

УДК 641.841.48

doi: 10.37657/vniipo.avpb.2024.63.73.002

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ДВУХПУТНЫХ ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Александр Анатольевич Абашкин

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности пожарной опасности подвижного состава и оборудования двухпутных тоннелей метрополитена. Рассмотренные примеры крупных пожаров в метрополитенах разных стран показали, что наиболее сложные и катастрофические пожары связаны с подвижным составом, находящимся в тоннеле. Отмечается, что пожары в двухпутных тоннелях метрополитена характеризуются распространением опасных факторов пожара в одном объеме тоннеля и могут приводить к остановке одновременно двух электропоездов. Для моделирования развития пожара и его опасных факторов, а также при разработке мероприятий по эвакуации из двухпутных тоннелей рекомендуется рассмотрение проектных аварий: пожар подвижного состава и пожар в тоннеле.

Ключевые слова: пожар, метрополитен, двухпутный тоннель, эвакуация при пожаре, моделирование эвакуации

Для цитирования: Абашкин А.А. Пожарная опасность двухпутных тоннелей метрополитенов // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2024. № 1 (19). С. 10–15. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.63.73.002>.

FIRE DANGER OF DOUBLE-TRACK UNDERGROUND TUNNELS

Alexander A. Abashkin

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

Abstract. The article considers the specific fire hazards of rolling stock and equipment in double track underground tunnels. Examples of major fires in underground tunnels in different countries have shown that the most complicated and catastrophic fires are associated with rolling stock in the tunnel. It is noted that fires in double track tunnels are characterised by the spread of fire hazards in one volume of the tunnel and can lead to the simultaneous stoppage of two electric trains. For the modelling of the fire evolution and its hazard factors, as well as for the development of evacuation measures in double track tunnels, it is recommended to consider the following design accidents: rolling stock fire and tunnel fire.

Keywords: fire, underground, double-track tunnel, fire evacuation, evacuation simulation

For citation: Abashkin A.A. Fire danger of double-track underground tunnels. Aktual'nye Voprosy Pozharnoi Bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2024, no. 1, pp. 10-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.63.73.002>.

Введение

Пожары на объектах метрополитенов в различных странах носят регулярный характер и могут иметь серьезные последствия, сопровождаться гибелью людей и материальными потерями. Кроме того, метрополитены характеризуются массовым пребыванием людей и являются сложными инженерными и архитектурными сооружениями, которые требуют разработки соответствующих систем противопожарной защиты и обеспечения безопасности людей при пожарах.

Пожары в тоннелях характеризуются быстрым распространением опасных факторов пожара (ОФП), а также возможным обрушением конструкций и технологического оборудования. При этом, как правило, осложняется эвакуация людей из тоннелей вследствие удаленности выходов, плохой видимости, ограниченности проходов и др. [1–6].

Практика эксплуатации метрополитенов показала, что наиболее сложные и катастрофические пожары связаны с подвижным составом при его нахождении в тоннеле. Значительные трудности возникают также при тушении пожара подвижного состава на платформах станций, несмотря на то, что возможности подачи огнетушащих веществ на станциях значительно шире, чем в тоннеле.

Один из таких примеров – пожар в метрополитене г. Баку (Азербайджан) 28 октября 1995 г. Погибло 289 чел. и 265 чел. тяжело ранены [7]. Пожар возник по причине неисправности в электрооборудовании четвертого вагона. Поезд имел пять вагонов длиной 19,2 м каждый, общая длина поезда составляла 100 м. Дым проник в систему вентиляции. Водитель остановил поезд на расстоянии 200 м от станции Юлдуз. Когда поезд остановился, тоннель был быстро заполнен дымом. В результате продолжающегося горения электрооборудования пожар примерно через 15 мин проник в четвертый вагон, произошло возгорание горючих отделочных материалов (пол, сидения, покрытия). Огонь распространился на пятый вагон в течение 30 мин, а максимум тепловыделения при горении четвертого и пятого вагонов оценивается почти в 100 МВт.

Опасность распространения токсичных продуктов горения при пожаре в метрополитенах показал случай метрополитене г. Тэгу (Южная Корея) 18 февраля 2003 г. на станции Jungagno. При пожаре, возникшем в результате поджога, погибло 189 чел. и 150 чел. получили отравления продуктами горения [8].

Пожар в г. Тэгу показал, что даже в современных линиях метрополитенов меры пожарной безопасности могут быть недостаточными, включая требования по пожарной безопасности материалов, используемых в отделке вагонов. Следует учитывать также возможность поджога вагона.

В настоящее время Московский метрополитен использует новые строительные технологии с проектированием и строительством двухпутных тоннелей, в которых в одном объеме происходит движение встречных поездов. Так, при строительстве Большой кольцевой линии Московского метрополитена было проложено более 11 км двухпутных тоннелей.

Пожары в двухпутных тоннелях метрополитена сопровождаются распространением ОФП в тоннеле, которые могут приводить к остановке одновременно двух электропоездов в одном объеме тоннеля, что обуславливает необходимость создания безопасных условий для эвакуации пассажиров из двух поездов и наличия обустроенных путей эвакуации для движения людей по тоннелям к станциям.

При оценке пожарной опасности двухпутных тоннелей необходимо также рассматривать возможность распространения пожара не только из вагона в другой, но и на соседний поезд, стоящий на соседнем пути станции.

В этой связи рассмотрение особенностей и причин возникновения пожаров в современных двухпутных тоннелях метрополитена, а также возникающих опасностей и рисков является важной и актуальной задачей.

Пожарная опасность двухпутных тоннелей метрополитена

Пожарную опасность двухпутных тоннелей следует рассматривать как совокупность пожарной опасности двух составляющих: пожарной опасности электроподвижного состава и пожарной опасности собственно тоннелей.

На основе статистических данных в московском метрополитене за 10 лет установлено, что места возникновения пожаров распределились примерно поровну: в подвижном составе – 48 %; в подземных сооружениях – 52 % [9]. При этом практически все пожары в подвижном составе возникают вследствие неисправности или неправильной эксплуатации электрооборудования вагонов, которые работают в условиях вибраций, перепада температур, воздействия влажности и др. Подавляющее количество пожаров (70 %) возникает в подвагонном пространстве, а также в кабине управления и аппаратном отсеке (20 %). На долю пассажирского салона приходится в среднем 10 % возникающего пожара.

Анализ пожароопасных причин электротехнических отсеков [10] показал, что свыше 2500 единиц эксплуатируемых на Московском метрополитене вагонов потенциально пожароопасны. Как правило, пожар развивается внутри технологического отсека, а затем распространяется в салоны вагонов. К наиболее пожароопасным относятся: аппаратный отсек головных вагонов; ящики аккумуляторных батарей; ящики сопротивлений и коннекторы тяговых приводов.

В результате анализа пожарной опасности электроподвижного состава Московского метрополитена и требований к нему получены следующие выводы:

вагоны имеют пассивную противопожарную защиту в виде огнезадерживающих конструкций пола вагона и перегородки аппаратного отсека (предел огнестойкости составляет EI 45);

весь парк вагонов также имеет активную защиту от пожаров в электротехнических отсеках в виде автоматической системы обнаружения и тушения пожара (АСОТП) «Игла»;

салоны вагонов не защищены автоматической системой пожаротушения;

кабины головных вагонов имеют ширину дверных проемов и трапов 600 мм и не приспособлены для эвакуации маломобильных групп населения (МГН) (инвалидов-колясочников) из вагона в тоннель при остановке поезда в тоннеле;

нижний токосъем на всех сериях вагонов Московского метрополитена во многом предопределяет типы, конфигурацию и пожарную опасность стационарного оборудования на верхнем строении пути двухпутных тоннелей.

Основную пожарную опасность непосредственно двухпутных тоннелей метрополитена составляют кабельные сооружения (линии) на перегоне. При отсутствии перегородки между путями на каждой стенке двухпутного тоннеля количество кабельных линий удваивается. Это, в свою очередь, приводит к кратному росту пожарной нагрузки.

Значительное увеличение пожарной нагрузки кабельных сооружений двухпутных тоннелей (по каждой стороне тоннеля) создает предпосылки для возникновения и развития крупного кабельного пожара. Такой пожар кабельного сооружения в тоннеле в условиях подачи напряжения может привести к обильному задымлению на перегоне, снижению видимости и остановке электропоездов.

При определенных условиях (движении в часы пик при максимальной парности движения) это может привести к остановке в тоннеле одновременно двух

поездов с необходимостью эвакуации в тоннель и дальнейшим выводом на станции (ю) свыше трех тысяч человек [10].

На рисунке представлен возможный фрагмент одновременной эвакуации из двух электропоездов в двухпутном тоннеле метрополитена.



Поперечное сечение двухпутного тоннеля метрополитена при эвакуации из соседних электропоездов

Проведенный анализ пожарной опасности в двухпутных тоннелях метрополитена показал необходимость проведения технических и организационных мероприятий.

Так, противопожарная защита двухпутных перегонных тоннелей метрополитена должна быть направлена на обеспечение безопасной эвакуации людей из объема перегонного тоннеля, в котором возник пожар, его тушение и создание условий для доступа пожарных подразделений к очагу пожара.

С учетом характеристик максимального режима проектной аварии должны быть обеспечены требуемые параметры составных частей противопожарной защиты, в перечень которых надлежит включить следующие разновидности активных и пассивных систем: комплекс мероприятий по предотвращению возникновения пожара; комплекс мероприятий по обеспечению огнестойкости основных строительных конструкций тоннелей; комплекс мероприятий по предотвращению распространения пожара; средства обнаружения пожара; противодымная защита и средства обеспечения пожарной безопасности вентиляционных систем; автоматическое оповещение о пожаре и управление эвакуацией; средства пожаротушения (в том числе с использованием передвижной пожарной техники); мероприятия по обеспечению пожарной безопасности электроустановок; средства автоматического, дистанционного управления и связи; комплекс мероприятий по обеспечению безопасности движения.

В качестве проектных аварий при моделировании пожаров и определении требований по обеспечению пожарной безопасности двухпутных перегонных тоннелей следует рассматривать: пожар подвижного состава (пожар в подвагонном электротехническом отсеке; пожар в аппаратном отсеке головного вагона электропоезда); горение багажа в салоне вагона электропоезда; горение ЛВЖ в салоне вагона электропоезда; пожар в перегонном тоннеле (горение кабельной линии перегонного тоннеля; горение узла крепления контактного рельса в перегонном тоннеле).

Из анализа приведенных сценариев проектных аварий следует, что к остановке подвижного состава в перегонном тоннеле могут приводить: горение узла крепления контактного рельса, горение кабельной линии и пожар в аппаратном отсеке головного вагона электропоезда, при этом горение узла крепления контактного рельса существенным распространением ОФП не сопровождается.

Таким образом, основными сценариями проектной аварии, при которых необходимо обеспечивать безопасную эвакуацию людей из перегонного тоннеля, являются пожар в аппаратном отсеке головного вагона электропоезда и горение кабельной линии перегонного тоннеля.

Таким образом, на основе проведенного анализа режимов проектных аварий установлено следующее:

возникновение и развитие пожара в перегонных тоннелях сопровождается интенсивным распространением продуктов горения, повышением температуры среды и нагревом несущих строительных конструкций;

в случае пожара в перегонных тоннелях существует реальная угроза безопасности людей, находящихся непосредственно в тоннелях в вагонах электропоездов, ввиду блокирования ОФП эвакуационных путей;

в перегонные тоннели ограничен доступ пожарных подразделений для выполнения работ по спасению людей и тушению пожаров.

Данные обстоятельства обуславливают необходимость применения системы противопожарной защиты двухпутных перегонных тоннелей метрополитена и выполнения комплекса организационно-технических мероприятий, основные показатели назначения которых должны быть приняты в расчете на максимальный режим проектной аварии.

Выводы

Рассмотренные примеры крупных пожаров в метрополитенах разных стран показали, что наиболее сложные и катастрофичные пожары связаны с подвижным составом, находящимся в тоннеле. Важно, чтобы принятые персоналом при пожаре решения были правильными и своевременными. Применение в отделке пассажирских вагонов горючих материалов существенно повышает пожарную опасность и последствия.

На развитие пожара вагонов метрополитенов оказывают влияние различные параметры: вид вагона и материалы, из которых он изготовлен; количество, размеры и материал окон; количество и вид материалов отделки; конструкция вагона; скорость воздушных потоков в тоннеле; размеры и другие особенности тоннеля.

При организации и проведении аварийно-спасательных работ в двухпутных тоннелях метрополитена следует учитывать массовое пребывание в них людей, возможность остановки и распространения пожара в двух соседних электропоездах, наличие ограниченного количества выходов на поверхность, сложную планировку и удаленность от поверхности, а также находящиеся под напряжением оборудование и кабельные сети.

Для оценки риска возникновения и последствий каждого вида опасности в метрополитенах, а также при проведении моделирования пожаров необходим комплексный анализ с учетом наличия и функциональных параметров систем объекта (энергоснабжения, вентиляции и дымоудаления, обнаружения пожара, автоматического пожаротушения, управления и контроля и др.), а также характеристик подвижного состава.

Список литературы

1. Хасанов И.Р., Ушаков Д.В., Абашкин А.А. Пожары в подземных сооружениях метрополитенов // Пожарная безопасность. 2016. № 4. С. 166–174.
2. Абашкин А.А., Ушаков Д.В., Хасанов И.Р. Особенности пожарной опасности подземных сооружений метрополитенов // XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России: материалы конференции: в 2 ч. М.: ВНИИПО, 2017. С. 63–65.

3. *Абашкин А.А., Ушаков Д.В., Хасанов И.Р.* Пожарная опасность метрополитенов // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции. М.: ФКУ Центр «Антистихия», 2016. С. 199–203.

4. Численное и физическое моделирование температурного режима в путевом тоннеле метрополитена при пожаре в движущемся вагоне поезда / *П.А. Баранов, А.Д. Голиков, С.А. Исеев, А.Ю. Снегирев* // Инженерно-физический журнал. 2000, Т. 73, № 5. С. 918–921.

5. *Копылов Н.П., Хасанов И.Р., Сушкина Е.Ю.* Экспериментальные и теоретические методы исследования пожарной опасности автотранспортных тоннелей // Основные направления развития инновационных технологий при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства крупных мегаполисов: труды Междунар. науч. конф. М., 2010. С. 44, 45.

6. *Голиков А.Д., Агеев П.М.* Основные параметры пожара подвижного состава в тоннеле метрополитена // Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России. М.: ВНИИПО, 2012. С. 199–207.

7. *Hedenfalk J., Wahlström B., Rohlen P.* Lessons from Baku Subway Fire // Proceedings of the third International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels. France, 1998. pp. 15–28.

8. *Marlair G., Lecoze J.C., Woon-Hyung K., Galea, E.R.* Human Behavior as a Key Factor in Tunnel Fire Safety Issues // 6-th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, 17–20 March 2004, Daegu, Korea, Proceedings. 2004. pp. 658–668.

9. *Беляцкий В.П.* Анализ обстановки с пожарами в метрополитенах // Противопожарное нормирование на транспорте: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1995. С. 31–39.

10. Концепция обеспечения пожарной безопасности двухпутных тоннелей в Московском метрополитене. М.: Мосинжпроект, НИАЦ, ВНИИПО. 2017. 114 с.

Статья поступила в редакцию 08.01.2024;

одобрена после рецензирования 02.02.2024;

принята к публикации 29.02.2024.

Абашкин Александр Анатольевич – начальник отдела. E-mail: k708@yandex.ru.

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Alexander A. Abashkin – Head of Department. E-mail: k708@yandex.ru.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.