

سیستم تهویه اضطراری در تونل‌های راه و راه آهن

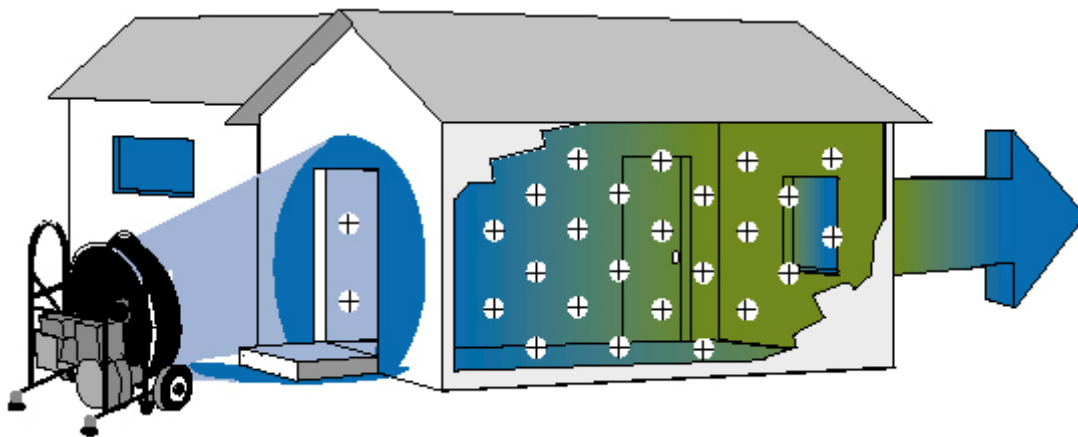
تهیه و تنظیم : شهاب‌الدین موسوی

تونل‌های راه و راه‌آهن در زمان بهره‌برداری، به دلیل محدود بودن فضای داخل آنها، یکی از پرحادثه‌ترین نقاط در راه‌ها محسوب می‌شوند و در صورت بروز حوادثی مانند تصادف، راهبندان یا آتش‌سوزی، مکان‌های بسیار خطرناکی بوده و خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را برای سرنشینان وسایل نقلیه عبوری ایجاد می‌کنند. به همین دلیل برای مقابله با این حوادث و افزایش سطح ایمنی، تجهیزات مختلفی مانند سیستم روشنایی، سیستم‌های اعلام و اطفاء‌حریق و سیستم تهویه در آنها نصب می‌شود.

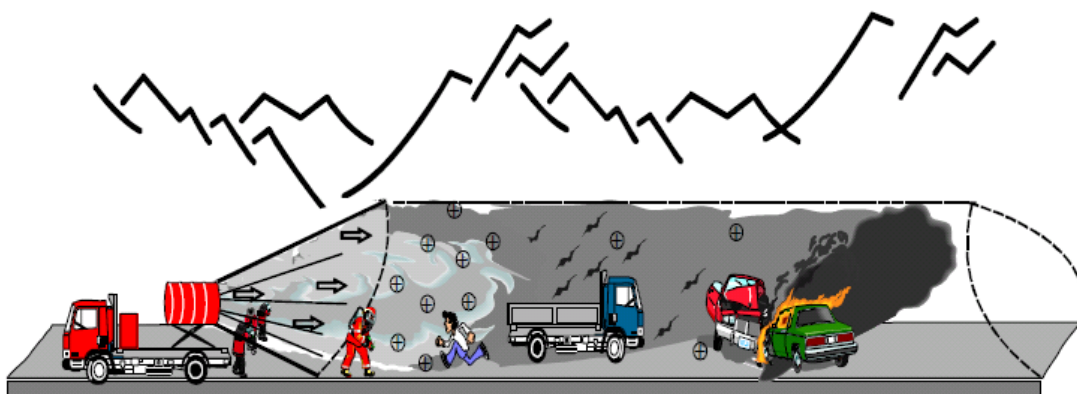
سیستم تهویه در تونل‌های راه با دو هدف اصلی تخلیه دود و آلودگی در حالت عادی و شرایط اضطراری (راهبندان و حریق) نصب می‌شود. لزوم نصب سیستم تهویه در تونل‌های راه در کشورهای مختلف متفاوت است. برای مثال، در کشور آمریکا نصب سیستم تهویه در تونل‌های با طول بیشتر از ۲۵۰ متر و در کشور فرانسه نصب سیستم‌های اطفاء‌حریق و تهویه برای تونل‌های با طول بیشتر از ۴۰۰ متر الزامی است. در بسیاری از تونل راه به ویژه تونل‌های با طول کمتر از ۱۰۰۰ متر، عموماً آلودگی از طریق اثر پیستونی وسایل نقلیه تخلیه می‌شود و سیستم تهویه صرفاً برای مقابله با حوادث احتمالی در شرایط اضطراری (آتش‌سوزی یا راهبندان) نصب می‌شود.

با توجه به بالا بودن هزینه احداث و نگهداری سیستم‌های تهویه، برای تونل‌هایی که در شرایط عادی مشکل آلودگی ندارند نصب سیستم تهویه از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست. از طرف دیگر، عدم وجود سیستم تهویه در شرایط اضطراری بسیار خطرناک است و در صورتی که صرفاً سیستم اطفاء‌حریق در تونل‌ها نصب شود، در صورت وقوع تصادف و ایجاد راهبندان، باز هم نیازمند به سیستم تهویه خواهیم بود. لازم به ذکر است امکان نصب سیستم‌های اطفاء‌حریق با استفاده از مخازن ذخیره آب در مناطقی که دسترسی به آب وجود ندارد و یا هوا بسیار سرد است و امکان یخ‌زدگی آب وجود دارد امکان‌پذیر نیست. در این حالت بهترین راه‌حل استفاده از سیستم تهویه اضطراری متحرک است. در این سیستم برای مقابله با آتش‌سوزی و تخلیه دود داخل تونل به جای استفاده از فن‌های ثابت که در سقف تونل نصب می‌شوند از یک دستگاه فن که در پشت یک وسیله‌نقلیه نصب شده استفاده می‌شود. هنگام وقوع راهبندان مجموعه فن و وسیله‌نقلیه به داخل تونل منتقل شده و همانند سیستم تهویه ثابت، عمل تخلیه دود را انجام می‌دهند. در هنگام آتش‌سوزی نیز این مجموعه دود ناشی از آتش‌سوزی را به خارج تخلیه می‌کنند. انرژی مورد نیاز فن از یک موتور دیزل که در داخل وسیله‌نقلیه نصب شده تامین می‌شود.

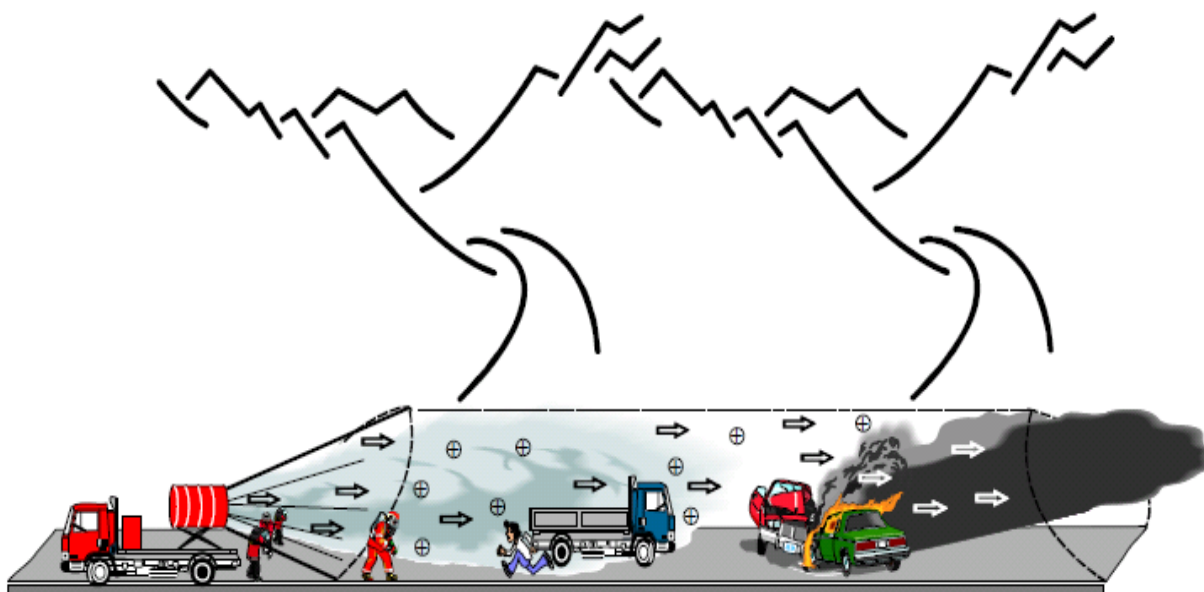
عملکرد سیستم تهویه اضطراری بر اساس اثر تهویه فشار مثبت یا **Positive Pressure Ventilation** است. همان‌طور که در شکل یک مشاهده می‌شود. هرگاه در دهانه یک محیط بسته یک وانتیلاتور قرار دهیم گرادیان فشار مثبت حاصل شده باعث جابه‌جایی هوا و تخلیه آلودگی از داخل آن فضا می‌شود.



شکل ۱ - اثر تهویه فشار مثبت (Positive Pressure Ventilation)



شکل ۲ - اثر تهویه فشار مثبت (Positive Pressure Ventilation) در داخل تونل



شکل ۳ - اثر تهویه فشار مثبت (**Positive Pressure Ventilation**) در داخل تونل
در شکل‌های زیر نمونه‌هایی از سیستم تهویه اضطراری در تونل‌های راه و راه‌آهن مشاهده می‌شود.



در سیستم تهویه اضطراری متحرک امکان نصب فن با دبی $240/000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($67 \text{ m}^3/\text{s}$) و قطر $1/5$ متر وجود دارد که می تواند حدود 60 درصد هوای مورد نیاز برای تهویه یک تونل 800 متری را تأمین کند.

کاربرد

سیستم تهویه متحرک برای تمامی تونل های راه و راه آهن با طول کمتر از 1000 متر که در شرایط عادی نیاز به تهویه ندارند قابل استفاده است. این سیستم قادر است حدود 60 درصد هوای مورد نیاز برای تهویه یک تونل 800 متری را تأمین و در شرایط آتش سوزی هوای لازم را ایجاد کند. ذکر این نکته ضروری است که این سیستم مانند سایر سیستم های اضطراری (سیستم برق اضطراری و UPS) به طور 100 درصد قادر به تأمین هوای مورد نیاز برای تهویه تونل نیست، اما با توجه به هزینه بسیار پایین نسبت به سیستم تهویه ثابت، برای تمامی تونل های با طول کمتر از 1000 متر که در شرایط عادی نیاز به سیستم تهویه ندارند، راه حل مناسبی برای افزایش قابل ملاحظه ایمنی است.

منابع :

1. Positive Pressure Ventilation: An Emergency Ventilation Technique for Highway, Rail, and Subway Tunnel Fires”, L. Coffman, J. Bader, October 3, 2001.
2. PPV and Mass Decontamination Test: CNR Memorial Tunnel”, L. Coffman, June 27, 2002
3. Radiological Consequences of Sever Rail Accidents Involving Spent Nuclear Fuel Shipments to Yucca Mountain: Hypothetical Baltimore Rail Tunnel Fire Involving SNG”, M. Lamb, M. Resinkoff, RWMA, September 2001
4. Burning Cars in Rail Tunnel Resist Control”, David Michael Ettlin, Baltimore Sun, July 20, 2001.
5. NFPA Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. 2000 Edition.
6. TEMPESTTM TECHNOLOGY MVUTM Product Catalog.
7. Coffman III L. B., Bader, J. “Positive pressure ventilation: An emergency ventilation technique for highway, rail and subway fires,” International Conference on Tunnel Fires, Washington, DC, October 2001.
8. Ingason, H., and Romanov, L.: “Establishment of a flow inside a tunnel with a fan,” (Unpublished Research Work by Swedish National Testing and Research Institute (SP), Fire Technology, 2001)
9. TASCflow3D Theory documentation, Version 2.4, March 1995, AEA Technology.
10. ICEM-CFD Version 4.0. Tutorial Manual, 1999, ICEM-CFD Engineering.
11. Society of Fire Protection Engineers Handbook, 1st Edition, 1995.
12. Mobile Ventilation Unit Tunnel Test BNSF Railway Seattle Tunnel (Great Northern / King Street Tunnel) November 14, 200