
МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Научная статья

УДК 625.42, 614.84; DOI: 10.61260/2307-7476-2025-1-6-19

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

✉Таранцев Александр Алексеевич.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Россия.

Клюй Валерий Владимирович;

Шупнев Дмитрий Сергеевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉t_54@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены исторические аспекты развития метрополитенов и их важность для обеспечения жизнедеятельности крупных городов и мегаполисов. Особое внимание уделено Ленинградскому/Петербуржскому метрополитену – второму по значимости в Российской Федерации. Приведены сведения о линиях метрополитена и станциях, о динамике ввода их в эксплуатацию, перспективах развития метрополитена, его руководителях.

Также показано, что, ввиду высокой энергонасыщенности станций и тоннелей метрополитена, необходимо уделять особое внимание его пожаробезопасности. Приведена статистика нештатных ситуаций, связанных с пожарами на объектах Санкт-Петербургского метрополитена.

Ключевые слова: Петербургский метрополитен, развитие, типы станций, пожарная безопасность

Для цитирования: Таранцев А.А., Клюй В.В., Шупнев Д.С. Об особенностях развития и функционирования Петербургского метрополитена // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2025. № 1 (53). С. 6–19. DOI: 10.61260/2307-7476-2025-1-6-19.

Scientific article

ABOUT THE PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT AND FUNCTIONING OF THE SAINT-PETERSBURG METRO

✉Tarantsev Alexander A.

Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences,
Saint-Petersburg, Russia.

Klyuy Valery V.;

Shupnev Dmitry S.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉t_54@mail.ru

Abstract. The paper examines the historical aspects of the development of subways and their importance for ensuring the vital activity of large cities and megacities. Special attention is paid to the Leningrad/Saint-Petersburg metro is the second most important in the Russian Federation. Information is provided about subway lines and stations, the dynamics of their commissioning, the prospects for the development of the subway and its leaders.

It is also shown that due to the high-energy saturation of stations and tunnels, it is necessary to pay special attention to its fire safety. The statistics of emergency situations related to fires at the facilities of the Saint-Petersburg metro are given.

Keywords: Saint-Petersburg metro, development, types of stations, fire safety

For citation: Tarantsev A.A., Klyuj V.V., Shupnev D.S. About the peculiarities of the development and functioning of the Saint-Petersburg metro // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects)*. 2025. № 1 (53). P. 6–19. DOI: 10.61260/2307-7476-2025-1-6-19.

Краткая историческая справка

Идеи строительства подземных железных дорог известны ещё с начала XIX в. Но первый метрополитен был построен фирмой Metropolitan Railway и открыт только 10 января 1863 г. в столице Великобритании г. Лондоне. Он связал два крупных столичных вокзала и изначально носил название London Underground, но в последствии закрепилось название по имени фирмы-строителя или коротко «метро».

Метро оказалось таким удачным проектом, что его начали строить в различных странах и городах. Хронология: 27 февраля 1869 г. в Греции открыто метро, связавшее Афины и порт Пирей (изначально без промежуточных станций). В 1875 г. построено метро в Стамбуле (Османская империя), но оно не использовалось ввиду сейсмической активности района. 3 мая 1896 г. открыто метро в Будапеште (Австро-Венгрия); 14 декабря 1896 г. – метро в Глазго (Шотландия). В 1897 г. в Бостоне (США) была открыта подземная трамвайная линия – аналог метро. 19 июля 1900 г. – метро Париже (Франция); 11 февраля 1902 г. – в Берлине (Германия); 27 октября 1904 г. – в Нью-Йорке (США); 1 декабря 1913 г. – в Буэнос-Айресе (Аргентина); 10 июня 1926 г. – в Барселоне (Испания); 30 декабря 1927 г. – в Токио (Япония).

Первые ветки метро строились по упрощённой технологии – вдоль улицы прокладывался заглублённый рельсовый путь, а сверху восстанавливалось дорожное покрытие.

Следует сказать, что и в Российской империи были проекты метро, но они не получили развития по двум причинам: во-первых, не было необходимости – в крупных городах России не возникало дорожных пробок ввиду большой ширины улиц (в отличие от скученной Европы), во-вторых, помешала Первая мировая война, а за ней – гражданская война и последующая разруха.

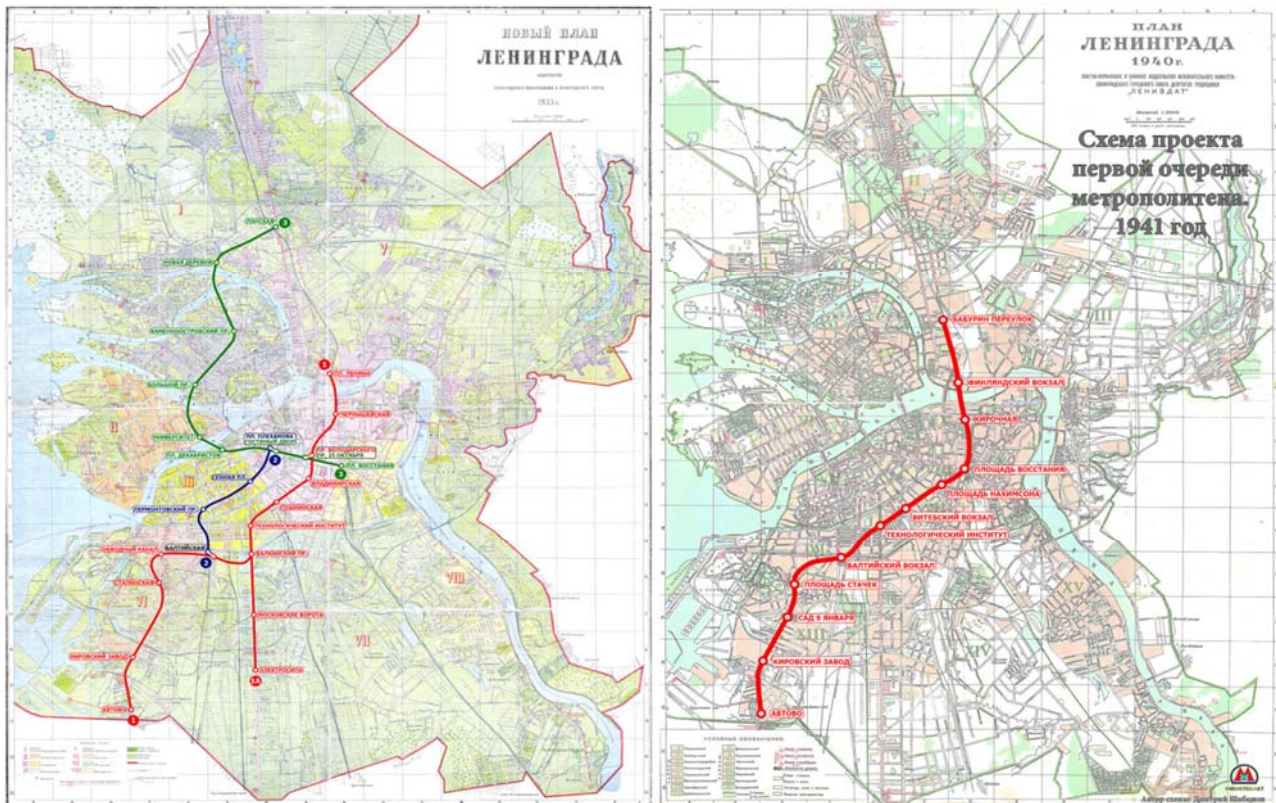
Но 15 мая 1935 г. в Москве, наконец, была открыта первая линия метро, насчитывающая 13 станций – от «Сокольников» до «Парка Культуры». У московского метро были две особенности: во-первых, оно было красиво, во-вторых, оно сразу строилось заглублённым и имело функцию бомбоубежища, что себя оправдало в период Великой Отечественной войны [1, 2].

Метрополитену в России традиционно уделяется особое внимание – его строительство и реконструкция регламентируется специальным нормативным документом – СП 120.13330.2022 «Метрополитены», большое внимание уделяется оформлению станций, развитию их сети, пожарной безопасности. Аналогичные тенденции наблюдаются и в зарубежных странах [3–6].

Тем не менее особый интерес представляет развитие метрополитена в Ленинграде (1924–1991 гг.) – Санкт-Петербурге (1991–н.в.).

Ленинградский/Петербургский метрополитен

В предвоенный период Ленинград хоть и утратил статус столицы, но являлся крупным промышленным и культурным центром, вторым по значимости после Москвы. Естественно, ленинградское метро стало вторым по очереди строительства. Один из первых проектов относится к 1933 г. (рис. 1 а), а рабочим признан проект 1941 г. (рис. 1 б), когда и началось строительство. Но война и блокада сорвали все планы. Есть сведения, что начавшие строиться тоннели использовались при обороне Ленинграда.



а)

б)

Рис. 1. Схемы ленинградского метро:
а – предварительный проект 1933 г., б – рабочий проект 1941 г.
(фото из открытого источника)

В отличие от московского метро, ленинградское изначально имело большую глубину ($H \leq 70$ м), так как проходило под полноводной р. Невой и её притоками. Кроме того, слабыми были грунты, и необходимо было учитывать риск наводнений.

Тем не менее первая ветка ленинградского метро – Кировско-Выборгская линия (рис. 2 а) была торжественно открыта 15 ноября 1955 г. В последующие годы станции метро активно строились, и к 2024 г. их насчитывалось 72 на пяти линиях:

- М1 (Кировско-Выборгская, красная);
- М2 (Московско-Петроградская, синяя);
- М3 (Невско-Василеостровская, зелёная);
- М4 (Правобережная, оранжевая);
- М5 (Фрунзенско-Приморская, фиолетовая) (рис. 2 б).

Динамика развития показана в табл. 1–6.



Рис. 2. Схемы Ленинградского (а – 1955 г.) и Петербургского (б – 2024 г.) метрополитена (фото из открытого источника)

Таблица 1

Динамика строительства станций метро в Ленинграде/Санкт-Петербурге

Год	К-во	Год	К-во	Год	К-во	Год	К-во	Год	К-во	Год	К-во
1955	7 М1	1969	1 М2	1979	1 М3	1988	2 М2	2008	2 М5	2019	3 М5
1956	1 М1	1970	2 М3	1981	2 М3	1991	3 М4, М5	2009	1 М4	2020	-
1958	2 М1	1972	2 М2	1982	3 М2	1997	2 М5	2010	1 М5	2021	-
1961	5 М2	1975	5 М1	1984	1 М3	1999	2 М5	2011	1 М5	2022	-
1963	4 М2	1977	2 М1	1985	1 М4	2005	1 М5	2012	2 М5	2023	-
1967	4 М3	1978	2 М1	1987	1 М4	2006	1 М2	2018	2 М3	2024	-

Примечание: сведения взяты из открытых источников в интернете.

Таблица 2

Станции Кировско-Выборгской (красной) линии М1

Дата	Станция	Вид	Н, м	
1955	15.11	Площадь Восстания	Пилонная	58
		Владимирская	Пилонная с укороченным залом	55
		Технологический институт	Колонная	60
		Балтийская		57
		Нарвская	Пилонная	52
		Кировский завод	Колонная	50
		Автово	Колонная мелкозаложенная	12

Дата		Станция	Вид	Н, м
1956	30.04	Пушкинская	Пилонная	67
1958	01.06	Площадь Ленина	Пилонная с укороченным залом	71
	01.09	Чернышевская		70
1975	22.04	Лесная	Колонная	64
		Выборгская		67
	31.12	Академическая	Односводчатая	64
		Политехническая		65
1977	29.09	Площадь Мужества	Колонная мелкозаложенная	67
		Ленинский проспект		8
1978	29.12	Проспект Ветеранов	Крытая наземная	8
		Девяткино		0
		Гражданский проспект	Колонная	64

Примечание: сведения взяты из открытых источников в интернете.

Таблица 3

Станции Московско-Петроградской (синей) линии М2

Дата		Станция	Вид	Н, м	
1961	29.04	Технологический институт	Пилонная с укороченным залом	60	
		Фрунзенская		39	
		Московские ворота		35	
		Электросила		35	
		Парк Победы		35	
1963	01.07	Петроградская	Пилонная с укороченным залом	53	
		Горьковская		53	
		Невский проспект		Пилонная	63
		Сенная площадь			55
1969	25.12	Московская	Закрытого типа	29	
1972	25.12	Звездная		22	
		Купчино	Крытая наземная	0	
1982	04.11	Удельная	Односводчатая	64	
		Пионерская		67	
		Черная речка		67	
1988	19.08	Озерки	Колонно-стенная	59	
		Проспект Просвещения		65	
2006	22.12	Парнас	Крытая наземная	0	

Примечание: сведения взяты из открытых источников в интернете.

Таблица 4

Станции Невско-Василеостровской (зелёной) линии М3

Дата		Станция	Вид	Н, м
1967	03.11	Василеостровская	Закрытого типа	64
		Гостинный двор		56
		Маяковская		51
		Площадь Александра Невского		54
1970	21.12	Елизаровская	Колонно-стенная	62
		Ломоносовская		65
1979	28.09	Приморская	Колонно-стенная	71
1981	10.07	Пролетарская	Односводчатая	72
		Обухово		62
1984	28.12	Рыбацкое	Крытая наземная	0

Дата		Станция	Вид	Н, м
2018	26.05	Беговая	Колонная	17
		Зенит		17

Примечание: сведения взяты из открытых источников в интернете.

Таблица 5

Станции Правобережной (оранжевой) линии М4

Дата		Станция	Вид	Н, м
1985	30.12	Новочеркасская	Односводчатая	61
		Ладожская		61
		Проспект Большевиков		68
		Площадь Александра Невского		60
1987	01.10	Улица Дыбенко	Колонно-стенная	61
1991	30.12	Достоевская	Колонная	62
		Лиговский проспект	Односводчатая	65
2009	07.03	Спаская	Пилонная	60
2024	27.12	Горный институт	Пилонная	71

Примечание: сведения взяты из открытых источников в интернете.

Таблица 6

Станции Фрунзенско-Приморской (фиолетовой) линии М5

Дата		Станция	Вид	Н, м
1991	30.12	Садовая	Односводчатая	71
1997	15.09	Чкаловская		60
		Спортивная	Двухъярусная	64
1999	14.01	Старая Деревня	Односводчатая	61
	03.09	Крестовский остров	Колонно-стенная	49
2005	02.04	Комендантский проспект		75
2008	20.12	Звенигородская		57
		Волковская	Пилонная	61
2010	30.12	Обводный канал		61
2011	28.12	Адмиралтейская	Колонно-стенная	86
2012	28.12	Международная		65
		Бухарестская	Пилонная	65
2019	03.10	Проспект Славы		59
		Дунайская	Колонная	17
		Шушары	Наземная открытого типа	3

Примечание: сведения взяты из открытых источников в интернете.

В настоящее время осуществляется строительство Красносельско-Калининской линии М6 с шестью станциями: Путиловская, Юго-Западная, Театральная, Броневая, Заставская и Каретная. Но дата ввода их в эксплуатацию пока не определена, предполагаемый период – 2025–2029 гг. [7].

Примеры видов станций Петербургского метрополитена приведены на рис. 3.



Рис. 3. Примеры видов станций Ленинградского/Петербуржского метрополитена (фото и схемы станций из открытого источника)

Общие перспективы развития Петербургского метрополитена следующие: к 2035 г. будет уже восемь линий (рис. 4), из них одна кольцевая. А к 2050 г. на метро можно будет попасть и в пос. Стрельну, и в г. Кронштадт. Количество станций к этому времени увеличится более чем вдвое [7].



Рис. 4. Перспективная схема Петербургского метрополитена к 2035 г. (фото из открытого источника)

Следует отдать должное начальникам Ленинградского/Петербургского метрополитена (рис. 5), стараниями которых он бесперебойно работает и уверенно развивается, невзирая на объективные сложности настоящего времени.



Новиков Иван
Сергеевич
01.01.1955–01.10.1965



Аверкиев Владимир
Григорьевич
01.10.1965–24.03.1976



Денисов Алексей
Тимофеевич
25.05.1976–30.07.1982



Козин Евгений
Германович –
с августа 2020 г.



Капустин Владимир
Михайлович
24.03.1983–04.12.1985



Елсуков Виктор
Алексеевич
04.12.1985–13.02.1990



Гарюгин Владимир
Александрович
13.02.1990–03.08.2020

Рис. 5. Руководители Ленинградского/Петербургского метрополитена
(фото из открытого источника)

Проблема безопасности метрополитена

Поскольку Петербургский метрополитен (как и метрополитены других крупных городов) является жизненно важной частью транспортной инфраструктуры, желательно рассмотреть и различные инциденты, влияющие на его устойчивое функционирование – подтопления, пожары, несчастные случаи и др. Далее приводятся характерные примеры таких инцидентов [8].

Подтопления

28 октября 2006 г. из-за угрозы подтопления в 6:20 была закрыта станция метро «Спортивная». В 7:30, после того, как уровень воды в р. Неве начал спадать, станцию открыли. На короткий период времени закрывалась также станция метро «Василеостровская».

17 мая 2012 г. в тоннеле зеленой линии МЗ между станциями «Гостиный двор» и «Василеостровская» во время планового осмотра обнаружено, что в дренажный лоток поступают вода и грунт из вентиляционной шахты. Причина – деформация одного из элементов чугунной отделки внутри шахты. Устранение течи в тоннеле проводилось на протяжении нескольких ночей, движение поездов не прекращалось.

Пожары

12 августа 2008 г. из-за повреждения кабеля произошло незначительное задымление на станции «Старая Деревня». С инцидентом сотрудники метрополитена справились своими силами, график движения поездов из-за происшествия нарушен не был.

22 августа 2012 г. в 17:20 произошло задымление в тоннеле синей ветки недалеко от станции «Московская». Людей эвакуировали, поезда ходили от станции «Парнас» до станции «Парк Победы», там высаживали пассажиров и проезжали «Московскую» без остановки. В обратном направлении поезда со станции «Купчино» до станции «Парк Победы» следовали без пассажиров. Чтобы устранить задымление, были включены дополнительные системы вентиляции.

2 октября 2013 г. из-за возгорания силового кабеля произошел пожар на закрытой тогда на ремонт станции «Петроградская». Площадь пожара составила 7 м². Одна женщина впоследствии обратилась к врачам, затем от госпитализации отказалась. На время приостановки движения большое количество людей скопилось на станциях «Горьковская», «Черная речка», «Пионерская».

22 августа 2014 г. около 12:00 произошло возгорание силового кабеля в тоннеле перед станцией «Новочеркасская», сопровождающееся задымлением. Пять станций метро были закрыты. Движение восстановлено в 13:15. Погибших и пострадавших нет, в тушении участвовали 68 пожарных.

17 декабря 2015 г. около 17:40 произошел сбой движения поездов на синей ветке из-за задымления шпалы. На время устранения проблемы на участке от станции «Петроградская» до станции «Парнас» было снято напряжение с рельсов, после чего движение поездов восстановили.

10 декабря 2018 г. около 21:40 в тоннеле между станциями «Московские ворота» и «Фрунзенская» из-за короткого замыкания вагон поезда заволокло дымом, горения не было, но во время задымления в вагоне не работала связь с машинистом, поэтому люди были напуганы.

27 июня 2020 г. около 15:40 – пожар на станции «Электросила». О пострадавших не сообщается.

22 августа 2021 г. около 13:00 на станции «Гостиный двор» загорелся рекламный щит. Возгорание потушено оперативно.

22 января 2022 г. около 18:00 на станции «Старая Деревня» в помещении с кассами начался пожар. Он был потушен несколькими пожарными расчётами.

17 апреля 2023 г. на станции «Беговая» проводилась проверка пожарной безопасности, ошибочно принятая очевидцами за задымление.

24 марта 2024 г. на платформе станции «Чкаловская» обнаружено задымление. Оказалось, что рядом с вентиляционной шахтой горела машина, дым от неё затянуло в вестибюль. Прибыли пожарные, станцию закрыли. На движении поездов инцидент не сказался [9].

Учения

В ночь с 12 на 13 августа 2014 г. прошли масштабные учения по тушению условного пожара и ликвидации последствий «аварии» на перегоне между станциями «Садовая» и «Достоевская». В них приняли участие спасатели, пожарные, полицейские, медики, энергетики, гаишники, аварийные бригады метрополитена. Было задействовано 5 транспортных автобусов, 150 сотрудников МЧС России, 32 единицы спецтехники, 17 машин скорой медицинской помощи, 70 полицейских, 6 нарядов ГИБДД и вертолет. Статистами («жертвами») выступили около 100 курсантов из учебных заведений МЧС России. По легенде учений поезд сошел с рельсов и врезался в стену тоннеля. Несколько вагонов оказались сильно повреждены, а в одном произошёл пожар [10].

Инциденты с людьми

17 декабря 2007 г. в тоннеле между станциями «Садовая» и «Достоевская» машинист электропоезда обнаружил тело человека, попавшего под поезд. Движение на части Правобережной линии метрополитена было перекрыто. После того как тело неизвестного было извлечено, движение восстановилось.

25 сентября 2008 г. на станции метро «Новочеркасская» на рельсы упал человек, движение поездов на участке от станции «Улица Дыбенко» до станции «Площадь Александра Невского» было приостановлено. Упавший на рельсы мужчина скончался на месте. В 17:20 движение поездов по желтой ветке было восстановлено.

11 мая 2010 г. около восьми часов утра на станции «Владимирская» под поезд бросилась женщина. Ее гибель привела к остановке движения поездов по красной ветке. В 08:30 движение на Кировско-Выборгской линии было возобновлено.

28 января 2011 г. движение фиолетовой линии было остановлено на 7 мин из-за упавшего на рельсы мужчины, который затем был госпитализирован с травмой головы. Чрезвычайное происшествие случилось на станции «Чкаловская».

4 июня 2012 г. на станции «Спасская» пьяный пожилой мужчина столкнул сотрудницу метрополитена на рельсы. Благодаря помощи пассажира, женщине удалось выбраться на перрон до прихода поезда. Злоумышленника задержали полицейские, было возбуждено уголовное дело по ч. 2 ст. 116 Уголовного кодекса Российской Федерации.

1 марта 2013 г. из-за неосторожности персонала метрополитена поломочная машина упала на пути, что привело к закрытию двух станций – «Бухарестской» и «Международной». Некоторое время поезда по ветке М5 ходили только до станции «Волковская».

Теракты

27 октября 2011 г. из-за обнаружения разбитой бутылки ртути была закрыта станция «Проспект Ветеранов». Разлилось около 200 мл ртути. Работы по ликвидации аварии были закончены 28 октября в 01:35. Последующие замеры не показали присутствия токсичных паров в воздухе.

3 апреля 2017 г. около 14:40 произошёл крупнейший в истории города теракт – взрыв в поезде на синей линии на перегоне между станциями «Технологический институт» и «Сенная площадь». Погибли 14 человек (включая террориста-смертника), 62 пассажира получили ранения. Мощность бомбы – до 0,5 кг в тротиловом эквиваленте, в качестве поражающих элементов использовались шарикоподшипники. В городе был объявлен трехдневный траур, сейчас на этом месте траурная плита. Еще одна бомба была обнаружена на станции «Площадь Восстания». Устройство мощностью порядка 1 кг в тротиловом эквиваленте, которое обезвредили саперы, было замаскировано под огнетушитель [8].

В современном мире наблюдается интенсивное развитие инфраструктуры подземного пространства. Особое место в её развитии занимают подземные объекты метрополитена [11, 12].

Транспортная безопасность метрополитена с каждым годом обращает на себя все большее внимание государства и граждан, особенно в связи с регулярными террористическими атаками в подземном внеуличном транспорте и в России, и в мире. За период с 1999 по 2019 г. в мире зафиксировано 17 случаев террористических атак в метрополитене, из которых шесть раз трагические события происходили в московском и петербургском метро, что составляет 35 % от общего числа [13].

Пожарная безопасность

Петербургский метрополитен – один из наиболее востребованных видов городского транспорта, ежедневно перевозящий большое количество пассажиров.

Глобальные данные о метрополитене и оперативная информация указывают на значительные риски для безопасности, особенно касающиеся пожарной безопасности в общественных подземных сооружениях со стационарными эскалаторами, которые ежедневно эксплуатируются большим количеством пассажиров.

Сложные подземные системы метрополитена, состоящие из множества соединенных тоннелями станций, крайне пожароопасны из-за их изолированного характера и подверженности распространению дыма, что потенциально может привести к массовым жертвам среди пассажиров, персонала и существенному материальному ущербу [3–5, 7, 12, 14].

Необходимо также рассматривать сценарии пожаров в блоках служебных помещений, так как пути эвакуации из них, как правило, ведут в платформенные залы станций. В работе [15] рассмотрены некоторые сценарии развития пожара в подземных объектах метрополитена.

В работе [16] проведен анализ результатов экспериментов на натуральных крупномасштабных макетах подвижного состава метрополитенов. Исследован процесс распространения пожара в салоне вагона и по подвижному составу.

Безопасность на объектах метрополитена является главным приоритетом для его руководства, персонала пожарной охраны и регулирующих органов, ответственных за разработку и обеспечение соблюдения правил пожарной безопасности в этих сложных условиях. Уникальные характеристики систем метрополитена, включая большое количество пассажиров, закрытые помещения и сложную инфраструктуру, требуют комплексного подхода к управлению безопасностью для снижения рисков и обеспечения благополучия пассажиров и персонала [17, 18].

Выводы

Таким образом, в статье рассмотрены исторические аспекты создания метрополитенов, особое внимание уделено второму по значимости в Российской Федерации – Ленинградскому/Петербургскому метрополитену. Приведены сведения о количестве линий метро, динамике строительства станций и их особенностях. Показана перспектива развития Петербургского метрополитена. Приведена статистика по различным инцидентам в метро (подтопления, пожары, несчастные случаи и др.) и сведения о действиях экстренных служб. Рассмотрены возможные потенциальные опасности развития различных ситуаций, связанных с пожарной опасностью подземных сооружений.

Ввиду важности этого транспортного объекта и его высокой энергонасыщенности, представляется целесообразным в дальнейшем более детально рассмотреть вопросы обеспечения пожарной безопасности метрополитена.

Список источников

1. Власов С.Н., Торгалов В.В., Виноградов Б.Н. Строительство метрополитенов: учеб. М.: Транспорт, 1987. 277 с.
2. The Saint-Petersburg transport system simulation before opening new subway stations / A.A. Tarancev [et al.] // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements. 2017. P. 284–287.
3. Планирование и организация тушения пожаров. Пожарная тактика. Практика / А.П. Решетов [и др.]; под общ. ред. Э.Н. Чижикова. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 103 с. ISBN 978-5-907386-18-1.
4. Пожарная тактика в вопросах и ответах: учеб. пособие / А.П. Решетов [и др.]. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2020. 191 с.

5. Пожарная тактика: учеб. / А.П. Решетов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019. Ч. 2. 304 с.
6. Rybakova E.Yu. Development of the Berlin U-Bahn: from history to modernity // *Contemporary World's Architecture*. 2021. Vol. 2. P. 107–120. DOI: 10.25995/NIPIAG.2021.17.2.005.
7. Таранцев А.А., Пеплер А.Э. Об особенностях развития метрополитена в Санкт-Петербурге // *Транспорт России – 2024: проблемы и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф.* СПб.: ИПТ РАН, 2024. С. 70–76.
8. Что известно о крупнейшем в истории города теракте. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2017/04/04/58e2384a9a7947f3f0173629?ysclid=m0b0kbq2jt232458232> (дата обращения: 10.12.2024).
9. Крупные ЧП в петербургском метро в 2006–2013 гг. URL: <https://ria.ru/20131002/967318737.html> (дата обращения: 12.12.2024).
10. Санкт-Петербург: учения в метро. URL: https://vsks.ru/press-center/news/sankt_peterburg_ucheniya_v_metro/?ysclid=m0nt7shtla371128885 (дата обращения: 12.12.2024).
11. Smart prediction for tunnel fire state evolution based on an improved fire simulation curve through particle swarm optimization algorithm / X. Liu [et al.] // *Fire safety journal*. 2023. Vol. 136. P. 103763. DOI: 10.1016/j.firesaf.2023.103763.
12. Агеев П.М., Савосько С.В., Маслаков М.Д. Особенности расчета процесса эвакуации людей из подвижного состава метрополитена // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2016. № 3. С. 20–24.
13. Грищенко Е.Л. Интегрированные системы обеспечения транспортной безопасности // *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций: науч. информ. сб.* 2015. № 6. С. 131–135.
14. Ключ В.В., Жуков Ю.И. Функциональное моделирование для качественной и количественной оценки процессов организации тушения пожара в метрополитене // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2013. № 4 (28). С. 71–76.
15. Калач А.В., Агеев П.М., Крутолапов А.С. Конкретизация сценариев пожара в подземных объектах метрополитена // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2023. № 4 (68) С. 106–114.
16. Experimental studies of the process of occurrence and spread of fire hazards during the burning of rolling stock in a tunnel Gorenje / P.M. Aqeev [et al.] // *Journal of physics: conference series*. 2021. Vol. 1902. P. 012047.
17. Аксенов С.Г., Рафиков А.Ф., Сахаутдинова А.А. Обзор возможных решений для обеспечения пожарной безопасности в метрополитене // *Научный аспект*. 2023. № 3. С. 4455–4462.
18. Агеев П.М., Копейкин Н.Н., Пименова М.А. Обеспечение пожарной безопасности метрополитенов / под ред. Б.В. Гавкалюка, С.Г. Ивахнюка. СПб.: Лань, 2024. 168 с. ISBN 978-5-507-48075-3.

References

1. Vlasov S.N., Torgalov V.V., Vinogradov B.N. *Stroitel'stvo metropolitenov: учеб.* М.: Transport, 1987. 277 с.
2. The Saint-Petersburg transport system simulation before opening new subway stations / A.A. Tarancev [et al.] // *Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements*. 2017. P. 284–287.
3. Planirovanie i organizaciya tusheniya pozharov. *Pozharnaya taktika. Praktika* / A.P. Reshetov [i dr.]; pod obshch. red. E.N. Chizhikova. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2019. 103 s. ISBN 978-5-907386-18-1.
4. *Pozharnaya taktika v voprosah i otvetah: учеб. posobie* / A.P. Reshetov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2020. 191 s.
5. *Pozharnaya taktika: учеб.* / A.P. Reshetov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2019. Ch. 2. 304 s.

6. Rybakova E.Yu. Development of the Berlin U-Bahn: from history to modernity // *Contemporary World's Architecture*. 2021. Vol. 2. P. 107–120. DOI: 10.25995/NIITIAG.2021.17.2.005.
7. Tarancev A.A., Pepler A.E. Ob osobennostyah razvitiya metropolitena v Sankt-Peterburge // *Transport Rossii – 2024: problemy i perspektivy: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: IPT RAN, 2024. S. 70–76.*
8. Chto izvestno o krupnejshem v istorii goroda terakte. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2017/04/04/58e2384a9a7947f3f0173629?ysclid=m0b0kbq2jt232458232> (data obrashcheniya: 10.12.2024).
9. Krupnye ChP v peterburgskom metro v 2006–2013 gg. URL: <https://ria.ru/20131002/967318737.html> (data obrashcheniya: 12.12.2024).
10. Sankt-Peterburg: ucheniya v metro. URL: https://vsk.ru/press-center/news/sankt_peterburg_ucheniya_v_metro/?ysclid=m0nt7shtla371128885 (data obrashcheniya: 12.12.2024).
11. Smart prediction for tunnel fire state evolution based on an improved fire simulation curve through particle swarm optimization algorithm / X. Liu [et al.] // *Fire safety journal*. 2023. Vol. 136. P. 103763. DOI: 10.1016/j.firesaf.2023.103763.
12. Ageev P.M., Savos'ko S.V., Maslakov M.D. Osobennosti rascheta processa evakuacii lyudej iz podvizhnogo sostava metropolitena // *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya*. 2016. № 3. S. 20–24.
13. Grishchenko E.L. Integrirovannye sistemy obespecheniya transportnoj bezopasnosti // *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij: nauch. inform. sb.* 2015. № 6. S. 131–135.
14. Klyuj V.V., Zhukov Yu.I. Funkcional'noe modelirovanie dlya kachestvennoj i kolichestvennoj ocenki processov organizacii tusheniya pozhara v metropolitene // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2013. № 4 (28). S. 71–76.
15. Kalach A.V., Ageev P.M., Krutolapov A.S. Konkretizaciya scenarijev pozhara v podzemnyh ob"ektah metropolitena // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2023. № 4 (68) S. 106–114.
16. Experimental studies of the process of occurrence and spread of fire hazards during the burning of rolling stock in a tunnel Gorenje / P.M. Ageev [et al.] // *Journal of physics: conference series*. 2021. Vol. 1902. P. 012047.
17. Aksenov S.G., Rafikov A.F., Sahautdinova A.A. Obzor vozmozhnyh reshenij dlya obespecheniya pozharnoj bezopasnosti v metropolitene // *Nauchnyj aspekt*. 2023. № 3. P. 4455–4462.
18. Ageev P.M., Kopejkin N.N., Pimenova M.A. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti metropolitenov / pod red. B.V. Gavkalyuka, S.G. Ivahnyuka. SPb.: Lan', 2024. 168 s. ISBN 978-5-507-48075-3.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 21.01.2025; одобрена после рецензирования: 24.02.2025;
принята к публикации: 25.02.2025

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 21.01.2025; approved after review: 24.02.2025;
accepted for publication: 25.02.2025

Информация об авторах:

Таранцев Александр Алексеевич, заведующий лабораторией проблем безопасности транспортных систем Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (199178, Санкт-Петербург, 12 линия ВО, д. 13), доктор технических наук, профессор, e-mail: t_54@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1561-2483>, SPIN-код: 1076-8133

Клюй Валерий Владимирович, доцент кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат педагогических наук, доцент, e-mail: val-1964@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4053-7462>, SPIN-код: 2972-5083

Шупнёв Дмитрий Сергеевич, заместитель начальника кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: shupnev.d@igps.ru, SPIN-код: 9333-8745

Information about the authors:

Tarantsev Alexander A., head of the laboratory of safety problems of transport systems of Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences (199178, Saint-Petersburg, 12 line VO, 13), doctor of technical sciences, professor, e-mail: t_54@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1561-2483>, SPIN: 1076-8133

Klyuj Valery V., associate professor of the department of fire extinguishing and emergency rescue operations at the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of pedagogical sciences, associate professor, e-mail: val-1964@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4053-7462>, SPIN: 2972-5083

Shupnev Dmitry S., deputy head of the department of fire extinguishing and emergency rescue operations at the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: shupnev.d@igps.ru, SPIN: 9333-8745