

Адеев Андрей Александрович
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»
Старший преподаватель кафедры «Тоннели и метрополитены»
Adeev Andrey Aleksandrovich
Siberian State University of Railway Transport
The senior lecturer of the "Tunnels and Underground Railways" department
E-Mail: adeevaa@yandex.ru

05.23.11 Проектирование и строительство дорог,
метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

Особенности противодымной защиты в перегонных тоннелях метрополитена

Special quality of anti-smoked protection in underground distilleries tunnels

Аннотация: В работе проведены исследования противодымной защиты при возгорании поезда в перегонном тоннеле метрополитена. Показано наиболее эффективным способом создания "нулевого режима" вентиляции при возгорании среднего вагона является устройство на поезде быстровозводимых аэродинамических створок-перемычек.

Abstract: In following project was researched anti-smoked protection in the case of fire in the train in refinery underground tunnel. The most effective way to create a “ zero-mode” of ventilation in case of fire of medium car is device fabricated on train aerodynamic wings-jumpers.

Ключевые слова: Метрополитен; пожар; вентиляция; противодымная защита; быстровозводимые перемычки; нулевой режим.

Keywords: Underground; fire; ventilation; anti-smoke defense; prefabricated bridge; zero-mode.

Создание сложных инженерных сооружений таких, как метрополитен, совместно с техническим прогрессом приводит к увеличению опасности возникновения техногенных аварий. Метрополитен характеризуется большим скоплением людей на стесненных путях эвакуации, слабой освещенностью, необходимость обеспечивать вентиляцию. При возникновении аварий негативные последствия данных факторов усиливаются. Пожар наиболее распространенный и сложный вид аварии. Прогнозирование развития аварийной ситуации позволяет:

- выработать технические решения, которые снизят ее отрицательные последствия;
- обосновать требования к оборудованию применяемому при ликвидации аварии.

Месторасположение горящего поезда условно делит тоннель на два участка: участок чистого воздуха, в струе которого движутся эвакуирующиеся пассажиры и задымленный участок – от очага возгорания до места удаления пожарных газов из тоннеля. Длина участка и его расположение определяются местом остановки горящего поезда и очагом пожара в нем. Задымленный участок характеризуется высокой температурой пожарных газов. Температура потока газов, протяженность и месторасположение участка на перегоне имеют существенное значение при расчете пожарной тепловой депрессии и аварийного воздухораспределения.

Рассмотрим изменение температуры газов по длине тоннеля с течением времени. Принято допущение, что до возникновения пожара длительное время через тоннель проходил воздух с постоянной температурой. Поэтому температуру окружающих обделок, влияющую на температуру струи пожарных газов, можно принять равной температуре воздуха до пожара. При пожаре резко меняется температура пожарных газов T_2 . Для упрощения расчета примем, что их теплофизические свойства совпадают со свойствами нагретого до той же температуры воздуха. Исходные температуры потока горячих пожарных газов от горящего поезда определены по данным исследований, приведенным в работах ВНИИПО МВД РФ [1] (рис. 1 – начальная температура пожарных газов от очага возгорания). При прохождении газов по тоннелю происходит их остывание за счет теплообмена со стенками тоннеля.

Изменение температуры пожарных газов T_2 по длине тоннеля, исходя из условий теплового баланса [2] соответствует уравнению (1).

$$dT_2/dx = \pi \cdot D/G_2 \cdot C \cdot K_\tau \cdot (T_0 - T_2), \quad (1)$$

где x – расстояние по длине тоннеля от очага возгорания, м; T_0 – температура окружающих обделок тоннеля, $^{\circ}\text{C}$; G_2 – массовый расход пожарных газов, кг/с; D – диаметр тоннеля, м; C – изобарная теплоемкость воздуха, Дж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$); K_τ – коэффициент нестационарного теплообмена, Вт/(м $^2\cdot^{\circ}\text{C}$).

Решая уравнения (1) с граничным условием $T_2 = T_{02}$ при $x=0$ получим:

$$T_2 = T_0 - (T_0 - T_{02}) \cdot \exp(-\pi \cdot D \cdot x/G_2 \cdot C \cdot K_\tau), \quad (2)$$

где T_{02} – температура пожарных газов от источника горения, $^{\circ}\text{C}$.

Зависимость температуры пожарных газов от времени в некотором сечении тоннеля определяется зависимостью коэффициента нестационарного теплообмена K_τ от времени. Для условия $\tau_1 \gg \tau_2$, где τ_1 – время проветривания до пожара, а τ_2 – общая длительность горения поезда, воспользуемся выражением:

$$K_\tau = \frac{\lambda \cdot \sqrt{1 + 1,6\sqrt{a \cdot \tau/R^2}}}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau} + \frac{\lambda}{\alpha} \sqrt{1 + 1,6\sqrt{a \cdot \tau/R^2}}}, \quad (3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности обделок, Вт/(м $\cdot^{\circ}\text{C}$); a – коэффициент температуропроводности, м 2 /с; τ – время от начала возгорания, с; R – радиус тоннеля, м; α – коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенкам тоннеля, Вт/(м $^2\cdot^{\circ}\text{C}$).

Совместное решение уравнений (2) и (3) позволило определить зависимость изменения температуры пожарных газов по тоннелю метрополитена от расстояния от очага горения. Результаты расчетов для случая горения одного ближайшего к перегонной вентиляционной камере головного вагона поезда приведены на рис.1.

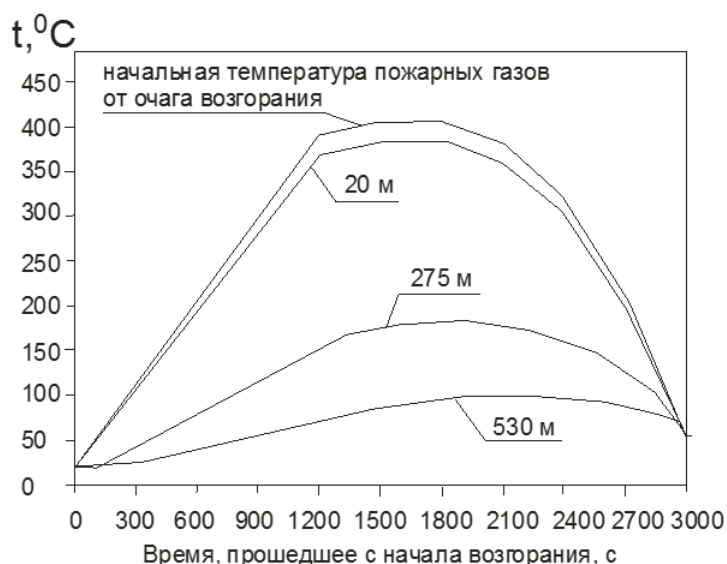


Рис. 1. Зависимость изменения температуры пожарных газов в тоннеле метрополитена от расстояния от очага горения

В случае возгорания среднего вагона поезда, или любого кроме головного и хвостового, эвакуацию пассажиров приходится осуществлять в обоих направлениях от горящего поезда. Это обусловлено стесненностью пространства между обделкой тоннеля и вагоном поезда. Люди не смогут пройти мимо горящего поезда из-за высокой температуры в очаге пожара. Для того, чтобы эвакуирующиеся не шли по тоннелю в облаке горячих дымовых газов (рис.1), п.5.16.5.3 СП «Метрополитены» [3] рекомендует создавать в тоннеле "нулевой режим". В этом режиме скорость воздуха в тоннеле не должна превышать 0,5 м/с.

Как видно из приведенных расчетов, во время горения поезда в тоннеле, температура пожарных газов, а, следовательно, и тепловая депрессия непрерывно изменяются. Следовательно, для поддержания какой-то постоянной заданной скорости и направления движения воздуха необходимо иметь источники давления, вентиляторы, имеющие устройство регулирования режима работы на ходу. Примерно 95% парка тоннельных вентиляторов РФ таких устройств не имеют. А для управления режимом работы регулируемых на ходу вентиляторов, нужна соответствующая система управления. Эта система должна измерять скорость воздуха в нескольких точках вертикального сечения тоннеля, т.к. температура среды под сводом тоннеля и у головки рельса будет разной и, следовательно, будет наблюдаться стратификация воздушного потока. Очевидно, что таких систем в метрополитенах нет и не предвидится в ближайшие годы.

Для создания нулевого режима можно использовать пассивные регуляторы – быстровозводимые перемычки [4]. Перемычка повышает аэродинамическое сопротивление ветки до $R=0.1$ кц – это достигается, например, уменьшением площади сечения тоннеля с 18.62 м^2 до 4 м^2 . Но на каком участке тоннеля произойдет пожар, предсказать невозможно. Поэтому таких устройств, установленных в тоннеле и готовых к срабатыванию в чрезвычайной ситуации придется ставить достаточно много. Нельзя обойтись двумя перемычками в начале и в конце тоннеля из-за наличия сбоек между тоннелями. Необходимо устанавливать быстровозводимые перемычки на каждом участке тоннеля не имеющим сбойки с другими подземными сооружениями.

Для решения задачи создания «нулевого режима» вентиляции и обеспечения безопасной эвакуации пассажиров, можно воспользоваться следующим техническим решением изложенным в работе [5]. Суть решения состоит в устройстве на поезде быстровозводимых створок-перемычек (рис.2), позволяющими увеличивать

аэродинамическое сопротивление на пути движения воздуха и пожарно-дымовых газов.

В случае возгорания среднего вагона поезда, быстровозводимые створки-перемычки перекрывают часть зазора между поездом и обделкой тоннеля. Остается только пространство для движения эвакуирующихся пассажиров.

Таких перемычек должно быть не менее 2 шт. Так как, пожар распространяется в одну сторону, то одна из перемычек должна остаться невредимой и выполнять свои функции. Эти устройства могут быть выполнены в различном исполнении:

- складывающиеся створки вдоль вагона;
- телескопические створки в межвагонном пространстве, раздвигающие перпендикулярно движению поезда;
- вариант с надувными перемычками, по типу автомобильных подушек безопасности и располагаться в межвагонном пространстве за хвостовым и головным вагонами.

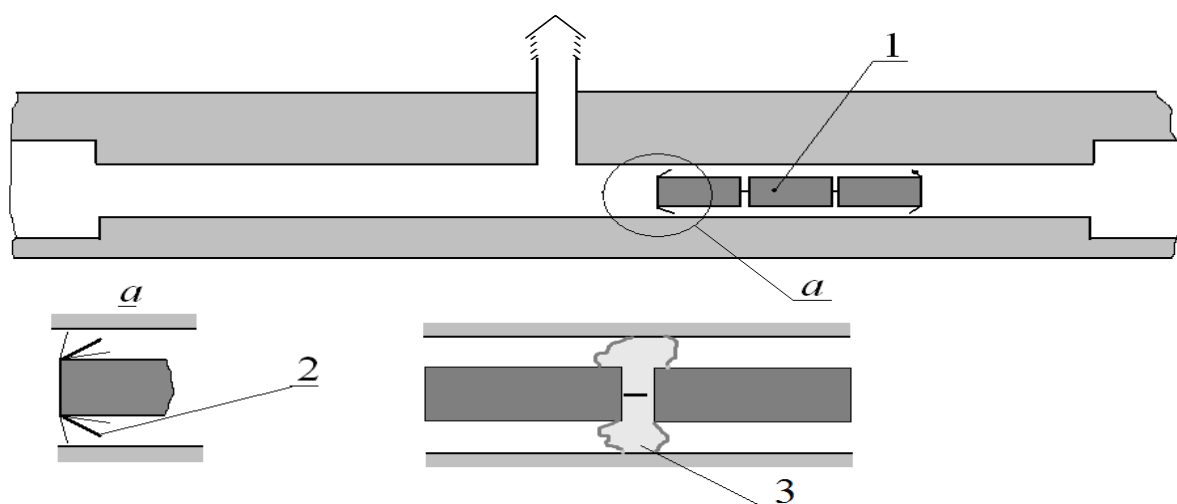


Рис. 2. Схема поезда в тоннеле. 1- поезд; 2 – вариант со створками вдоль вагона;
3 - вариант с надувными перемычками

Выводы

Для обеспечения противодымной защиты и наиболее эффективным способом создания "нулевого режима" вентиляции при возгорании среднего вагона поезда метрополитена в тоннеле является устройство на поезде быстровозводимых аэродинамических створок-перемычек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голиков А.Д., Негодаев Г.Д., Чижиков В.П. Требуемый предел огнестойкости обделок тоннелей метрополитена // Борьба с пожарами в метрополитенах: Сб. науч. тр. – ВНИИПО МВД РФ, 1992.
2. Петров Н.Н., Тимошенко И.И. Тепловой режим вентиляционных стволов и его регулирование // ФТПРПИ.– 1985.– № 3.
3. СП 32-105-2004: Метрополитены. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 337 с.
4. Болбат И.С., Ефимов Г.Б. Исследование эффективности применения парашютных перемычек/В кн.: Методы и средства ведения горноспасательных работ.– Донецк: ВНИИГД, 1980.
5. Пат. 2312222 Российская федерация, МПК E21F 1/00, E24F 7/00. Способ тоннельной вентиляции [Текст] / Зедгенизов Д.В., Красюк А.М., Лугин И.В.; заявитель и патентообладатель ИГД СО РАН. – 2006123179/03 ; заявл. 29.06.2006 : опубл. 10.12.2007, Бюл. №34. – 3 с. : ил.

Рецензент: Медведев Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения».