



# CHÁY TRONG CÁC ĐƯỜNG HẦM METRO - KINH NGHIỆM THẾ GIỚI VÀ BÀI HỌC CHO VIỆT NAM

Đặng Trung Thành, Trần Tuấn Minh,  
Nguyễn Duyên Phong, Phạm Đức Thọ  
Trường Đại học Mỏ-Địa chất  
Email: tuanminhhung@yahoo.com

## TÓM TẮT

Cháy trong các đường hầm Metro không những là mối nguy hiểm cho hành khách, con người, trang thiết bị, mà còn là mối nguy hiểm do mất ổn định đường hầm làm gián đoạn việc vận hành hệ thống metro. Hiện nay ở Việt Nam, xu hướng xây dựng và phát triển các dạng công trình ngầm trong đó có các công trình ngầm phục vụ giao thông vận tải, đặc biệt là hệ thống tàu điện ngầm đô thị ngày càng được quan tâm. Quá trình cháy dẫn đến tình trạng đình trệ hệ thống vận chuyển hành khách trong các thành phố. Điều này đòi hỏi phải xem xét các yêu cầu chống cháy khi thiết kế, thi công và vận hành hệ thống. Bài báo giới thiệu các nguyên nhân cháy trong các đường hầm Metro, đề xuất các giải pháp khắc phục nhằm làm giảm thiểu tác động của cháy đến quá trình xây dựng và vận hành hệ thống giao thông ưu việt này.

**Từ khóa:** đường hầm Metro, cháy đường hầm, tai nạn, các giải pháp, gia cường vỏ hầm.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu ảnh hưởng của cháy đến an toàn hệ thống tàu điện ngầm trong quá trình thi công và khi công trình ngầm (CTN) được đưa vào vận hành, khai thác luôn là vấn đề có tính thời sự đối với các quốc gia có lĩnh vực xây dựng CTN phát triển như Mỹ, Nga, Canada, Đức, Trung Quốc,... Thực tế chỉ ra rằng, trong khi xây dựng, vận hành các hệ thống giao thông ngầm nói chung và hệ thống tàu điện ngầm trong đô thị nói riêng đã và đang gặp nhiều rủi ro về cháy dẫn đến đình trệ quá trình thi công cũng như làm gián đoạn công tác vận hành, mất sự kết nối giao thông ngầm và hệ thống giao thông trên mặt. Các vụ cháy có thể xảy ra ở nền nhiệt độ cao (đạt đến 1000°C như trong trường hợp xảy ra cháy ở đường hầm qua eo biển Manche năm 1996) gây nên sự phá hủy của một phần kết cấu chống giữ, gây mất an toàn dẫn tới sự sụp đổ hoàn toàn công trình. Thực tế, dưới tác dụng của cháy, các thiết bị thi công có khả năng bị phá hủy, gây tai nạn dẫn đến tử vong cho người lao động, các kỹ sư xây dựng cũng như nhân viên và hành khách sử dụng hệ thống tàu điện ngầm.

Vấn đề nghiên cứu, lựa chọn giải pháp an toàn cháy cho các CTN trước đây đã được các tác giả

trên thế giới quan tâm trong các tài liệu ITA working group, Fire safety guidelines for road tunnels, 2001, Волков В.П, 2001. Các hướng dẫn và tài liệu trên đã đề xuất được các giải pháp an toàn cháy trong khi thi công CTN trên cơ sở đánh giá được nguy cơ và hậu quả do các vụ cháy bên trong hệ thống CTN trong quá trình thi công xây dựng và vận hành hệ thống các CTN,... Tuy nhiên, trên thực tế các CTN trong hệ thống tàu điện ngầm rất khác so với các dạng CTN cũng như các đường hầm giao thông khác do đặc thù vận tải với lượng hành khách di chuyển liên tục với tần suất và cường độ cao. Điều này đòi hỏi phải có các nghiên cứu và tìm hiểu sâu về an toàn cháy đảm bảo hiệu quả an toàn trong trường hợp xảy ra cháy khi thi công xây dựng và vận hành công trình.

Tại Việt Nam, hệ thống tàu điện ngầm đang bắt đầu được Nhà nước và Chính phủ quan tâm đặc biệt. Hiện nay tại Việt Nam đang triển khai 02 dự án tuyến tàu điện ngầm thành phố, tuyến Bến Thành - Suối Tiên đã đào được 2 đường hầm song song bằng công nghệ khiên đào đảm bảo hiệu quả thi công. Tại Hà Nội tuyến đường sắt số 3 Nhổn - Ga Hà Nội đang chậm tiến độ, đoạn trên cao được khoảng 70% khối lượng, đoạn ngầm từ khách sạn Daewoo



đang triển khai, tuy nhiên rất chậm do vướng mắc trong giải phóng mặt bằng, chưa đồng thuận thiết kế giữa Tư vấn thiết kế của nước ngoài và Ban quản lý dự án của Việt Nam.

Nói chung, việc nghiên cứu ảnh hưởng của cháy đến an toàn trong thi công, khai thác các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp đã được đưa vào các quy chuẩn quốc gia (QCVN 06: 2020/BXD). Tuy nhiên, việc nghiên cứu ảnh hưởng của cháy đến tính an toàn, ổn định khi xây dựng và vận hành của hệ thống các đường hầm Metro tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế, các bài báo tập trung chủ yếu vào công tác chống cháy trong khi xây dựng các CTN nói chung. Có thể nêu ra một số nghiên cứu điển hình như của Trần Xuân Hà, 2014, Nguyễn Văn Sung, 2002, Đỗ Thụy Đăng, 2005. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên thường quan tâm đến tối ưu các sơ đồ thông gió, chống cháy, nổ trong các CTN trong mỏ cũng như ảnh hưởng của cháy trong quá trình thi công, vận hành các đường hầm giao thông.

Hiện nay, các công nghệ thi công CTN mới đã và đang được áp dụng rộng rãi để xây dựng các đường tàu điện ngầm tại Hà Nội và Hồ Chí Minh, các công nghệ này cũng đã được đề cập nhiều trong các tài liệu ở trong và ngoài nước (TCVN 4527, 1988). Tuy nhiên, các tài liệu trên còn ít đề cập đến an toàn chống cháy trong khi thi công xây dựng cũng như quá trình vận hành hệ thống các CTN Metro. Điều này đòi hỏi phải có các nghiên cứu sâu hơn về an toàn cháy cho hệ thống CTN đặc biệt này.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Tác động của cháy đến công trình ngầm

Cháy gây ra hàng loạt các quá trình biến đổi hóa lý và cơ học dẫn đến sự phá hủy của kết cấu bê tông bởi năm nhóm nguyên nhân chính như sau:

➢ Biến đổi hóa học: sự chuyển hóa của chất kết dính chủ lực trong hồ xi măng (C-S-H) và các sản phẩm thủy hóa khác như  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dẫn đến sự thay đổi thể tích, giảm tính kết dính và độ bền của bê tông;

➢ Áp lực nước: Nước trong lỗ rỗng kín sẽ dần đạt tới trạng thái bão hòa dưới tác dụng của nhiệt độ, sự trương nở của nước sẽ gây ứng suất kéo trong bê tông và xuất hiện các vết nứt nhiệt, dẫn đến bong tróc lớp bê tông bề mặt;

➢ Sự gia tăng ứng suất nhiệt: Gradient nhiệt trong bê tông dẫn đến các biến dạng nhiệt có thể gây phá hủy kết cấu bê tông;

➢ Sự biến dạng không tương thích giữa hồ xi măng và cốt liệu thô: Dưới tác dụng của nhiệt độ cao ( $150^\circ\text{C}$ ), sự trương nở của hồ xi măng lớn hơn rất nhiều so với cốt liệu thô. Khi nhiệt độ  $> 150^\circ\text{C}$ , xi măng chịu co ngót do hiện tượng mất nước, trong khi cốt liệu thô vẫn tiếp tục trương nở, đây là nguyên nhân xuất hiện ứng suất tiếp trên bề mặt liên kết của cốt liệu và hồ xi măng, kéo theo sự hình thành của các vi khe nứt (micro crack);

➢ Về mặt cấu trúc của các CTN trong hệ thống, dưới tác dụng của tải trọng và nhiệt độ, độ bền và một số tính chất liên quan đến nhiệt của cấu trúc vỏ hầm bê tông cốt thép có sự thay đổi (M. M. Choinska, 2007), (F.-J. Ulm, 2020), (J. Novak, 2018), và (V. Kodur, 2020). Cụ thể, theo kết quả nghiên cứu [6], ở  $210^\circ\text{C}$ , độ bền kéo giảm 13% và giảm 37% đối với mô đun đàn hồi. Ở nhiệt độ  $310^\circ\text{C}$  độ bền kéo và mô đun của độ co giãn lần lượt là 35% và 55%. Nghiên cứu cũng chỉ ra khả năng dẫn nhiệt giảm khi nhiệt độ tăng: ở  $20^\circ\text{C}$ , giá trị này là  $3.0\text{W}/(\text{m}^\circ\text{C})$  và giảm đến 2,26; 2,21 và  $2,06\text{W}/(\text{m}^\circ\text{C})$  ở 110, 210 và  $310^\circ\text{C}$ . Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy rằng sự phát triển của độ dẫn nhiệt dư của bê tông thay đổi tương đối nhỏ cho đến  $110^\circ\text{C}$ . Theo Fares (2009), cường độ của bê tông (theo thí nghiệm nén hoặc uốn 3 điểm) giảm một cách tuyến tính đến một giá trị gần như không đáng kể ở nhiệt độ  $600^\circ\text{C}$ . Kết quả này là phù hợp với những chỉ dẫn thiết kế bê tông cho tải trọng cháy được quy định trong Eurocode 2, 2004. Sự suy giảm độ bền của bê tông cấu trúc vỏ hầm chủ yếu liên quan đến các hiện tượng hóa lý xảy ra ở nhiệt độ cao, gây ra sự chuyển hóa của các vật chất bên trong [9]. Ví dụ như sự bốc hơi của nước tự do (trong các lỗ rỗng) và nước liên kết trong bê tông ở nhiệt độ quá  $100^\circ\text{C}$ , gây ra sự tăng áp suất một cách đáng kể trong các lỗ rỗng và có thể gây ra các vết nứt vi mô; hay quá trình tách nước rồi phân hủy của các tinh thể vật chất trong hồ xi măng ở các nhiệt độ khác nhau như Ettringite ( $3\text{CaO} \cdot \text{A}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ), thạch cao ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), hay các keo liên kết C-S-H, gây suy yếu kết cấu vi mô của bê tông (J. Novak, 2018), (V. Kodur, 2020).

Vấn đề nghiên cứu, lựa chọn giải pháp an toàn cháy cho các CTN trước đây đã được các



tác giả trên thế giới quan tâm trong các tài liệu ITA working group, Fire safety guidelines for road tunnels, 2001, Волков В.П, 2001. Các hướng dẫn và tài liệu trên đã đề xuất được các giải pháp an toàn cháy trong khi thi công CTN trên cơ sở đánh giá được nguy cơ và hậu quả do các vụ Cháy nổ Cháy bên trong hệ thống CTN trong quá trình thi công xây dựng và vận hành hệ thống các CTN,... Tuy nhiên, trên thực tế các CTN trong hệ thống tàu điện ngầm rất khác so với các dạng CTN cũng như các đường hầm giao thông khác do đặc thù vận tải với lượng hành khách di chuyển liên tục với tần suất và cường độ cao. Điều này đòi hỏi phải có các nghiên cứu và tìm hiểu sâu về an toàn cháy đảm bảo hiệu quả an toàn trong trường hợp xảy ra cháy khi thi công xây dựng và vận hành công trình.

## 2.2. Cháy ở hệ thống tàu điện ngầm của một số quốc gia trên thế giới

### 2.2.1. Cháy ở tàu điện ngầm Baku, Azerbaijan

Vào ngày 28 tháng 10 năm 1995, một đám cháy bùng phát trong hệ thống tàu điện ngầm của Baku, thủ đô của Azerbaijan, giữa các ga Ulduz và Nariman Narimanov. Theo số liệu chính thức, vụ cháy đã giết chết 289 người: 286 hành khách (trong đó có 28 trẻ em) và 3 nhân viên cứu hộ, trong khi 270 người bị thương. Vụ cháy được cho là do sự cố điện gây ra, nhưng không loại trừ khả năng cố ý phá hoại. Mặc dù một số người sơ tán khỏi tàu vẫn sống sót, đám cháy vẫn là thảm họa tàu điện ngầm chết chóc nhất thế giới.



H.1. Một trong những toa tàu điện ngầm bị đập vỡ kính để thoát hiểm sau vụ cháy ngày 28 tháng 10 năm 1995, Metro Baku, Azerbaijan

Vụ cháy do sự cố điện xảy ra vào giờ cao điểm tối thứ Bảy vào khoảng 6h00 chiều. Chuyến tàu bị cháy, gồm 5 toa chất đầy hành, vừa rời ga Ulduz để đến Nariman Narimanov. Phần lớn những người thiệt mạng (bao gồm 28 trẻ em) được tìm thấy bên trong tàu, hầu hết đều bị nghiền nát hoặc bị giẫm đạp đến chết. Bốn mươi thi thể được tìm thấy bên trong đường hầm.

### 2.2.2. Cháy tại tàu điện ngầm Daegu, Hàn Quốc

Vụ cháy tàu điện ngầm Daegu xảy ra vào ngày 18 tháng 2 năm 2003, khi một kẻ đốt phá đã phóng hỏa một đoàn tàu; 192 người chết và 151 người khác bị thương tại ga Jungangno của Tàu điện ngầm Daegu Metropolitan ở Daegu, Hàn Quốc. Ngọn lửa đã lan qua hai đoàn tàu trong vòng vài phút. Đây vẫn là vụ phá hoại có chủ ý nghiêm trọng nhất trong một sự cố duy nhất trong lịch sử thời bình của Hàn Quốc.



H.2. Cháy tàu điện ngầm Daegu xảy ra vào ngày 18 tháng 2 năm 2003

### 2.2.3. Cháy trong hệ thống tàu điện ngầm Moskva, Liên Bang Nga

Vụ cháy vào giờ cao điểm buổi sáng trong hệ thống tàu điện ngầm Moskva làm 76 người bị thương và gây hoảng loạn dưới lòng đất. Khoảng 4.500 hành khách đã được sơ tán khỏi các nhà ga đầy khói (Hình H.4), tuyến đông khách này phải đóng cửa một phần trong nhiều giờ. Ít nhất 76 người bị thương trong sự cố. Nhiều người thừa nhận đã bị ngạt khói và bị các bệnh liên quan đến căng thẳng như rối loạn thần kinh và huyết áp cao.



**H.4. Cháy trong hệ thống tàu điện ngầm ở Moscow**

Vụ hỏa hoạn đã làm gián đoạn nghiêm trọng giao thông ở Moskva vào giờ cao điểm buổi sáng. Một số nhà ga gần đó buộc phải đóng cửa và kêu gọi hành khách rời đi và tìm một tuyến đường thay thế; hàng chục nghìn người đi làm buổi sáng đã bị trễ giờ làm vì sự cố.

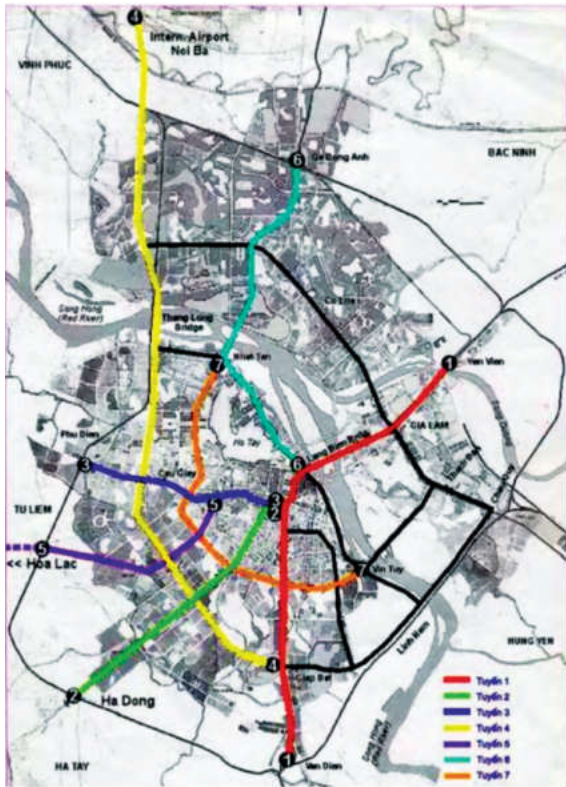
Chính quyền thành phố đã phải triển khai thêm 40 xe buýt và xe đẩy để bù đắp cho sự gia tăng tải trọng trên hệ thống giao thông công cộng.

**2.2.4. Xây dựng tàu điện ngầm tại Việt Nam và bài học phòng chống cháy**

Ở Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh, việc đi lại của người dân chủ yếu phụ thuộc vào các phương tiện xe buýt và các phương tiện cá nhân. Vì vậy, thường xuyên xảy ra tắc nghẽn giao thông và ô nhiễm không khí. Để giải quyết vấn đề này, Việt Nam đang quy hoạch xây dựng đường sắt đô thị cho cả 2 thành phố trên (Bảng 1). Trong đó, tuyến đường sắt đô thị số 1 ở Tp. Hồ Chí Minh đã ký kết hợp đồng vay vốn từ Chính phủ Nhật Bản và đang xúc tiến dự án theo điều khoản đặc biệt của nước sở tại (STEP), đây là dự án đường sắt đô thị đầu tiên tại Việt Nam.

**Bảng 1. Kế hoạch xây dựng đường sắt đô thị đang được tiến hành tại Việt Nam**

Tên tuyến	Tình trạng và thông số	Kế hoạch và tiến độ
Tuyến số 1	Đang nghiên cứu đề án vận dụng tuyến đường hiện có mà Tổng Công ty Đường sắt đang vận hành và quản lý nhưng tuyến đường hiện tại này là đường đơn, khổ đường 1000 mm và phương thức cho đường sắt đô thị cũng đang được nghiên cứu. Trường hợp xét tuyến này là Đường sắt đô thị, thì nó được coi là đối tượng của tiêu chuẩn Đường sắt đô thị mà dự án nghiên cứu này đang thực hiện nhưng nếu Tổng Công ty Đường sắt là chủ đầu tư dự án thì nó sẽ được coi là tuyến đường sắt thông thường. Tổng chiều dài của tuyến là 28,68 km được chia ra làm 03 phân đoạn: Phân đoạn 1: Ngọc Hồi-Giáp Bát (dài 9,6 km trong đó 6.1 km là đoạn đi trên cao) Phân đoạn 2: Giáp Bát - Gia Lâm (đoạn trên cao dài 11,5 km) Phân đoạn 3: Gia Lâm -Yên Viên (dài 7,7 km trong đó 4,5 km là đoạn đi trên cao)	Hà Nội
Tuyến số 2	Tổng chiều dài của tuyến là 41,5 km, được chia thành 03 phân đoạn. Ngân hàng Hợp tác Quốc tế Nhật Bản JBIC tài trợ đặc biệt cho việc nghiên cứu hình thành dự án (SAPROF).	Tp. Hồ Chí Minh
Tuyến số 3	Đã hoàn tất việc ký kết hiệp ước vay vốn từ Chính phủ Pháp và đã hoàn thành nghiên cứu khả thi dự án.	
Tuyến số 1	Đã hoàn tất việc ký kết hiệp ước vay vốn từ Chính phủ Nhật Bản. Thông số kỹ thuật đang được ban hành.	
Tuyến số 2	Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB), Đức và Nhật Bản đang thực hiện nghiên cứu. Đang cân nhắc nhà tài trợ.	
Tuyến số 3	Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB), Đức và Nhật Bản đang thực hiện nghiên cứu. Đang cân nhắc nhà tài trợ.	



H.5. Quy hoạch đường sắt đô thị thành phố Hà Nội

Để chủ động trong công tác phòng cháy, chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ khi xảy ra tình huống cháy, tai nạn, sự cố trong hệ thống giao thông ngầm hiện nay đòi hỏi lực lượng Cảnh sát Phòng cháy chữa cháy cần nghiên cứu những đặc điểm có liên quan đến hệ thống giao thông ngầm để từ đó có những giải pháp, biện pháp phòng cháy cũng như công tác chữa cháy, cứu nạn, cứu hộ hiệu quả khi có tình huống cháy, tai nạn, sự cố xảy ra. Các tình huống cháy, tai nạn, sự cố xảy ra trong công trình giao thông ngầm có thể được chia thành 2 nhóm nguyên nhân chủ yếu là nhóm nguyên nhân cháy do nội sinh và nhóm nguyên nhân cháy do ngoại sinh. Nhóm nguyên nhân cháy do nội sinh là do phát sinh cháy trong bản thân hệ thống các thiết bị, máy móc, công nghệ của đường hầm; nhóm nguyên nhân cháy ngoại sinh do phát sinh cháy, nổ từ các phương tiện lưu thông qua đường hầm. Cả hai nhóm nguyên nhân cháy này sẽ phải được nghiên cứu và thực hiện theo các phương án chòng cháy, chữa cháy khác nhau đòi hỏi người thi công, vận hành hệ thống phải nắm bắt được chi tiết và buộc phải tuân thủ các quy định an toàn cháy trong hệ thống.

Với các vụ cháy do con người tác động như phá hoại, đốt phá thì cần thiết phải có những công cụ, thiết bị giám sát an ninh ở khu vực soát vé cũng như ở khu vực các ga từ bên ngoài trên bề mặt đất, tránh mang các thiết bị cháy nổ vào trong hệ thống, đặc biệt là khi xuống các hầm sâu ga bên dưới mặt.

#### 4. KẾT LUẬN

➢ Cháy trong các đường hầm thường gây nguy hiểm, thiệt hại nghiêm trọng cho người, các phương tiện vận tải, thiết bị trong hầm cũng như các cấu trúc vỏ hầm. Thiệt hại nhẹ có thể là người bị thương, đình trệ giao thông, trong bốc vỏ hầm, thiệt hại nặng có thể làm tê liệt giao thông đường hầm, sập đổ kết cấu đường hầm và đường hầm buộc phải đóng cửa sửa chữa. Để tránh những rủi ro do cháy gây nên thì ngay trong khi thiết kế người thiết kế cần quan tâm đến các biện pháp chống cháy như: vật liệu chống giữ có tính chống cháy như bê tông chống cháy, vật liệu tổng hợp chống cháy, bê tông sợi thép chống cháy; các thiết bị lắp đặt trong hầm cũng phải là thiết bị có tính cách nước, chống cháy cao. Phải thiết kế hệ thống chống cháy, dập cháy cố định đặt trong hầm cũng như hệ thống chống cháy tự động bằng các cảm biến để khi có cháy thì hệ thống lập tức phun nước dập cháy trong hầm. Khi thiết kế cũng cần thiết kế và lắp đặt hệ thống cấp cứu, các chốt điện thoại báo cháy, báo nguy hiểm, các chỉ dẫn, các lối thoát hiểm. Đặc biệt quan tâm lưu ý và theo dõi sát sao việc vận hành đường hầm qua các camera từ phòng điều phối giao thông và quản lý vận hành đường hầm;

➢ Khi thiết kế đường hầm tránh rủi ro lớn khi cháy đến cấu trúc vỏ hầm cũng có thể sử dụng lớp tấm chống cháy thứ 2 phía trong đường hầm, việc lắp đặt nên để một khoảng hở nhất định so với lớp vỏ bê tông chống giữ đường hầm vì như vậy sẽ giảm được sức nóng cũng như ảnh hưởng xấu do tác động của lửa cháy đối với cấu trúc vỏ hầm;

➢ Cần phải có những công cụ, thiết bị giám sát an ninh ở khu vực soát vé cũng như ở khu vực các ga từ bên ngoài bề mặt đất, cấm và chống mang các thiết bị cháy, nổ vào trong hệ thống;

➢ Với người tham gia giao thông trong hầm nhất thiết phải tuân thủ theo các quy định sử dụng, vận hành đường hầm, không được hút thuốc lá hay làm phát lửa khi đi qua đường hầm. Đặc biệt là khi hệ thống thông gió trong đường hầm gặp phải vấn đề kỹ thuật □



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Thụy Đăng (2005). Phòng chống cháy nổ, cháy xe trong hầm Hải Vân. Tạp chí Người Xây dựng.
2. Trần Xuân Hà (chủ biên), Đặng Vũ Chí, Nguyễn Cao Khải (2014). Giáo trình Thông gió mỏ. NXB Khoa học Kỹ thuật.
3. Nguyễn Văn Sung (2002). Tối ưu hóa các thông số của phương pháp thông gió đường lò dài, áp dụng với những mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh, Luận án tiến sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất.
4. Eurocode 2, "Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design." 2004.
5. M. Choinska, A. Khelidj, G. Chatzigeorgiou, and G. Pijaudier-Cabot, (2007) "Effects and interactions of temperature and stress-level related damage on permeability of concrete," Cem. Concr. Res., vol. 37, no. 1, pp. 79–88, Jan. 2007, doi: 10.1016/j.cemconres.2006.09.015.
6. F.-J. Ulm, P. Acker, and M. Levy (1999), "The 'chunnel' fire. ii: analysis of concrete damage," J. Eng. Mech., vol. 125, no. 3, Mar. 1999, Accessed: Oct. 04, 2020. Online.. Available: <https://trid.trb.org/view/500300>
7. J. Novak and A. Kohoutkova (2018), "Mechanical properties of concrete composites subject to elevated temperature - ScienceDirect," Fire Saf. J., vol. 95, pp. 66–76, 2018.
8. V. Kodur (2020), "Properties of Concrete at Elevated Temperatures," ISRN Civil Engineering, 2014. <https://www.hindawi.com/journals/ism/2014/468510/> (accessed Apr. 28, 2020).
9. QCVN 06: 2020/BXD Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia An toàn cháy cho nhà và công trình.
10. Safe working in tunnelling, prepared by the ITA working group "Health and safety" and financed by TBG and ITA.
11. Fire safety guidelines for road tunnels, Australian Fire Authorities Council, 2001.
12. Волков В.П., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н. (1964), Тоннели и метрополитены. М., «Транспорт», 626с.

## LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài nghiên cứu cấp Bộ Xây dựng "Nghiên cứu đề xuất các giải pháp an toàn phòng, chữa cháy khi xây dựng và vận hành hệ thống tàu điện ngầm", mã số RD46-22

## FIRE IN METRO TUNNELS - WORLD'S EXPERIENCES AND LESSONS FOR VIETNAM

Dang Trung Thanh, Tran Tuan Minh, Nguyen Duyen Phong, Pham Duc Tho

## ABSTRACT

*Fires in metro tunnels are not only a danger to passengers, people, and train equipment, but also a danger to the tunnel structure and the operation of the metro system. In Vietnam today, the trend of construction and development of underground spaces, including underground works for transportation, especially the urban subway system, is getting more and more attention. The process of fires will lead to system disruption of passenger transportation in cities, which requires consideration of fire protection requirements during the construction and operation of the system. The article introduces the causes of fires in metro tunnels and proposes options and solutions to minimize the impact of fire on the construction and operation of this superior transportation system.*

**Keywords:** Metro tunnels, tunnel fires, accident, solutions, lining reinforcement.

**Ngày nhận bài:** 18/4/2023;

**Ngày gửi phản biện:** 20/4/2023;

**Ngày nhận phản biện:** 06/6/2023;

**Ngày chấp nhận đăng:** 10/6/2023.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.