

Экономика и инновации / Economy and innovations

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.31432/1994-2443.2026.24>

УДК 656.07

JEL R40

Анализ обеспечения безопасности и надежности функционирования Московского метрополитена**А.А. Кочетков** ✉

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»
Ленинградский проспект, 49/2, г. Москва, 125167, Российская Федерация

✉ AKochetkov@fa.ru

Аннотация. *Введение.* Повысилась роль Московского метрополитена как ведущего флагмана всей транспортной инфраструктуры столицы. Для эффективного функционирования метрополитена важно соблюдение технических и нормативных показателей, которые определяют интенсивность движения поездов и влияют на безопасность всей инфраструктуры. *Цель.* Проанализировать и оценить показатели безопасности и надежности объектов Московского метрополитена для повышения эффективности его функционирования. *Материалы и методы.* Статистические методы моделирования, методы теории массового обслуживания, теории надежности, системного анализа и структурно-функциональный подход. *Результаты.* Рассчитаны количественные характеристики пассажиропотока метрополитена, а также определены особенности возникновения сбоев. Показано, что вследствие увеличения роста пассажиропотока в час пик большинство станций работают на пределе своих возможностей. Предложен интегральный коэффициент пропускной способности метрополитена. *Заключение.* Активная модернизация Московского метрополитена и введение инноваций способствуют повышению надежности и комфорта перевозки пассажиров. С целью повышения эффективности функционирования системы метрополитена необходимо 100 % оснащение всех линий инновационными поездами, а также важно приступить к реконструкции «проблемных» дистанций и внедрить ряд предупредительных мероприятий. Инновационная модернизация метрополитена также позволит повысить инвестиционную привлекательность отдельных районов Москвы.

Ключевые слова: метрополитен; надежность; безопасность; сбой; пассажиропоток; пропускная способность; транспорт; безаварийность

© Кочетков А.А., 2026



Финансирование. Финансирование отсутствовало.

Для цитирования: Кочетков А.А. Анализ обеспечения безопасности и надежности функционирования Московского метрополитена. *Информация и инновации*. 2026;21(1):34-50. <https://doi.org/10.31432/1994-2443.2026.24>

Analysis of the safety and reliability of the Moscow metropolitan

Artur A. Kochetkov ✉

*Finance University under the Government of the Russian Federation
49/2, Leningradsky Avenue, Moscow, 125167, Russian Federation*

✉ AKochetkov@fa.ru

Abstract. *Introduction.* The role of the Moscow metropolitan as the leading flagship of the entire transport infrastructure of the capital has increased. For the effective functioning of the metropolitan, it is important to comply with technical and regulatory indicators that determine the intensity of train traffic and affect the safety of the entire infrastructure. *Aim.* To analyze and evaluate the safety and reliability indicators of Moscow metropolitan facilities in order to improve the efficiency of its functioning. *Materials and Methods.* Statistical modeling methods, methods of queuing theory, reliability theory, systems analysis and a structural-functional approach. *Results.* Quantitative characteristics of metro passenger flow are calculated, and the features of the occurrence of failures are determined. It is shown that due to the increase in passenger flow during rush hours, most stations operate at the limit of their capacity. An integral coefficient of metro capacity is proposed. *Conclusion.* Active modernization of the Moscow metropolitan and the introduction of innovations contribute to increasing the reliability and comfort of passenger transportation. In order to improve the efficiency of the metro system, it is necessary to equip 100 % of all lines with innovative trains, and it is also important to begin the reconstruction of "problem" distances and implement a number of preventive measures. Innovative modernization of the metro will also increase the investment attractiveness of certain districts of Moscow.

Keywords: metropolitan; reliability; safety; failure; passenger flow; capacity; transport; accident-free

Funding. No funding.

For citation: Kochetkov A.A. Analysis of the safety and reliability of the Moscow metropolitan. *Information and Innovations*. 2026;21(1):34-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.31432/1994-2443.2026.24>

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы обосновывается трансформацией Московского метрополитена из транспортного объекта в ключевой инновационный сегмент всей городской инфраструктуры, который определяет уровень социально-экономического развития. В 2025 году сеть Московского метрополитена значительно расширилась за счет Большой кольцевой линии (БКЛ), а также активного строительства новых станций Рублево-Архангельской ветки, что в корне меняет транспортную географию не только Москвы, но и прилегающих территорий [ист. 1]. Также надо отметить такой процесс как всеобщая интеграция транспортного комплекса — метрополитен стал ключевым звеном мультимодальной системы, которая включает в себя Московское центральное кольцо (МЦК), диаметры (МЦД), а также речной транспорт, что требует новых методов и подходов управления пассажиропотоком.

При этом в транспортной инфраструктуре Москвы введены такие удобные новшества как цифровые табло, голографические широкие мониторы, облегчающие построение сложных маршрутов, а также оплата по биометрии, способствующая увеличению пропускной способности станций [ист. 2]. Синхронизировано расписание движения поездов метрополитена, составов Московских диаметров и речного транспорта для предотвращения скопления пассажиров на платформах. При этом современные транспортно-пересадочные узлы (ТПУ) оборудованы крытыми переходами (например, ТПУ Нижегородская) по принципу «сухие ноги» и приспособлены для маломобильных граждан.

Московский метрополитен подтверждает статус технологического ли-

дера по числу цифровых технологий, в том числе с учетом старта тестирования первого беспилотного поезда 16 января 2026 года. В 2027 году в метрополитене начнут ходить беспилотные поезда, а к 2030 году будет запущена линия с составами без машинистов [ист. 3].

В рамках инновационной модернизации метрополитена запущен состав «Москва-2024», который уже курсирует на таких проблемных линиях как Таганско-Краснопресненская и Замоскворецкая. Инновационные вагоны «Москва-2024» обладают широкими дверями, сквозным проходом между вагонами, а также улучшенной шумоизоляцией и голографическими экранами со всей необходимой информацией.

Второй важнейшей инновацией является внедрение системы Face Pay (биометрия), которая позволяет ускорить проход пассажиров через турникеты в метрополитене, что повышает пропускную способность станций. Удобным дополнением являются установленные «умные турникеты», который работают как на вход, так и на выход пассажиров, что позволяет избежать скопления пассажиров в час пик.

Москва эффективно осваивает алгоритм «единого транспортного каркаса» для снижения пассажиропотока в подземке за счет развития альтернативных видов перемещения по городу. Среди такого набора опций важно выделить активное развитие транспорта — речного (электросуда), железнодорожного (МЦД), электробусного и системы каршеринга, что способствует рассредоточению пассажиров для выбора более оптимальных маршрутов и сокращению времени пребывания в пути.

Для эффективного функционирования метрополитена важно соблюдение технических и нормативных показателей,

которые определяют интенсивность движения поездов и влияют на безопасность всей инфраструктуры.

Цель работы — проанализировать и оценить показатели безопасности и надежности объектов Московского метрополитена для повышения эффективности его функционирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использовались статистические методы моделирования, методы теории массового обслуживания, теории надежности, системного анализа и структурно-функциональный подход. Источник данных — Департамент транспорта г. Москвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В работе учтены результаты анализа функционирования метрополитенов различных городов мира, например, [1, 2, 3]. В этих статьях акцент сделан на визуальный анализ динамики пассажиропотока с помощью прикладных компьютерных программ и банальной констатацией самого факта нагрузки в час пик без анализа конкретных показателей пропускной способности.

В рамках концепций теории очередей и теории надежности выделим основные показатели для оценки эффективности метрополитена [4].

Основные индикаторы анализа для оценки безопасности движения рассчитываются на основании следующих ключевых метрик [5]:

- интенсивность потока сбоев: среднее количество инцидентов за определенный период (месяц, год);
- среднее время ожидания сбоя: показатель, характеризующий периодичность возникновения нештатных ситуаций;

- интенсивность восстановления сбоя: скорость устранения последствий сбоя и возвращения к штатному графику движения;
- среднее время восстановления после сбоя.

Дадим некоторые пояснения по поводу указанных показателей. В нормативно правовой базе метрополитена отсутствует понятие сбоя или аварии [6]. Фактически, сбой — это нарушение графика движения поездов и скопление большого числа людей на перронах, без нанесения ущерба здоровью пассажиров [ист. 4]. Авария — это серьезный вред для инфраструктуры метрополитена и здоровья людей [7]. В исследовании [8] упомянуты все сбои, которые так или иначе имели место за последние 10 лет.

Аварийность

В табл. 1 приведена динамика сбоев в Московском метрополитене с детальным указанием происшествий по каждой линии за последние 13 лет. В это число вошли сбои, связанные как с неадекватным поведением пассажиров (зацеперы, самовольный спуск или падение на рельсы), так и сбои, которые пресс-служба метрополитена именуется как «проверка инфраструктуры» [9].

Общий итог таков: за 2013-2025 гг. всего в Московском метрополитене произошло 1246 сбоев, то есть в год происходит в среднем 96 сбоев в метрополитене.

Первое место по аварийности занимает Таганско-Краснопресненская линия: 240 сбоев за 13 лет, второе место принадлежит Замоскворецкой линии — 173 сбоя за аналогичный период и третье место отводится Серпуховско-Тимирязевской линии — 153 сбоя [10].

Приведенное в целом распределение аварийности объясняется, в сущности,

Таблица 1. Динамика сбоев Московского метрополитена за 2013–2025 гг.
Table 1. Dynamics of Moscow metropolitan failures in 2013–2025

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Итого	Линии
3	5	4	6	3	18	33	8	9	7	8	4	4	112	Арбатско-Покровская
0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	7	5	20	БКЛ
0	0	0	3	1	3	2	1	1	0	1	1	0	13	Бутовская
8	4	5	6	9	28	46	22	10	8	7	12	8	173	Замоскворецкая
4	4	3	3	4	5	19	3	2	1	1	4	1	54	Калининско-Солнцевская
5	3	3	2	2	4	18	3	4	5	6	4	4	63	Кольцевая
3	6	6	8	8	29	32	18	17	7	9	5	3	151	Калужско-Рижская
3	3	4	3	6	14	29	5	9	4	5	7	5	97	Люблинско-Дмитровская
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	3	Некрасовская
8	5	4	4	8	24	32	10	6	6	6	9	5	127	Сокольническая
10	6	5	4	12	17	33	21	11	10	9	10	5	153	Серпуховско-Тимирязевская
14	8	7	9	26	47	51	26	15	10	9	11	7	240	Таганско-Краснопресненская
3	3	3	4	3	6	6	6	1	1	0	3	1	40	Филевская
61	47	44	52	82	195	304	123	86	62	65	79	48	1246	

Источник: Составлено автором по [10]

Source: Compiled by the author based on [10]

большой загруженностью веток и ростом объема суточного пассажиропотока, что провоцирует скопление пассажиров на перронах и как следствие — изменения в штатном расписании поездов. Даже постепенное оснащение инновационными поездами «Москва» таких старейших веток как «Замоскворецкая» не в силах в корне переломить негативную тенденцию происшествий [ист. 5].

Наиболее проблемным для метрополитена был 2019 год, когда число сбоев достигло своего максимума. Тогда еще многие ветки не были обновлены инновационными составами, Московские диаметры не функционировали в полном объеме, и накапливались проблемы по ремонту и обновлению инфраструктуры.

Более подробно статистика приведена в табл. 1 и на рис. 1.

Из табл. 1 и рис. 1 можно увидеть, что динамика сбоев московской подземки имеет четко выраженный сезонный характер. Действительно погодные условия, сильные морозы или наоборот палящий зной нарушают подачу электрического питания и провоцируют проблемы в трансформаторах и депо, а это сказывается на графике движения поездов; особенно это ощутимо в июне-июле. Например, на Филевской линии в 2013 году было зафиксировано падение деревьев на рельсы; в 2025 году на той же линии были затоплены две станции «Багратионовская» и «Кунцевская» из-за проливных дождей [9].

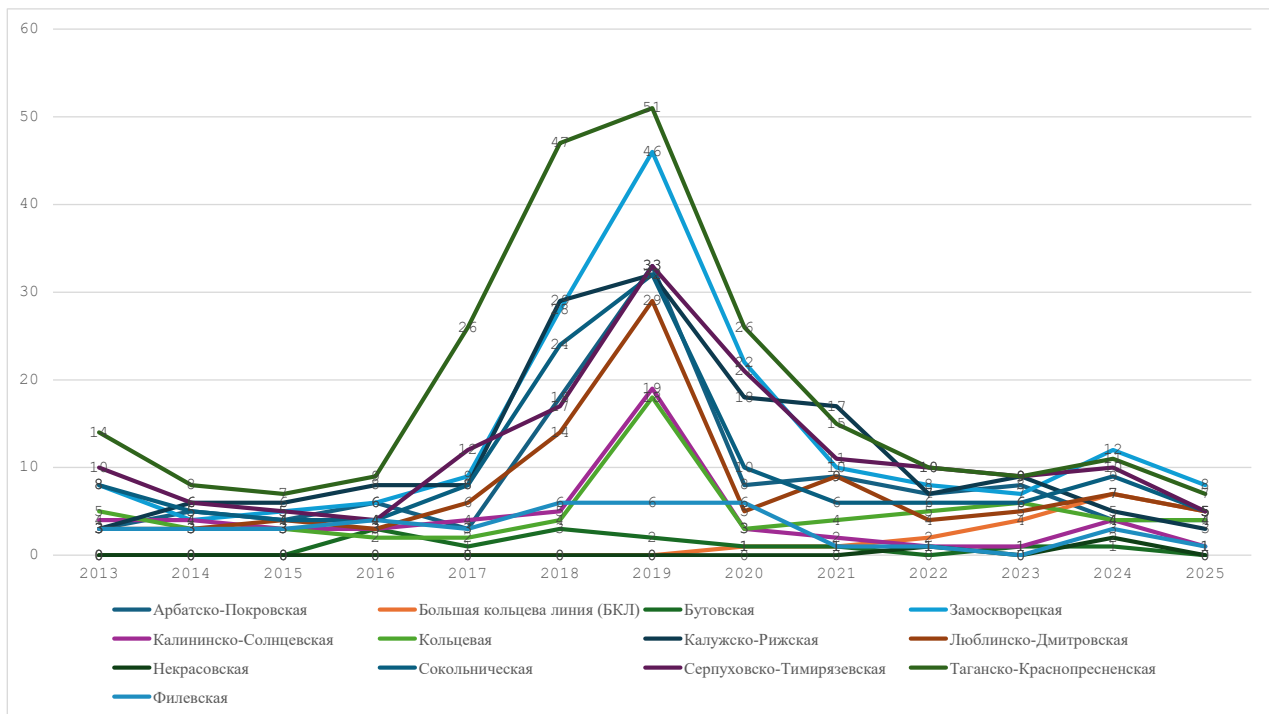


Рис. 1. Динамика сбоев работы Московского метрополитена с января по октябрь 2013-2025 гг.

Fig. 1. Dynamics of Moscow metropolitan failures from January to October 2013–2025
 Источник: Составлено автором по [ист. 6]

Source: Compiled by the author based on [source 6]

Рассчитаем основные показатели эффективности функционирования подземки в рамках теории массового обслуживания [11]. Для этого определим интенсивность потока сбоев за отчетный период. Если за 13 лет всего произошло 1246 сбоев, то за год в среднем интенсивность составляет $\lambda = 1246/13 = 95,84$ сбой/год. То есть в месяц происходит в среднем 7,98 сбоев; это значение можно округлит до 8 инцидентов в месяц. То есть $\lambda = 8$ сбой/месяц [11].

Что касается дневного сбоя, то он равен $\lambda = 0,3$ сбой/день. Если исходить из усредненных значений, то сбои происходят в метрополитене один раз в три дня. Важно отметить, что этот показатель характеризует метрополитен в целом без указаний конкретных линий. Причем каждая линия характеризуется своими особенностями и своей аварийностью.

В табл. 2 приведено среднее время ожидания сбоя по линиям метрополитена.

Таблица 2. Среднее время ожидания сбоев
 Table 2. Average waiting time for failures

Линии	Среднее число сбоев в месяц	Среднее время ожидания сбоя (в днях)
Арбатско-Покровская	1	30
БКЛ	0,13	234

Окончание таблицы

Линии	Среднее число сбоев в месяц	Среднее время ожидания сбоя (в днях)
Бутовская	0,08	360
Замоскворецкая	1	30
Калининско-Солнцевская	0,35	87
Кольцевая	0,40	74
Калужско-Рижская	1	30
Люблинско-Дмитровская	1	48
Некрасовская	0,02	1560
Сокольническая	1	30
Серпуховско-Тимирязевская	1	30
Таганско-Краснопресненская	2	15
Филевская	0,26	117

Источник: Составлено автором по [12]

Source: Compiled by the author on [12]

Из табл. 2 видно, что одной из наиболее безаварийных веток является БКЛ, так как среднее время ожидания 284 дня. Для сравнения на Калужско-Рижской линии этот показатель равен 30 дням, а на Таганско-Краснопресненской линии — 15. Это еще раз подчеркивает необходимость анализа «фиолетовой» линии и причин сбоев.

Показатели пассажиропотока

В табл. 3 приведены важные индикаторы, которые влияют на интенсивность пассажиропотока в Московском метрополитене.

Табл. 3 наглядно демонстрирует, что общее совокупное количество сбоев не превышает 100. Это подтверждается многочисленными исследованиями других

Таблица 3. Показатели пассажиропотока Московского метрополитена

Table 3. Passenger traffic indicators of the Moscow metropolitan

Показатель	Значение показателя
Общее число сбоев за год	95
Среднее число сбоев за месяц	8
Среднее время ожидания сбоя за неделю	2
Среднее число сбоев на одной линии за сутки	0,28
Интенсивность потока сбоев в метрополитене в час λ (сбой/час):	0,01
Количество сбоев за неделю (на всех линиях)	2,00
Среднее время работы метрополитена без сбоев (в часах)	96

Окончание таблицы

Показатель	Значение показателя
Интенсивность потока сбоев в метрополитене в день λ (сбой/день):	0,28
Интенсивность восстановления линии ($\mu = 1$ восстановление/1 час)	1
Среднее время восстановления метрополитена после сбоя ($1/\mu$) (в часах)	1
Интенсивность восстановления после аварий в метрополитене ($\mu = 1$ восстановление/4 часа),	3,5
Среднее время восстановления после аварий ($1/\mu$)	3,5

Источник: Составлено автором по [10]
Source: Compiled by the author based on [10]

аналитиков и экспертов [15]. Каждый месяц в московской подземке происходит не менее 6-8 сбоев, а в неделю — как минимум два.

Что касается интенсивности восстановления сбоев, то, к сожалению, в доступных источниках, эта информация отсутствует. Поэтому приходится использовать информацию, полученную от пассажиров. В среднем интенсивность восстановления

на линии редко превышает один час. Исключение составляют те случаи, которые относятся к серьезным авариям таким как крушение поездов на Арбатско-Покровской линии, которое случилось 15 ноября 2014 года.

Комплексные показатели оценки результативности функционирования Московского метрополитена приведены в табл. 4.

Таблица 4. Показатели оценки результативности функционирования Московского метрополитена

Table 4. Indicators for evaluating the effectiveness of the Moscow metropolitan

№	Показатель	Значение
1	2	3
1	Предельная плотность скопления пассажиров на станции	3 чел/м ²
2	Время стоянки поезда метрополитена на станции	25-50 секунд
3	Предельная пропускная способность одного эскалатора	7500 пасс/ч
4	Предельная пропускная способность одной станции метрополитена	4000 пасс/ч
5	Эксплуатационная скорость 1-го эскалатора метрополитена	1,3 м/с
6	Пропускная способность одного турникета в метрополитене	2500 пасс/ч
7	Средняя скорость движения пассажира в метрополитене	45-68 м/мин (2,25-4 км/ч)

Окончание таблицы

№	Показатель	Значение
1	2	3
8	Максимальная вместимость одного вагона метрополитена (инновационный вагон «Москва»)	190 пассажиров (плотность 5 чел/м ²) 330 пассажиров (плотность 10 чел/м ²)
9	Максимальная вместимость одного вагона метрополитена (вагон «Е»)	260 пассажиров

Источник: составлено автором по [14]

Source: compiled by the author on [14]

В таблице 4 представлены показатели, которые в целом определяют степень надежности функционирования метрополитена при условии, что не происходит никаких сбоев на линиях, вызванных как внутренними, так и внешними причинами.

Примечательно, что любое даже незначительное происшествие, как, например, поломка эскалатора, перевозящего в час около 8 тысяч пассажиров, влечет серьезную давку и скопление пассажиров на перроне.

Пусть на станции работает три эскалатора. Обозначим за λ_1 входящий поток пассажиров, равный 450 чел./мин. При этом пропускная способность эскалатора определяется $\mu = 100$ чел./мин.

Приведем расчет показателей до поломки эскалатора:

$n = 3$, где n — число эскалаторов.

Интенсивность нагрузки $\rho = 450/100 = 4,5$ [16].

Коэффициент загрузки $\psi = \frac{\rho}{n} = \frac{4,5}{3} = 1,5$ [17].

Заметим, что если коэффициент загрузки $\psi > 1$, то это свидетельствует о том, что в момент прибытия состава на станцию, на перроне всегда имеется определенная очередь из пассажиров, которую можно трактовать как допустимое скопление народа и которое как правило рассасывается до следующего поезда.

В случае поломки одного эскалатора из трех картина изменится следующим образом:

$n=2$, где n — число эскалаторов.

Новый коэффициент нагрузки станет равным [18]:

$$\psi_{\text{нов}} = \frac{450}{200} = 2,25$$

Это произойдет вследствие того, что пропускная способность узла снизится с 300 до 200 человек в минуту.

Определим скорость роста в очереди [19]:

$$v_{\text{очередь}} = \lambda - (n \times \mu) = 450 - 200 = 250 \text{ чел./мин}$$

При этом, если эскалатор находится в неисправности в течение 10 минут, то на перроне скопится 2500 пассажиров (10 мин \times 250 чел/мин = 2500). А это уже обозначает максимально плотное скопление людей на станции, и как следствие — давка, что может спровоцировать задержку поездов из-за проблем закрытия дверей, так как каждый будет хотеть попасть в вагон.

Также для вновь входящего пассажира со стороны улицы, и не подозревающего о поломке механизма, придется стоять в очереди не менее 12,5 мин. Расчет приведен ниже.

Время стояния пассажира в очереди [20]:

$$W = \frac{L_{queue}}{n \cdot \mu} = \frac{2500}{200} = 12,5 \text{ мин}$$

Для того чтобы избежать негативных сценариев в метрополитене применяют соответствующие меры:

1) метод резервирования, который заключается в наличии дополнительного эскалатора, который всегда может включиться в работу для поддержания

стабильной пропускной способности. Такой прием характерен для станций глубокого залегания;

2) адаптивное управление, которое позволяет оперативно переключать эскалаторы, работающие «на спуск» в режим на «подъем» в случае достижения критической плотности пассажиропотока на станции [21].

Статистика пассажирооборота за 2025 год приведена на рис. 2.

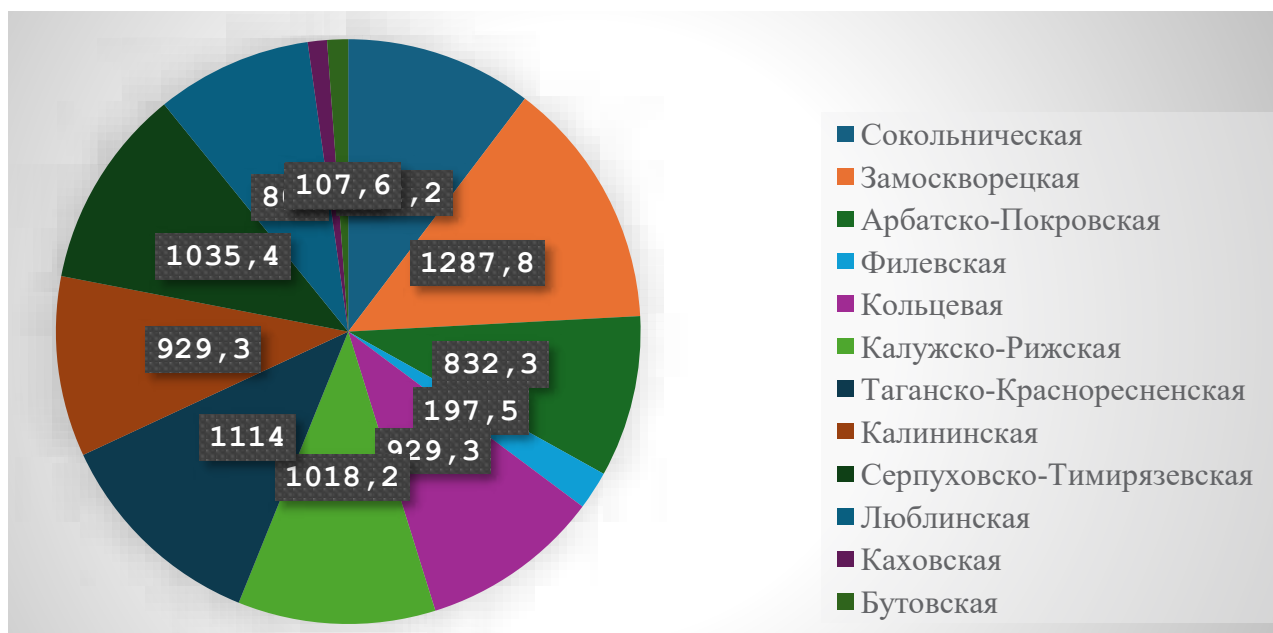


Рис. 2. Пассажиропоток Московского метрополитена, тыс. чел./сутки

Fig. 2. Passenger flow of the Moscow metropolitan, thousand people/day

Источник: составлено автором по [ист. 6, 7]

Source: compiled by the author on [source 6, 7]

Согласно рис. 2 видно, что три наиболее загруженные линии — Замоскворецкая, Калужско-Рижская и Серпуховско-Тимирязевская — имеют нагрузку более 850 тыс. человек в сутки, что повышает риск транспортных происшествий и неблагоприятных инцидентов, включая неадекватное поведение пассажиров и зацеперов.

Большое значение для метрополитена имеют новые инновационные поезда «Москва», которые обладают повышенным

комфортом и общей вместимостью до 1500 тыс. человек. Такой показатель вместимости особенно важен в час пик, когда пассажиропоток достигает своего апогея.

Однако, если взять суточный пассажиропоток на самых загруженных линиях, когда число людей превышает 1 200 000 человек, то даже новые инновационные составы не всегда способны справляться с таким скоплением пользователей метрополитена.

Таким образом, с учетом роста мегаполиса через пару лет Таганско-Краснопресненская линия может быть сильно перегружена и задержки на ней станут опять частым явлением, как это уже было в последние 10-15 лет, когда на ней курсировали устаревшие составы. Открытие БКЛ в 2023 году увеличило пассажиропо-

ток только на 3 % (250 тыс. чел.), и к концу 2024 года поток составил около 1300 тыс. человек [ист. 6, 7]. В табл. 5 представлена сравнительная характеристика пропускной способности линий в зависимости от наплыва пассажиров [14].

Из табл. 5 видно, что больше половины линий работают на пределе своих воз-

Таблица 5. Пропускная способность линий Московского метрополитена
Table 5. Capacity of Moscow metropolitan lines

№	Название линий	Объем пассажи-ро-потока в сутки (тыс. чел.)	Предельная пропускная способность за сутки (чел.)	Эффек-тивность	Расчет инте-грального ко-эффициента пропускной способности
	Сокольническая	962,2	864	-	0
	Замоскворецкая	1287,8	864	-	0
	Арбатско-Покровская	832,3	864	+	1
	Филевская	197,5	864	+	1
	Кольцевая	939,3	1188	+	1
	Калужско-Рижская	1018,2	1188	-	0
	Таганско-Краснопресненская	1114	1188	-	0
	Калининская	929,3	864	-	0
	Серпуховско-Тимирязевская	1035,4	864	-	0
	Люблинская	803	864	+	1
	Каховская	99,2	864	+	1
	Бутовская	107	864	+	1
	БКЛ	1200	1188	-	0
				Итого	6/13

Источник: составлено автором по [14]

Source: compiled by the author on [14]

можностей. Рассчитаем интегральный коэффициент реальной пропускной способности станций. Разделим число станций, испытавших перегрузку на общее число станций:

$$I = (6/13) \times 100 \% = 46 \%$$

Интегральный коэффициент пропускной способности свидетельствует о постоянной загруженности линий и необ-

ходимости постоянного увеличения парка поездов инновационными составами «Москва», а также о важности строительства новых диаметров для разгрузки столичной подземки.

Можно сделать вывод, что необходимо не только 100 % оснащение всех линий метрополитена инновационными составами, но и развитие альтернативных видов городского транспорта — например пересадка на МЦК и МЦД, а также через систему перехватывающих парковок — на каршеринг.

Следует отметить, что беспилотные поезда не будут особенно эффективны в час пик, когда объем пассажиропотока достигнет предельных значений. Мон-

таж новых вестибюлей и открытие новых станций также добавят проблем, особенно в случае неблагоприятных метеорологических условий: сильные ливни или жара вызовут затопление депо, так и возгорание трансформаторов, что спровоцирует перебои с электропитанием.

В табл. 6 приведены наиболее существенные показатели, которые получены из предыдущих расчетов.

Приведенная в табл. 6 вместимость определена с учетом технических нормативов старых и новых инновационных поездов метрополитена. Показано, что предельная вместимость пассажиров достигается именно благодаря инновационному составу «Москва». То есть,

Таблица 6. Предельные показатели эффективности Московского метрополитена по скорости движения поездов

Table 6. Maximum efficiency indicators of the Moscow metropolitan in terms of train speed

№	Наименование показателя	Формула расчета	Значение
1	Средняя скорость движения пассажира на метрополитене	15 км/45 мин.	20 км/ч
2	Число пассажиров в одном вагоне в случайный момент времени (закон Рэлея)	$\begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2 * \sigma^2}\right) \\ x > 0 \end{cases}$	130-150 чел
3	Число пассажиров в одном поезде в случайный момент времени	150 чел × 8 ваг.	1200 чел
4	Предельное число пассажиров в одном вагоне в час пик	В соответствии с полной вместимостью вагона	300 чел
5	Предельное число пассажиров в одном поезде в час пик	В соответствии с полной вместимостью вагонов 300×8	2400 чел
6	Предельная вместимость вагона «Е»	В соответствии с полной вместимостью вагонов	264 чел
7	Предельная вместимость одного вагона поезда «Москва»	(плотность 10 чел/м ²)	330 чел
8	Предельная вместимость одного состава поезда «Москва»	(плотность 10 чел/м ²)	1617 чел

исходя из цифры 1617 человек (максимальное число человек в составе), мы делаем вывод, что за час может быть перевезено максимально 1617чел. × 40 пар = 64680 человек. Это достаточно важный показатель, который характеризует предельные возможности метрополитена уже на «новом» инновационном уровне.

На «номерных» поездах это значение не превышает $264 \times 8 \times 40 = 84480$ тысяч человек за час. К примеру, если взять такую загруженную ветку как Замоскворецкая линия, то даже при стопроцентном соблюдении штатного расписания поездов невозможно перевезти более 100 тысяч человек за один час, что не может не сказаться на вынужденных сбоях и коллапсах.

Представляется целесообразным также повысить информационную осведомленность пассажиров через новые цифровые приложения и мобильные сервисы о возможных коллапсах, а также усилить сеть WI-FI. Востребованным будет создание дополнительных аварийно-спасательных служб, которые должны нести круглосуточное дежурство на дистанциях. Кроме этого, важную роль играет Единый диспетчерский центр (ЕДЦ) Московского метрополитена, который аккумулирует всю информацию и проецирует ее на голографический экран в форме дашбордов и диаграмм. Единый диспетчерский центр призван создать единое цифровое гиперпространство, оптимально объединяющее диспетчеров, всех технических служб (движения, электроснабжения, эскалаторной) для мгновенного реагирования на сбой, предлагая сотни шаблонных сценариев в случае внештатных ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительное развитие сети метрополитена Москвы, открытие новых станций, вестибюлей, монтаж новых диаметров, внедрение цифровых технологий и инноваций — все эти вместе взятые факторы способствуют повышению комфорта пассажиров и повышают безопасность перемещения. При этом снижается нагрузка на наземный общественный транспорт — электробусы, маршрутные такси, так как метрополитен охватывает все больше прилегающих к городу территорий.

В работе рассчитаны количественные характеристики пассажиропотока метрополитена, а также определены особенности возникновения сбоев. Показано, что вследствие увеличения роста пассажиропотока в час пик большинство станций работают на пределе своих возможностей. Предложен интегральный коэффициент пропускной способности метрополитена.

Активная модернизация Московского метрополитена и введение инноваций способствует повышению надежности и комфорта перевозки пассажиров. С целью повышения эффективности функционирования системы метрополитена необходимо 100 % оснащение всех линий инновационными поездами, а также важно приступить к реконструкции «проблемных» дистанций и внедрить ряд предупредительных мероприятий.

Инновационная модернизация метрополитена также позволит повысить инвестиционную привлекательность отдельных районов Москвы, ускорить темпы развития других видов городского транспорта, а также создать новые полюсы деловой активности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The author declares that there is no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCE

1. Sobral T., Dias T., Borges J. Visualization of Urban Mobility Data from Intelligent Transportation Systems. *Sensors*. 2019;19(2):332. <https://doi.org/10.3390/s19020332>
2. Ahmadov H., Manafov E., Guliyev H., Huseynov F. A Fuzzy logic-based multi-sensor diagnostic system for traction motor bearings in railway applications. *Transport Problems*. 2025;2(2):73-84. <https://doi.org/10.20858/tp.2025.20.2.06>. EDN: VVBHBB
3. Tahir H.B., Yasmin Sh., Haque Md.M. A Poisson lognormal-lindley model for simultaneous estimation of multiple crash-types: application of multivariate and pooled univariate models. *Analytic Methods in Accident Research*. 2024;41(2):1-12. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2023.100315>. EDN: EGEBDM
4. Sugama A., Okumura M. Simultaneous optimization of network and fares for self-financing public transportation system. *Asian Transport Studies*. 2024;10(1):1-15. <https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2024.100135>. EDN: VNCZRC
5. Киселёв И.В. Территориальные сдвиги топологической структуры и пассажиропотока Московского метрополитена после ввода большой кольцевой линии. *Псковский регионологический журнал*. 2025;21(1):180-199. <https://doi.org/10.37490/S221979310033186-7>. EDN: ZQXSGM
Kiselev I.V. Territorial shifts in the topological structure and passenger flow of the Moscow Metro after the introduction of the Big Circle Line. *Pskov Regional Studies Journal*. 2025;21(1):180-199. <https://doi.org/10.37490/S221979310033186-7>
6. Kiribou I.A.R., Neya T., Nana B., Ogunjobi K., Daho T., Gounkaou Y.W., Muema F.M., Sintayehu D.W. Road Transport and Urban Mobility greenhouse gas emissions factor for air pollution modeling in Burkina Faso. *Journal of Urban Mobility*. 2025;7(2667-0917):1-12 <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2025.100106>. EDN: JHYILO
7. Liu X., Schmöcker J.A.D., Zhao J., Yang X. How to make service better? A review on developing service-oriented public transit systems. *Transport Reviews*. 2025;5:672-695 <https://doi.org/10.1080/01441647.2025.2502629>. EDN: YLVVKI
8. Шаперова В.С. Исследование пассажиропотока станции метрополитена с учетом включения элементов обеспечения транспортной безопасности. *Системный анализ и логистика*. 2023;2(36):72-87. <https://doi.org/10.31799/2077-5687-2023-2-72-87>. EDN: ASUPIY
Shaperova V.S. Research of the passenger flow at a metro station, taking into account the inclusion of elements of transport security. *System Analysis and Logistics*. 2023;2(36):72-87. <https://doi.org/10.31799/2077-5687-2023-2-72-87>
9. Gan Z. et al. Understanding urban mobility patterns from a spatiotemporal perspective: daily ridership profiles of metro stations. *Transportation*. 2020;47:315-336. <https://doi.org/10.1007/s11116-018-9885-4>. EDN: GCSYDN

10. Кочетков А.А. Московский метрополитен: аварийность, проблемы, перспективы Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Эдитус». 2020. 158 с. ISBN 978-5-00149-399-0. EDN: DBFGKF
Kochetkov A.A. Moscow metro: accident rate, problems and prospects. Moscow: Editus, Limited Liability Company. 2020. 158 p. ISBN 978-5-00149-399-0
11. Kim K. Modelling public transportation multi-modal route choice using smart card big data. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers — Transport*. 2021;176:440-446. <https://doi.org/10.1680/jtran.21.00066>
12. Кочетков А.А. К вопросу безопасности и расчета риска транспортного социального обслуживания в контексте элементов теории массового обслуживания на примере Московского метрополитена. *Финансовый бизнес*. 2021;11(221):77-87. EDN: HOFTRH
Kochetkov A.A. On the issue of safety and risk calculation of transport social services in the context of elements of the queuing theory on the example of the Moscow metro. *Financial business*. 2021;11(221): 77-87.
13. Антонова В.М., Гречишкин Н.А., Кузнецов Н.А. Исследование модели пассажиропотока станции метро в среде имитационного моделирования AnyLogic при введении дополнительных услуг и с поиском «узких мест». *Журнал радиоэлектроники*. 2019;4(20):1-14. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2019.4.7>. EDN: ZJDHRK
Antonova V. M., Grechishkin N. A., Kuznetsov N. A. Research of the model of passenger traffic of the metro station in the AnyLogic simulation modeling environment with the introduction of additional services and with the search for bottlenecks. *Journal of Radioelectronics*. 2019;4(20):1-14. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2019.4.7>
14. Кочетков А.А. Системы массового обслуживания с периодическими функциями интенсивностей потоков на транспорте. *Экономика. Бизнес. Банки*. 2024;1(71):36-51. EDN: WDPJZT
Kochetkov A.A. Queueing systems with periodic functions of transport flow intensities. *Economy. Business. Banks*. 2024;1(71):36-51.
15. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. Москва: Горячая линия-Телеком; 2015. 886 с. ISBN: 978-5-9912-0543-6. EDN: UBWYWF
Stepanov S.N. The theory of teletraffic: concepts, models, applications. Moscow: Hot Line-Telecom; 2015. 886 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-9912-0543-6.
16. Вакуленко С.П. Оценка эффективности формирования транспортнопересадочного узла. *Экономика железных дорог*. 2020;8:35-43. EDN: VM0EZW
Vakulenko S.P. Assessment of the efficiency of the formation of a transport and transfer hub. *Economy of railways*. 2020;8:35-43.
17. Покусаев О.Н., Намиот Д.Е., Чекмарев А.Е. Дискретно-событийное моделирование для системы метро. *International Journal of Open Information Technologies*. 2021;9(7):107-113. EDN: AWAIUK
Pokusaev O.N., Namiot D.E., Chekmarev A.E. Discrete Event Modeling for the Metro System. *International Journal of Open Information Technologies*. 2021;9(7):107-113.
18. Намиот Д.Е. и др. Цифровые двойники и системы дискретно-событийного моделирования. *International Journal of Open Information Technologies*. 2021;9(2):70-75. EDN: VWEGHR

- Namiot D.E. et al. Digital twins and discrete event simulation systems. *International Journal of Open Information Technologies*. 2021;9(2):70-75.
19. Куприяновский В.П. и др. Цифровая железная дорога-прогнозы, инновации, проекты. *International Journal of Open Information Technologies*. 2016;4(9):34-43. EDN: WIQHXX
Kupriyanovsky V.P. et al. Digital railway-forecasts, innovations, projects. *International Journal of Open Information Technologies*. 2016;4(9):34-43.
20. Сидоренко В.Г., Маркевич А.В. Интеллектуальная система построения графиков работы машинистов метрополитена. *Автоматика, связь, информатика*. 2023;(8):19-20. <https://doi.org/10.34649/AT.2023.8.8.004>. EDN: ZLAMKP
Sidorenko V.G., Markevich A.V. Intelligent System for Scheduling The Work of Subway Drivers. *Automation, Communications, Informatics*. 2023;(8):19-20. <https://doi.org/10.34649/At.2023.8.8.004>
21. Михайлов В.С., Юрков Н.К. Интегральные оценки в теории надежности. Введение и основные результаты. Москва: Техносфера; 2020. 148 с. ISBN: 978-5-94836-598-5. EDN: FIXXWV
Mikhailov V.S., Yurkov N.K. Integral Estimates in Reliability Theory. Introduction and Main Results. Moscow: Tekhnosfera; 2020. 148 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-94836-598-5.

ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ / SOURCES

1. Собянин объявил о начале проходки нового тоннеля Рублево-Архангельской линии. URL: <https://www.mos.ru/mayor/themes/14101050/> (дата обращения: 20.02.2026).
Sobyanin announced the start of tunnel construction on the new Rublevo-Arkhangelskaya Line. URL: <https://www.mos.ru/mayor/themes/14101050/> (accessed: 20.02.2026).
2. Каталог услуг для жителей. URL: <https://www.mos.ru/uslugi/> (дата обращения: 20.02.2026).
Residential Services Catalog. URL: <https://www.mos.ru/uslugi/> (accessed: 20.02.2026).
3. Портал открытых данных Правительства Москвы. URL: <https://data.mos.ru/> (дата обращения: 20.02.2026).
Moscow Government Open Data Portal. URL: <https://data.mos.ru/> (accessed: 20.02.2026).
4. Тысячи пассажиров Московского метро. URL: <https://metrostat.ru/ru/moscow> (дата обращения: 20.02.2026).
Thousands of passengers on the Moscow metro. URL: <https://metrostat.ru/ru/moscow> (accessed: 20.02.2026).
5. Начали официальное тестирование первого в России беспилотного поезда метро отечественного производства! URL: <https://www.mosmetro.ru/news/details/8804> (дата обращения: 20.02.2026).
Official testing of Russia's first domestically produced driverless metro train has begun! URL: <https://www.mosmetro.ru/news/details/8804> (accessed 20.02.2026).

6. Stratil-Sauer N., Breyer N. Probabilistic modeling of delays for train journeys with transfers. *Journal of Public Transportation*. 2026;():1-24. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.17479>. EDN: MRUTFO
7. Du Z., Yang B., Liu J. Understanding the spatial and temporal activity patterns of subway mobility flows. URL: <https://arxiv.org/pdf/1702.02456>. 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.02456>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Артур Андреевич Кочетков, канд. экон. наук, старший преподаватель, ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9731-8044>; e-mail: AKochetkov@fa.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Artur A. Kochetkov, Cand. Sci. (Econ.), Senior Lecturer, Finance University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9731-8044>; e-mail: AKochetkov@fa.ru

Поступила / Received 24.02.2026

Принята / Accepted 17.03.2026