

Экономика и управление

УДК 625.42

JEL: R41

*КОЧЕТКОВ Артур Андреевич*¹

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Ленинградский проспект, д.49, 125993 (ГСП-3), Россия
<https://orcid.org/0000-0002-9731-8044>

¹ Кочетков Артур Андреевич, заведующий учебной лабораторией базовой кафедры «Экономика интеллектуальной собственности», Москва
E-mail: AKochetkov@fa.ru

**МОНИТОРИНГ АВАРИЙНОСТИ МОСКОВСКОГО
МЕТРОПОЛИТЕНА**

АННОТАЦИЯ

Предмет/тема. В статье приводится статистика данных по авариям ГУП «Московский метрополитен» за 2011-2021 год. Приведена авторская методика для прогнозирования количества сбоев на конец 2021 года и 2022 год. Рассчитаны технико-экономические показатели для каждой линии метро: среднее количество аварий за месяц, «средняя наработка на отказ», средняя интенсивность восстановления. На основе собранных эмпирических данных доказано, что вероятность технических отказов московской подземки возрастает во второй половине каждого календарного месяца; приведена статистика определенных аварийных дат.

Цели/задачи. Рассчитать показатели эффективности работы метро: совокупное число технических отказов, показатель интенсивности аварийного трафика, среднее время «простоя» на одной линии, приведенная интенсивность потока аварийного трафика метро.

Методология. Методологической основой настоящего исследования являются элементы теории вероятности, эконометрического анализа, а также программирование на основе MATLAB и Wolfram. Метод эмпирического исследования применялся при сборе информации о сбоях в период с 2011 по 2012 годы на основе данных из открытых источников.

Выводы. Доказано, что интенсивность сбоев метро имеет свой закон распределения, выражающийся в увеличении числа аварий к концу каждого календарного месяца и соответствующий определенным даты. Обоснована целесообразность отдельных рекомендаций по предотвращению аварий метро.

Ключевые слова: *эффективность работы метро, ГУП «Московский метрополитен», аварийность, сбои, аварии; среднее время восстановления, аварии метро, сбои метро, линии метро, бесперебойная работа метро*

Economics and Management

¹ **Artur A. Kochetkov**, head of the educational laboratory of the basic department "Economics of Intellectual Property" at Financial University under The Government of the Russian Federation, Leningradskiy prospect,49, 125993 (GSP-3), Moscow, Russia. E-mail: AKochetkov@fa.ru

MONITORING THE EMERGENCY OF THE MOSCOW METRO ¹

ABSTRACT

Subject/topic The article presents the statistics of data on accidents of the State Unitary Enterprise "Moscow Metro" for 2011-2021. The author's methodology for predicting the number of failures at the end of 2021 and 2022 is given. The technical and economic indicators for each metro line are calculated: the average number of accidents per month, the "average time to failure", the average recovery intensity. Based on the collected empirical data, it is proved that the probability of technical failures of the Moscow subway increases in the second half of each calendar month; statistics of certain emergency dates are given.

Goals/tasks Calculate the metro performance indicators: the total number of technical failures, the indicator of the intensity of emergency traffic, the average "downtime" on one line, the reduced intensity of the flow of emergency traffic of the metro.

Methodology The methodological basis of this study is the elements of probability theory, econometric analysis, as well as programming based on MATHLAB and Wolfram. The method of empirical research was used to collect information about failures in the period from 2011 to 2012 based on data from open sources.

Conclusions It is proved that the intensity of metro failures has its own distribution law, which is expressed in an increase in the number of accidents by the end of each calendar month and corresponds to certain dates. The expediency of individual recommendations for the prevention of metro accidents is justified.

Keywords: *efficiency of the metro, SUE "Moscow Metro", accident rate, failures, accidents; average recovery time, metro accidents, metro failures, metro lines, uninterrupted operation of the metro*

Введение:

Метрополитен - один из основных видов железнодорожного транспорта, на долю которого приходится более трети всех пассажироперевозок.¹ Прежде всего надо отметить, что метрополитен представляет собой сложнейшую и комплексную систему, которая включает в себя не только сеть станций, вестибюлей, подземных тоннелей, но и многогранную инфраструктуру, представленную агрегатами, эскалаторами, депо. Сегодня метрополитен представлен 14 линиями метрополитена, Московским центральным кольцом, Московский монорельсом. На 01.04.2021 Метрополитен представлен 278 станциями, 31 станция приходится на МЦК и 6 – на Московский монорельс.²

Происходящие сбои и аварии выявили необходимость повышения надежности работы метро и принятию дополнительных мер по обеспечению безопасности пользования московской подземкой.

¹ ГУП «Московский метрополитен. Электронный ресурс. Режим доступа: URL: <https://gup.mosmetro.ru/o-metropolitene/pay-agency/> (Дата обращения 07.07.2021)

² Метрополитен в цифрах. Электронный ресурс. Режим доступа: URL: <https://www.mosmetro.ru/press/digits/> (Дата обращения 03.07.2021)

Дадим определение сбоем метро. Под сбоем будем подразумевать остановку поезда в тоннеле более 2 минут, которая напрямую связана с техническим отказом какого-либо механизма инфраструктуры метро, приводящую к нарушениям штатного графика курсирования поездов. При этом технические отказы могут относиться к самому поезду (поломка состава, отказ токоприемников), так и к инфраструктуре тоннелей или кабелей.

Приведем наиболее важные причины сбоев метро. Они приведены в Таблице 1.

Таблица 1 - Причины сбоев метро / Table 1. Causes of metro failures

№ п/п	Внешние причины отказов	Внутренние причины отказов
1	Устаревание вагонов и несвоевременное оснащение линий новыми вагонами;	Зацепинг
2	Износ элементов инфраструктуры метро (электрические приводы, кабели, стрелки, приводы и т.д.);	Падение или намеренный спуск пассажиров на рельсовое полотно
3	Оседание рельса в тоннелях вследствие различных причин	Вандализм в вагонах метро и на станциях
4	Человеческий фактор (халатность, работа в «две смены» и т.д.)	Теракты
5	Рельеф конкретной линии метро	Закрытие станций и вестибюлей из-за митингов и демонстраций
6	Работа трансформаторных подстанций метро	Недостаток средств на капитальное обновление инфраструктуры метро

Источник: Составлено автором/Source: Compiled by the author

Исходя из данных таблицы 1 видно, что внутренними причинами являются происшествия, которые связаны с внутренней инфраструктурой метро. В первую очередь важное значение состояние тоннелей, исправность семафоров, приводов и стрелок. В большинстве случаев машинист в состоянии самостоятельно справиться с ситуацией, используя набор алгоритмов и шаблонов при внештатной ситуации.

Что касается внешних причин, то они являются настолько непредсказуемыми, что предотвратить или предвидеть их наступление весьма затруднительно.

Приведем отдельные виды технических аварий метрополитена за последние 15-20 лет (таблице 2) - основные аварии Московской подземки. Приведем статистические данные по авариям за последние 10 лет: (таблица 3) - наглядно представлена аварийная динамика московского метро с 2011 по 2021 год. Часть данных взята на основе мониторинга компании Покровка-Финанс (до 2018 года). С 2018 года в расчет приняты данные из твиттер-метро. Заметим, что данные за 2021 год приведены за период (январь-июль).

**Таблица 2 - Перечень аварий ГУП «Московский метрополитен» /
List of accidents SUE "Moscow Metro"**

1.	Возгорание кабелей и проводки тоннелях и депо
2.	Возгорание и задымление в подсобных помещениях метро
3.	Неисправная система сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ)
4.	Возникновение перебоев с электроснабжением
5.	Излом рельсового полотна
6.	Неисправность токоприемников в вагонах поезда
7.	Техническая поломка подвижного состава
8.	Неработающая система климат-контроля в вагонах
9.	Падение деревьев на пути
10.	Обрушение тоннелей
11.	Неисправные подъемные и эскалаторные механизмы

Источник: Составлено автором/Source: Compiled by the author

Таблица 3 - Динамика сбоев в московском метро с 2011 года по 2021 год (в разрезе линий)/ Table 3. Dynamics of failures in the Moscow metro from 2011 to 2021 (in terms of lines)

Линии	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Арбатско-Покровская	11	6	3	5	4	6	3	18	33	8	8
Бутовская	0	0	0	0	0	3	1	3	2	1	1
Замоскворецкая	9	5	8	4	5	6	9	28	46	22	7
Калининско-Солнцевская	2	6	4	4	3	3	4	5	19	3	2
Калужско-Рижская	10	8	3	6	6	8	8	29	32	18	11
Кольцевая	6	6	5	3	3	2	2	4	18	3	3
Люблинско-Дмитровская	4	4	3	3	4	3	6	14	29	5	8
Серпуховско-Тимирязевская	7	7	10	6	5	4	12	17	33	21	8
Сокольническая	11	13	8	5	4	4	8	24	32	10	5
Таганско-Краснопресненская	5	14	14	8	7	9	26	47	51	26	9
Филевская	5	2	3	3	3	4	3	6	6	6	1
Итого	70	71	61	47	44	52	82	195	304	123	63

Источник/Source: рассчитано на основе данных из открытых источников, а также согласно статистике Покровка-Финанс3. /Calculated on the basis of data from open sources, as well as according to statistics Pokrovka-Finance.

Всего за 10 лет с 2011 по 2021 произошло 1109 сбоев. Наиболее аварийными линиями являются: Таганско- Краснопресненская линия (216 сбоев), Замоскворецкая линия (149 сбоев) и КАлужско-Рижская линия (139 сбоев). Калининско-Солнцевская линия и Кольцевая линия оказались равными по числу сбоев – 55. Серпуховско-Тимирязевская линия отмечена 130 сбоями.

Самой безаварийной линией оказалась Бутовская. Согласно компьютерному моделированию до конца 2021 года произойдет не менее 60 сбоев. Таким образом 2021 год не превысит 150-160 инцидентов.

Имеется ли здесь определенная закономерность? Причинами указанных инцидентов являлись как внутренние проблемы метро, связанные с износом инфраструктуры, так и внешние (нахождение людей на рельсах, зацепинг). Тем не менее, можно констатировать, что две линии метро по-прежнему являются аварийными – это Таганско-Краснопресненская линия и Замоскворецкая линия. Если Таганско-Краснопресненская линия полностью оснащена новыми поездами «Москва», то на Замоскворецкой линии все еще курсируют поезда устаревшей модификации. Кроме того, не следует забывать, что Замоскворецкая линия – одна из старейших и полное ее оснащение современными поездами не решит проблему, так как имеет место ряд конструктивных особенностей тоннелей, возведение которых уходит корнями в далекое прошлое.

Таким образом, требуется комплексный, системный подход, требующий не только замену оборудования, но и частичную перестройку части линии, включая возможное закрытие ряда станций и вестибюлей на долгосрочный ремонт.

Методология исследования

Анализ периодичности сбоев метро в таблице 3 с помощью программы MATLAB4 подводит нас к тому, что интенсивность аварий подчиняется сложной гармонике вида:

$A*\sin(x)+B*\cos(x)+D$, где A,B,D – свободные переменные.

Дальнейший детальный анализ показывает, что динамика каждой линии метро определяется периодической функцией $f(x) = A*\sin(\omega*t+\phi)$ [1], где A – амплитуда колебаний сбоев; ω – частота колебаний сбоев, ϕ – начальная фаза сбоев.

Прогноз «сбоев», которые приведены таблице 4, учитывает как праздничные дни, так и дни летних каникул.

Таблица 4 отражает общую динамику аварийности, которая достаточно вероятна в 2022 году.

⁴ MATLAB – это среда и язык технических расчетов, предназначенный для решения широкого спектра инженерных и научных задач любой сложности в любых отраслях. Режим доступа: URL:<https://exponenta.ru/> (Дата обращения 20ю07.2021)

Таблица 4 - Прогноз сбоев на 2022 год Московского метрополитена (на всех линиях) / Table 4 - Accident forecast for 2022 of the Moscow metro (on all lines)

	янв.18	фев.18	мар.18	апр.18	май.18	июн.18	июл.18	авг.18	сен.18	окт.18	ноя.18	дек.18	Итого
Арбатско- Покровская	2	2	2	2	1	3	2	1	3	3	3	4	28
Большая Кольцевая линия	0	1	1	1	0	2	1	0	2	2	2	1	13
Бутовская	0	1	0	1	0	1	1	0	2	1	0	0	7
Замоскворецкая	1	3	3	4	3	3	2	1	4	4	3	3	34
Калининская	1	1	1	2	2	1	1	0	3	1	1	2	16
Калужско-Рижская линия	1	2	3	2	3	3	2	2	4	3	3	3	31
Кольцевая	1	2	3	2	1	2	1	0	2	2	2	3	21
Люблинско-дмитровская	2	3	2	3	2	3	2	1	3	3	3	2	29
Серпухово-timiриязевская	1	3	3	2	3	3	1	1	4	3	3	2	29
Сокольническая	1	2	3	3	2	3	1	1	3	3	3	2	27
Таганско-Краснопресненская	3	4	6	5	4	4	3	3	4	6	5	4	51
Филевская	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	17
Всего	14	26	29	28	23	29	18	11	36	33	29	27	303

**Источник/Source: рассчитано на основе данных программы MATLAB/Calculated based on MATLAB data*

Основные результаты.

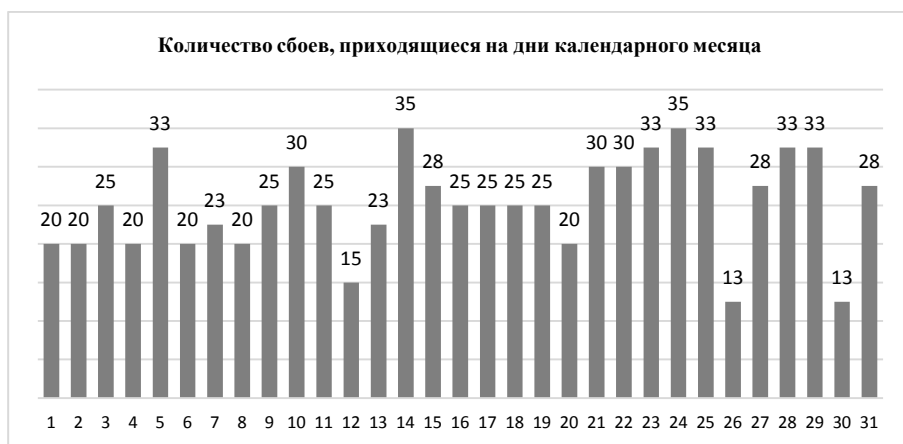
В таблице 5 приведено распределение 783 сбоя, которые произошли в течение 2017-2021 года, приходящиеся на соответствующую дату календарного месяца.

Таблица 5 - Характеристика распределений аварий метро, приходящихся на дни календарного месяца (за 2017-2021 гг) / Table 5. Characteristics of the distribution of metro accidents accounted for days of a calendar month (for 2017-2021)

Дни календарного месяца	Количество сбоев за календарный месяц	Весовое выражение %, кол-ва сбоев
1	20	2,55%
2	20	2,55%
3	25	3,19%
4	20	2,55%
5	30	3,83%
6	23	2,87%
7	20	2,55%
8	20	2,55%
9	25	3,19%
10	30	3,83%
11	25	3,19%
12	18	2,30%
13	21	2,68%
14	35	4,47%
15	25	3,19%
16	25	3,19%
17	25	3,19%
18	25	3,19%
19	20	2,55%
20	30	3,83%
21	30	3,83%
22	33	4,15%
23	35	4,47%
24	33	4,15%
25	13	1,60%
26	28	3,51%
27	26	3,52%
28	32	4,09%
29	33	4,21%
30	12	1,53%
31	28	3,58%

Интересно отметить, что по данным таблицы 4 аварийность возрастает каждое 5 число календарного месяца, а также 14 и 28 29 числа.

Диаграмма 1 - Число сбоев метро в календарном месяце/ Chart 1. Number of metro failures in a calendar month



Примечание: составлено автором на основе анализа 783 сбоев за 2017-2021 гг./ Note: compiled by the author based on an analysis of 783 failures for 2017-2021.

Из Таблицы 5 и диаграммы 1 можно увидеть, что после 14 числа аварийность на линиях метро значительно возрастает (38,5 % - всех сбоев приходится на 1-14 число календарного месяца, 61,6% - всех сбоев приходится с 15 по 31 число).

Рассчитаем надежность работы метро. Надежность может быть определена на основе теории вероятности и на основе закона Пуассона [2]. Она будет равна $p(t) = e^{-\lambda t}$, где $p(t)$ – вероятность безотказной работы, t – время, $\lambda = 2$, интенсивность отказов [3].

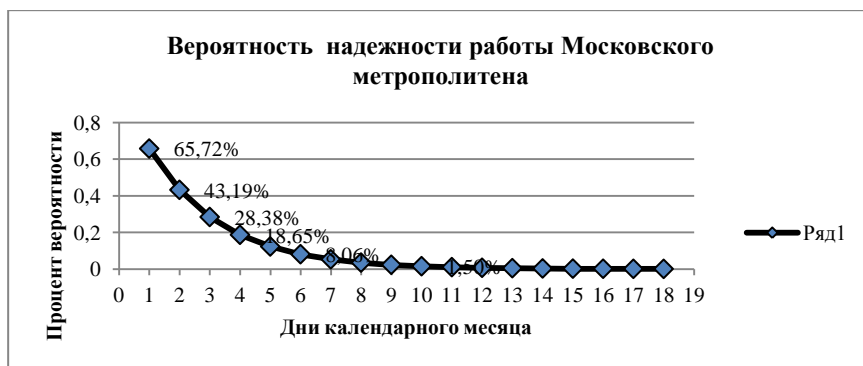


Диаграмма 2 - Надежность работы московского метро / Diagram 2. Reliability of the Moscow metro

Источник: поставлено автором на основе формулы Пуассона/ Source: supplied by the author based on Poisson's formula

Диаграмма 2 показывает вероятность надежности функционирования метро. Если пассажир пользуется метро 1 день (вне зависимости от календарного дня месяца), то вероятность того, что не произойдет ни одного сбоя в метро в целом будет равна 65 %. Если пассажир будет пользоваться линиями метро 2 дня, то для него вероятность безотказной

работы станет равна 43 %. Вероятность того, что за неделю в метро не произойдет ни одного сбоя составляет 8,06 %. Этот показатель является одной из основных характеристики метро и отражает общую эффективность его работы.

Еще одним важным индикатором, характеризующим степень надежности метро является средняя «наработка на отказ» – средний промежуток времени, после которого технический отказ случиться со 100 % вероятностью.

Таблица 6 - Показатель «средняя наработка на отказ» в разрезе линий метро / Table 6. The indicator "mean time between failures" in the context of metro lines

Линии	Средняя наработка на отказ (в днях)
Арбатско-Покровская	11
Большая кольцевая линия	28
Бутовская	нет данных
Замоскворецкая	10
Калининская	22
Калужско-Рижская линия	13
Кольцевая	91
Люблинско-Дмитровская	23
Серпуховско-Тимирязевская	11
Сокольническая	13
Таганско-Краснопресненская	5
Филевская	60

**Источник/Source: рассчитано на основе данных из открытых источников за последние 2017 – 2021 гг./ Calculated based on data from open sources for the last 2017 – 2021*

Таблица 6 демонстрирует сравнительную характеристику различных линий подземки. Легко увидеть, что самый маленький показатель – 5 дней относится к Таганско-Краснопресненской линии. То есть это значит, что в среднем на Таганско-Краснопресненской линии случаются один раз в пять дней! Второе место занимает Замоскворецкая линия – 10 дней. На Замоскворецкой линии инциденты происходят один раз в 10 дней. Самый лучший показатель наработки на отказ относится к Кольцевой линии: 91 день. Это обозначает, что пертурбации на линии возможны лишь раз в три месяца. Это одна из позитивных тенденций метро. В этом смысле Кольцевая линия является одна из самых надежных.

Показатель «наработка на отказ» показывает максимальную способность метро обеспечивать бесперебойность работы за определенный промежуток времени, по истечении которого технический отказ неотвратим.

Можно рассчитать также «среднее время восстановления линии после сбоя» [4]. Это один из фундаментальных индикаторов, который определяют состояние линии метро, которая должна быть восстановлена с помощью аварийной бригады или других восстановительных мероприятий. Здесь время восстановления сильно зависит конкретной линии метро и

особенностей рельефа тоннеля. К сожалению, ни в отчетах метро, не содержится упоминаний о таком промежутке времени, поэтому можно ориентироваться только на данные твиттера-метро. (<https://twitter.com/metrooperativno?lang=ru>).

В большинстве случаев проблемы задержек могут быть связаны с семафорами, стрелками, приводами. В этом случае техническая неисправность можно устранить на 20-30 минут. Максимум за 40 минут. Другое дело, если речь идет о пассажирах, которые по тем или иным причинам оказались на рельсовом полотне (непроизвольное падение, хулиганство и т.д.). Тогда придется отключать электроснабжение на всей линии, что неизбежно приведет к общему сбою движения поездов и нарушению штатного расписания.

На восстановление уходит в среднем – час или даже полтора часа. К сожалению, весьма затруднительно рассчитать точное среднее время восстановления для каждой конкретной линии метро. Тем не менее основываясь на эмпирических данных из СМИ, можно сказать, такое среднее время восстановления равно **одному часу**.

То есть в среднем в течение часа любая неполадка с семафором или заклинившими колесами вагона будет оперативно устранена оперативной бригадой либо самим машинистом поезда.

Другим не менее важным показателем, характеризующим степень надежности метро, является – **среднее количество сбоев в месяц**. Этот индикатор равен 12-14 сбоям! То есть за 5 рабочих дней происходит не менее 2-3 сбоев на каких-либо ветках метро - то есть практически каждые два дня! Что касается субботы и воскресенья, то в эти дни, как правило, сбоев не происходит.

Введем такой показатель как коэффициент аварийности метро – k .

В числителе этого показателя станем отражать количество месячной аварийности, в знаменателе – период времени, за который произошел сбой.

Из таблицы 7 можно увидеть, что за неделю произойдет сбой на Арбатско-Покровской линии, Замоскворецкой, Калужско-Рижской, Серпуховско-Тимирязевской и Сокольнической линиях. Для них индикатор выше 0, 51.

В праздничные дни и в те месяцы, на которые приходятся праздники (январь, март и май) возможно отдельное снижение кол-ва сбоев, связанное со уменьшением количества пассажиров. В общей сложности за неделю происходит как минимум 3-4 сбоев на различных линиях метро.

Таблица 7 -Расчет коэффициента аварийной нагрузки / Table 7 - Calculation of the emergency load factor

Линии	Среднее число сбоев за месяц	Коэффициент недельной аварийной нагрузки
Арбатско-Покровская	2	0,51
Большая кольцевая	0	0,08
Бутовская	0	0,04
Замоскворецкая	3	0,78
Калининская	1	0,19
Калужско-Рижская	3	0,70
Кольцевая	1	0,12
Люблинско-Дмитровская	1	0,31
Серпуховско-Тимирязевская	2	0,51
Сокольническая	3	0,74
Таганско-Краснопресненская	5	1,24
Филевская	1	0,12
Всего за месяц	23	5,33

**Источник/Source: рассчитано на основе данных из открытых источников*

К сожалению, это свидетельствует о достаточно высокой аварийности московского метрополитена.

Помимо понятия сбоев и аварий можно выделить в отдельную группу понятие «технические отказы». В нашей методологии исследования мы брали только те инциденты метро, которые стали известными благодаря twitter – метро и социальным сетям. А ведь нужно принять во внимание те события, когда работники метро самостоятельно устраняют ту или иную неполадку и этот факт остается незамеченным в СМИ, так как благодаря оперативным действиям не нарушается график движения поездов. Поэтому можно сказать, что «технический отказ» в системе метро гораздо имеет более широкий смысл, чем «сбой». В понятие «отказ» может войти короткое замыкание в депо, искрящийся кабель, заклинивание путевого устройства, задымление вестибюлей метро и т.д. Ориентируясь на данные, взятые с 2008 г. по 2013 год, такое среднее число отказов составляло 2405 за год!⁵ В отчетах метро, начиная с 2013 года отсутствует, к сожалению, информация по таким отказам. Тем не менее логично предположить, что этот показатель вряд ли сильно уменьшился. Тем не менее можно взять его за основу для расчета аварийности трафика метро с помощью формул Эрланга [5]. Для получения интенсивности достаточно разделить 2405 на 365 дней и мы получаем цифру 6,58 отказ/день (λ). Это и будет интенсивность отказов метро каждый день. Если округлить этот показатель, что мы видим, что за 1 день происходит не менее 7 отказов. Далее определить интенсивность аварийного трафика за 1 час.

⁵ Динамика аварийности московского метро URL://<https://www.finam.ru/files/news190913-01.docx> (дата обращения 01.07.2021)

Метрополитен работает в среднем 19 часов из 24 (Метро закрывается в час ночи и возобновляет работу в 6 утра). Мы делим 6, 58 на 19 часов и получаем интенсивность трафика, равное 0,34 отказ/час (λ).

Здесь удобно показать обратный показатель -среднее время «отдыха» линии от сбоя, то есть среднее время, за которое отказ точно не случается. Показатель $1/\lambda=2,88$. Иначе говоря в среднем в метро почти **каждые 3 часа** происходят технические отказы!

Займемся определением показателя интенсивности обслуживания аварии. Его нетрудно найти, исходя из определения, что $\mu=1/T_{\text{ср}}$, где $T_{\text{ср}}$ – среднее время восстановления на линии после отказа [6]. Согласно эмпирическим данным, оно равно приблизительно одному часу. Тогда μ будет равен 1 отказ/ 1 час. В этом случае аварийный трафик метро в час станет равным $\rho=\lambda/\mu=0,34/1=0,34$ [7].

Вероятность того, что в подземке все технические устройства работают без отказов $P=\mu / (\mu+\lambda) = 0,2$. То есть это практически маловероятно. Вероятность возникновения технических отказов:

$$P=\lambda/(\mu+\lambda) = 0,7$$

То есть почти 70%.

Этот показатель достоверно характеризует состояние всех систем метро. То есть вероятность отказа любого механизма метро за час равняется 70%.

Приведенные выше индикаторы отражают целостную картину, отражающую работу метро как гигантского механизма (включая внезапные скачки напряжений, неисправность трансформаторов на подстанциях, задымления в депо и т.д.) и заставляют судить о весьма серьезном аварийном трафике.

Выводы.

1. Московский метрополитен представляет собой сложную техническую систему, в которой интенсивность аварий описывается уравнением гармонических колебаний (гармонический осциллятор).

2. Вероятность бесперебойной работы метро подчиняется экспоненциальному закону распределения и равняется 65 % - если пассажир пользуется подземкой один день. Далее с увеличением времени пользования метро, вероятность безотказной работы падает. Вероятность того, что за неделю не произойдет ни одного инцидента равно 8 %.

3. Общее годовое число сбоев метро составляет не менее 100 сбоев (по данным статистики начиная с 2018 года). В основном инциденты приходится на каждое 5, 14 и 28 29 числа календарного месяца

4. Несмотря на строящиеся новые линии метро, успешное внедрение поездов «Ласточка» на МЦК и построенные линии МЦД1 и МЦД 2 в ближайшие 5 лет число инцидентов будет возрастать. По-прежнему самыми аварийными линиями останутся Таганско-Краснопресненская и Замоскворецкая линии. Остальные линии – Калужско-Рижская, Люблино-Дмитровская, Арбатско-Покровская будут характеризоваться стабильной сезонной интенсивностью, не превышающей 12-14 сбоев за год. Самыми безаварийными линиями останутся Кольцевая и Бутовская.

5. В целях повышения надежности работы Московского метрополитена нужно внедрить новую единую систему управления сбоем на базе разработанных критериев результативности. Такая система должна включать в себя модель прогнозирования аварий на основе статистических и математических методов и оснащения кабины машинистов дополнительным оборудованием и голографическими экранами с расчетом вероятности наступления инцидента на линии.

Список источников:

1. Периодическая функция. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: https://scask.ru/a_book_e_math.php?id=101 (Дата обращения 07.07.2021)

2. Рыкова (2003) - В. Теория надежности. М.: Нефть и Газ, 2003. - 25 с.

3. Райзер (1986) - В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986. -192 с.

4. Барлоу (1969) - Р. Математическая теория надежности и испытания на безотказность. М.: Советское радио, 1969.- 488с.

5. Теория массового обслуживания. Электронный ресурс. URL: <http://window.edu.ru/resource/124/47124/files/sssu068.pdf> (дата обращения 07.07.2021)

6. Три основы теории массового обслуживания. Электронный ресурс: URL:<http://blog.posevin.com/study/tri-osnovy-teorii-massovogo-obsluzhivaniya/>

7. Анализ трафика. Электронный ресурс: URL: http://www.justogroup.ru/dokumentacija/cisco/unificirovannye-kommunikacii/analiz_trafikavoip.pdf (дата обращения 05.07.2021).

8. ГУП «Московский метрополитен - Инвестиционный портал. URL: <https://investmoscow.ru/city-projects/planned-investment-projects> (Дата обращения 07.07.2021)

9. Метро. Официальный портал. URL: <http://mosday.ru/news/tags.php?metro> (дата обращения 21.06.2021)

10. Московский транспорт. Официальный портал. URL: <http://transport.mos.ru/> (дата обращения 06.07.2021)

References:

Periodic function. Electronic resource. [Periodicheskaya funkciya. Elektronnyj resurs] Access mode [Rezhim dostupa]: URL: https://scask.ru/a_book_e_math.php?id=101 (Date of treatment 07.07.2021) [Data obrashcheniya 07.07.2021] [in Russian]

Rykova (2003) - Rykova V. Reliability theory [Rykova V. Teoriya nadezhnosti]. M.: Oil and Gas, [M.: Neft' i Gaz],2003. -- 25 p. [in Russian]

Raizer (1986) - Raizer V.D. Methods of the theory of reliability in the problems of standardizing the design parameters of building structures [Rajzer V.D. Metody teorii nadezhnosti v zadachah normirovaniya raschetnyh parametrov stroitel'nyh konstrukcij]. - M.: Stroyizdat [M.: Strojizdat], 1986.-192 p. [in Russian]

Barlow (1969) - Barlow R. Mathematical theory of reliability and reliability tests. [Barlou R. Matematicheskaya teoriya nadezhnosti i ispytaniya na bezotkaznost'] M.:Soviet radio [M.: Sovetskoe radio], 1969.- 488s. [in Russian]

The theory of queuing. Electronic resource.[Teoriya massovogo obsluzhivaniya. Elektronnyj resurs] URL: <http://window.edu.ru/resource/124/47124/files/sssu068.pdf> (date of access 07.07.2021) [Data obrashcheniya 07.07.2021] [in Russian]

Three foundations of the theory of queuing. Electronic resource: [Tri osnovy teorii massovogo obsluzhivaniya. Elektronnyj resurs] URL: <http://blog.posevin.com/study/tri-osnovy-teorii-massovogo-obsluzhivaniya/> [Data obrashcheniya 05.07.2021] [in Russian]

Traffic analysis. Electronic resource: [Analiz trafika. Elektronnyj resurs] URL: http://www.justogroup.ru/dokumentacija/cisco/unificirovannye-kommunikacii/analiz_trafikavoip.pdf (date of treatment 07/05/2021) [Data obrashcheniya 07.05.2021] [in Russian].

State Unitary Enterprise "Moscow Metro - Investment Portal. [GUP «Moskovskij metropoliten - Investicionnyj portal] Access mode: <https://investmoscow.ru/city-projects/planned-investment-projects> (Date of treatment 07/07/2021) [Data obrashcheniya 07.07.2021] [in Russian].

Metro. Official portal. [Metro. Oficial'nyj portal]: <http://mosday.ru/news/tags.php?metro> (date of access 06/21/2021)) [Data obrashcheniya 06.21.2021] [in Russian].

Moscow transport. Official portal. [Moskovskij transport. Oficial'nyj portal] URL: <http://transport.mos.ru/> (date of access 06/07/2021) [Data obrashcheniya 06.07.2021] [in Russian].