	43 495	22 297	78 587	148 073	102 392	44 888
6	Калужско-Рижская	37 780	45 340	58 980	19 239	68 380	77 536	102 453	47 591
7	Таганско-Краснопресненская	39 175	44 895	54 434	16 442	79 538	79 756	111 129	39 441
8	Калининская	35 851	43 341	58 687	20 545	79 813	84 977	102 421	47 453
8А	Солнцевская	40 061	48 205	68 399	31 530	85 167	107 773	148 190	49 785
9	Серпуховско-Тимирязевская	39 429	77 044	58 134	20 076	67 965	130 946	126 282	44 322
10	Люблинско-Дмитровская	46 589	97 231	84 653	29 269	84 245	149 493	163 903	53 410
11	11А Большая кольцевая	46 948	79 317	81 728	20 515	87 559	137 900	148 910	46 238
12	Бутовская	42 443	51 259	54 567	24 225	83 481	108 830	122 498	50 797
15	Некрасовская	44 869	47 727	63 351	18 621	85 688	92 348	123 541	44 928

Локализация проблемных участков на линиях метро

В качестве иллюстрации приводится распределение проблемных участков на схеме метро в сети каждого оператора. Красным цветом отмечены участки, на которых зарегистрированы низкие скорости, недостаточные для успешного пользования мобильным интернетом или отсутствует возможность подключиться к сети оператора.









В таблицах 3 и 4 приводится распределение значений показателя Radio Network Availability для метро в целом и для каждой линии по отдельности. Показатель Radio Network Availability характеризует доступность сети оператора.

Важно отметить, что значения показателя, отражающие невозможность подключения к сети, не превышают 1.8% у всех операторов на всех линиях, кроме Филёвской и Люблинско-Дмитровской. В сети Теле2 на Филёвской и Люблинско-Дмитровской линиях такие значения составляют около 10% и 31% соответственно. В сетях Билайна, МегаФона и МТС на Филёвской линии значения показателя, отражающие невозможность подключения к сети, составляют около 10%.

Таблица 3.
Показатели доступности сети в целом

	Билайн	МегаФон	МТС	Теле2
Radio Network Availability, %	99.18	99.00	98.95	94.33
Доступность радиосети, %				

Таблица 4.
Распределение показателей доступности сети для каждой линии. Radio Network Availability, %

	Билайн	МегаФон	МТС	Теле2
1 Сокольническая	99.46	99.71	99.45	99.64
2 Замоскворецкая	99.68	99.01	99.14	98.78
3 Арбатско-Покровская	99.78	99.88	99.80	99.81
4 4А Филёвская	98.61	90.34	90.76	89.56
5 Кольцевая	99.39	99.54	99.53	99.68
6 Калужско-Рижская	99.62	99.44	99.75	99.83
7 Таганско-Краснопресненская	99.66	99.88	99.57	99.81
8 Калининская	99.25	99.41	99.32	99.44
8А Солнцевская	98.36	99.52	99.67	75.22
9 Серпуховско-Тимирязевская	99.59	99.77	99.59	99.79
10 Люблинско-Дмитровская	97.77	99.45	99.59	68.66
11 11А Большая кольцевая	98.82	98.85	98.59	94.64
12 Бутовская	99.10	98.66	98.66	88.25
15 Некрасовская	99.15	99.42	99.34	99.64

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: просмотр видео, 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.

