

Nghiên cứu đề xuất giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm

Đào Huy Hoàng¹, Trần Anh Tuấn², Tống Anh Tuấn², Nguyễn Viết Thanh², Trần Tuấn Minh³,
Nguyễn Duyên Phong³, Phạm Đức Thọ³, Nguyễn Lê Đạt⁴, Đặng Trung Thành^{3,*}

¹Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, Vĩnh Long

²Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội

³Trường Đại học Mỏ - Địa chất

⁴Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội

TÓM TẮT

Ba thập kỷ qua, nhiều nghiên cứu về sự cố cháy trong công trình ngầm (CTN) đã được thực hiện. Trong khi thi công CTN, hệ thống phòng cháy chữa cháy (PCCC) thông thường chưa hoàn thiện, ở trạng thái không hoạt động hoặc hoạt động nhưng không hiệu quả, do đó công tác cứu hộ, cứu nạn thường được thực hiện độc lập. Trước khi hầm thông, đường hầm là đường "cụt" nên các hoạt động sơ tán, cứu hộ, cứu nạn gặp nhiều khó khăn. Thi công CTN là công việc phức tạp, đòi hỏi kỹ thuật, công nghệ và nhiều chuyên gia, tổ chức đến từ nhiều quốc gia cùng tham gia xây dựng. Khi xảy ra sự cố, hai điều kiện trên ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng báo động và tính chính xác của thông tin chuyển đến đội cứu hộ và người đang tham gia xây dựng. Chỉ huy hoạt động cứu hộ, cứu nạn phải chuẩn bị các phương án PCCC cho các tình huống phức tạp mà các phương án cứu hộ thông thường không thể thực hiện. Trong bài báo, nhóm tác giả đề xuất các phương án cứu hộ, cứu nạn trong các tình huống cụ thể để đội cứu hộ, cứu nạn có thể linh hoạt áp dụng cho hoạt động PCCC trong quá trình thi công CTN.

Từ khóa: công trình ngầm; phòng cháy chữa cháy; cứu hộ; cứu nạn

1. Đặt vấn đề

Đô thị hóa và dân số tăng nhanh tại các thành phố lớn trên thế giới nên việc xây dựng hệ thống tàu điện ngầm ở các thành phố này là điều phải thực hiện. Hơn 100 năm trước London là thành phố duy nhất có dân số lớn hơn 7 triệu, là nơi đầu tiên xây dựng và sử dụng hệ thống tàu điện ngầm. Đến nay thế giới đã có hơn 300 thành phố có dân số lớn hơn 1 triệu, trong đó có hơn 30 siêu thành phố có dân số lớn hơn 10 triệu và dẫn đầu là Tokyo có 37 triệu người. Hiện nay, trên toàn thế giới có 190 thành phố có hệ thống tàu điện ngầm đang đi vào hoạt động hoặc đang xây dựng, trong đó có 140 thành phố có dân số hơn 1 triệu. Có nghĩa là còn 160 thành phố trên thế giới có hơn 1 triệu dân vẫn chưa xây dựng hệ thống tàu điện ngầm và hầu hết tập trung ở Châu Á. Do vậy, tiềm năng phát triển công nghiệp xây dựng CTN ở Châu Á là rất lớn. Đây là cơ hội nghiên cứu, phát triển công nghệ thi công CTN nhưng thực tế chứng minh rằng trong quá trình thi công, để tuân thủ tiến độ đã xảy ra nhiều sự cố, trong đó có sự cố cháy. Do đó, việc đảm bảo an toàn cháy tại công trường cũng như đảm bảo hoạt động cứu hỏa và cứu hộ hiệu quả trong trường hợp xảy ra sự cố cháy là những nhiệm vụ quan trọng đối với nhà thầu xây dựng.

Khác với công trình trên bề mặt, hỏa hoạn trong đường hầm có rất nhiều điểm bất lợi đặc biệt là trong hệ thống các đường hầm tàu điện ngầm. Trong giai đoạn thi công, lối thoát hiểm thường có chiều dài lớn và chỉ hoạt động theo một hướng do đường hầm chưa thông. Điều này có nghĩa là lối thoát hiểm, đường thoát khí, thoát khói khi xảy ra hỏa hoạn và đường ứng phó sử dụng cho phương án cứu hộ, cứu nạn là đường hầm một chiều và chưa hoàn thiện. Một số vụ hỏa hoạn xảy ra trong khi thi công đường hầm trong hai thập kỷ gần đây cho thấy nhiều khó khăn khi thực hiện hoạt động cứu hỏa, cứu hộ (Kumm 2006). Trong bài báo, nhóm tác giả tập trung phân tích các khó khăn khi thực hiện cứu hộ, cứu nạn trong đường hầm và đề xuất giải pháp, khuyến nghị để công tác PCCC hiệu quả.

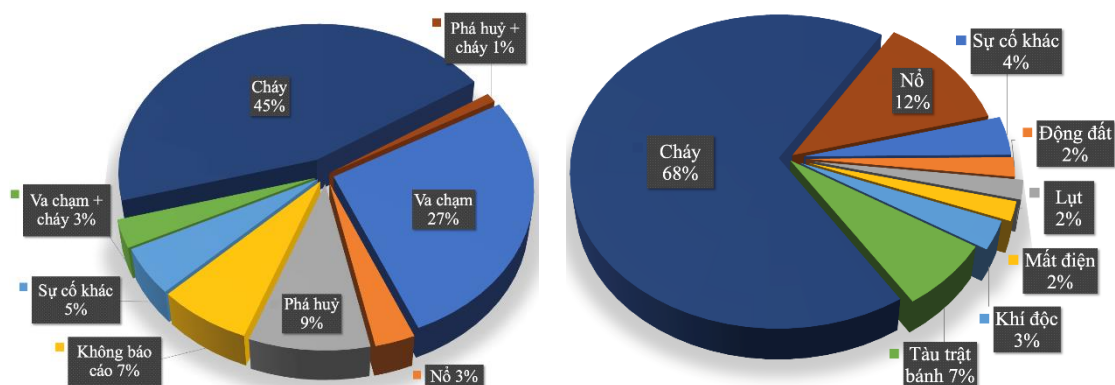
2. Nguyên nhân gây sự cố

Sự cố trong hệ thống tàu điện ngầm là mối nguy hiểm lớn đối với tính mạng con người và gây thiệt hại lớn về tài sản cho cơ sở hạ tầng. Theo nghiên cứu của UNECE của Ủy ban Kinh tế Liên hợp quốc về Châu Âu "Phân tích rủi ro tai nạn trong đường hầm" đã phân tích 176 trường hợp sự cố trong đường hầm metro

* Tác giả liên hệ

Email: dangtrungthanh@hutm.edu.vn

ở Châu Âu thì trong số này, 49% sự cố có liên quan đến hỏa hoạn và có 68% sự cố có liên quan đến hỏa hoạn tại Trung Quốc (Hình 1).



Các nguyên nhân gây sự cố trong HTTĐN ở Châu Âu

Các nguyên nhân gây sự cố trong HTTĐN ở Trung Quốc

Hình 1. Tổng quan về các nguyên nhân gây sự cố (Konrad và Sandro 2004).

3. Một số giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm

3.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động PCCC

Công tác cứu hộ và cứu nạn trong đường hầm là một công việc phức tạp, khó khăn gấp nhiều lần nếu so sánh với công tác PCCC ở công trình trên mặt. Thực tế chỉ ra có bốn yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hoạt động PCCC khi xây dựng và vận hành CTN.

3.1.1 Công tác chuẩn bị

Trong đường hầm thông thường có nhiều người tham gia thi công, chiều dài đường hầm liên tục thay đổi và được thi công bởi nhiều nhà thầu đến từ nhiều quốc gia. Các nhà thầu thi công các hạng mục trong đường hầm nhiều khi không liên lạc với nhau cho đến khi đường hầm được thông. Sau khi thông hầm, các nhà thầu làm việc gần nhau, liên lạc dễ dàng hơn nhưng điều kiện PCCC, cứu hộ, cứu nạn hay khả năng sơ tán bị ảnh hưởng trực tiếp từ các đơn vị, nhà thầu đang thi công này. Công trường xây dựng đường hầm tồn tại nhiều trang thiết bị gây nguy hiểm cho công tác cứu hộ, cứu nạn như: bình gas, các kho chứa hoặc chính các phương tiện thi công. Chính vì lý do đó, phải lập kế hoạch, lên kịch bản cho các tình huống sự cố xảy ra do cháy và kèm theo bản đồ đánh dấu các rủi ro, tuyến đường cứu hộ, sơ tán và các buồng cứu hộ. Việc diễn tập cứu hộ thường xuyên có tầm quan trọng rất lớn trong công tác PCCC. Các cuộc diễn tập giúp các nhà thầu và các đơn vị cứu hộ, cứu nạn có cơ hội kiểm tra tình trạng hoạt động của các trang thiết bị và phản ứng của các nhà thầu, cá nhân tham gia thi công. Các nhà thầu có trình độ, kiến thức, văn hoá và ngôn ngữ khác nhau nhưng luôn phải đảm bảo trong trường hợp hỏa hoạn, tất cả các đơn vị cho đến từng cá nhân đều có thể liên lạc, cung cấp thông tin đúng, chính xác để hoạt động cứu hỏa, cứu hộ và cứu nạn đạt hiệu quả.

3.1.2. Nhân sự

Công tác cứu hộ, cứu nạn là công việc phức tạp, người chỉ huy thường phải đưa ra quyết định trong điều kiện thiếu thông tin, hiện trường vụ cháy thay đổi nhanh do các lý do ngoài tầm kiểm soát. Do đó người chỉ huy hoạt động cứu hộ, cứu nạn phải là người có kinh nghiệm, kiến thức và trình độ. Dựa trên thông tin từ các nhà thầu, người đứng đầu các khu vực đang thi công và công nhân tại hiện trường, người chỉ huy hoạt động PCCC phải có khả năng hiểu, phán đoán rủi ro có thể xảy ra để có thể đưa ra được phương án cứu hộ đảm bảo an toàn về người và tài sản (Bergqvist, 2006). Một dự án xây dựng đường hầm thường có nhiều nhà thầu quốc tế, ngôn ngữ giữa các nhà thầu có thể khác nhau. Do đó việc tìm một ngôn ngữ chung để tất cả người tham gia thi công có thể nói, giao tiếp, truyền thông tin trong trường hợp xảy ra sự cố là khó. Đây không chỉ là vấn đề đối với lực lượng cứu hộ, cứu nạn mà còn là vấn đề an toàn lao động cho người lao động tham gia thi công. Do đó tại công trường nên lựa chọn 01 ngôn ngữ làm việc chung mà càng nhiều người hiểu và giao tiếp được thì càng tốt.

3.1.3. Phương pháp cứu hộ

Một số trường hợp khi xảy ra cháy trong đường hầm lực lượng PCCC phải sử dụng các thiết bị chuyên dụng làm nguồn lực hỗ trợ để có thể thực hiện được hoạt động cứu hỏa và cứu hộ. Một nhiệm vụ quan trọng để hỗ trợ hoạt động cứu hỏa, cứu hộ là làm cho đường hầm càng ít khói càng tốt và giảm thiểu sự tiếp xúc

nhật của lực lượng PCCC. Tốc độ di chuyển đến hiện trường vụ cháy sẽ tăng và hoạt động cứu hỏa, cứu hộ có thể được thực hiện ở khoảng cách xa hiện trường vụ cháy khi đường hầm không phát sinh khói. Bên cạnh đó thời gian chữa cháy, cứu hộ sẽ dài hơn khi mức độ tiếp xúc nhiệt của lính cứu hỏa ít.

Trường hợp có thể chủ động điều tiết, sử dụng hệ thống thông gió cấp khí sạch tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động cứu hỏa và cứu hộ. Nếu hệ thống thông gió không tốt, khói chỉ tập trung xung quanh nguồn nhiệt, chiều dày lớp khói khuếch tán lớn và toả đều làm cản trở lực lượng cứu hộ tiếp cận chữa cháy bằng nước vì khoảng cách phun nước bị hạn chế bởi chiều cao đường hầm. Trong một số trường hợp, vận tốc thông gió cao làm tăng tốc độ giải phóng nhiệt (Carvel và nnk, 2004) làm cải thiện tầm nhìn và đây là một yếu tố quan trọng mà người chỉ huy hoạt động cứu hộ phải cân nhắc các phương án cứu hộ.

Quãng đường vận chuyển trang thiết bị trong đường hầm đến hiện trường vụ cháy có thể rất xa. Do đó, nên sử dụng bất kỳ phương tiện vận chuyển nào như toa xe, đoàn goòng được điều khiển bằng tay đơn giản hoặc các thiết bị có thể hoạt động cả trên ray và đường bộ. Phương tiện vận chuyển có thể chở máy thở, chất lỏng có bọt, trang thiết bị cứu hộ hoặc bất thiết bị nào phục vụ PCCC tại hiện trường. Nếu thiết bị vận chuyển đủ lớn có thể sử dụng vận chuyển những người bị thương đến vị trí an toàn.

Với các sự cố xảy ra và không có người bị mắc kẹt thì phương án đề cử tự tắt được đề xuất. Trường hợp cháy nghiêm trọng và không thể cứu hỏa thì nên sử dụng phương tiện vận chuyển đưa lực lượng cứu hộ đến hiện trường để cứu người mắc kẹt, sơ tán đến nơi an toàn.

3.1.4. Hiện trạng, hiện trường thực tế

Hệ thống trang thiết bị an toàn nói chung và an toàn PCCC chữa cháy nói riêng thông thường chưa hoàn thiện hoặc đã được lắp đặt nhưng hoạt động không hiệu quả trong khi thi công CTN. Tuy nhiên phải luôn đảm bảo đủ lượng nước để trong trường hợp khẩn cấp có giải pháp sử dụng nước để cứu hộ. Việc thiếu không gian trong quá trình thi công làm chậm tốc độ di chuyển của lực lượng cứu hộ (Bergqvist và nnk 2001). Khi xảy ra sự cố cháy thì đường hầm là tuyến cứu hộ nhưng đây cũng là nơi làm việc của các nhà thầu, đơn vị thi công với nhiều trang thiết bị, vật liệu là nguồn gây rủi ro cho lực lượng cứu hộ. Ngoài ra các điều kiện ngoài đường hầm như: thời tiết và hướng gió có thể hỗ trợ hoặc cản trở hoạt động cứu hộ.

Có hai điều kiện chính ảnh hưởng đến tiến độ của hoạt động cứu hộ:

- Có người bị kẹt, trong khu vực nhiều khói hoặc trong buồng cứu hộ, không có khả năng tự cứu;
- Khả năng phát triển của đám cháy và tốc độ giải phóng nhiệt là hai tham số độc lập hoặc kết hợp với nhau sẽ thay đổi cách tiếp cận, đưa ra kịch bản cho hoạt động cứu hộ và cứu nạn.

3.2. Diễn tập PCCC

Theo kết quả nghiên cứu của Thụy Điển (Bergqvist và nnk, 2001), tốc độ di chuyển của lực lượng cứu hộ trong khoảng 5÷8 m/phút trong đường hầm đầy khói. Tuy nhiên theo cuộc diễn tập sơ tán và cứu hộ được thực hiện tại Đường hầm Hallandsås ở Thụy Điển thì tốc độ di chuyển lại chậm hơn. Hoạt động PCCC trong đường hầm là sự kết hợp làm việc của một số đội, làm việc luân phiên, các đội cứu hộ phía trước sẽ hoạt động chậm hơn do thiếu thông tin so với các đội cứu hộ phía sau. Ngoài ra, cuộc diễn tập ở đường hầm Hallandsås đã đưa ra kết luận về tầm quan trọng của việc liên lạc giữa các đội cứu hộ và các đơn vị tham gia thi công như sau:

- Quan trọng nhất là xác định được chính xác số người mắc kẹt trong hầm. Số liệu không chính xác dẫn đến việc đưa ra các phương án cứu hộ không phù hợp, mất thời gian.

- Cập nhật vị trí có thể xảy ra rủi ro trong đường hầm là thông tin có giá trị cho lực lượng cứu hộ. Xe máy, trang thiết bị, nguyên vật liệu nếu được thông tin đầy đủ về chủng loại, số lượng, loại nhiên liệu và các chất lỏng có thể gây cháy sẽ giúp ích rất nhiều trong việc ra quyết định về các giải pháp cứu hộ.

3.3. Kinh nghiệm từ các vụ cháy

Cháy đường hầm trong giai đoạn thi công không chỉ gây thiệt hại về người và kinh tế mà làm gián đoạn thi công, ảnh hưởng đến tiến độ dự án, làm giảm uy tín nhà thầu và ảnh hưởng đến môi trường. Một số vụ hỏa hoạn đã xảy ra ở các mức độ khác nhau gây thiệt hại về người, kết cấu, kế hoạch và tiến độ thi công CTN trong hơn hai mươi năm qua.

Tháng 3 năm 2002, đoàn tàu vận tải cháy trong đường hầm A86 ở Paris, công nhân cố gắng dập lửa nhưng không thành công. Ngọn lửa lan sang thùng nhiên liệu và băng tải vận chuyển đất đá thải của máy đào hầm (Tunnel Boring Machine) 19 công nhân bị mắc kẹt trong buồng cứu hộ, sau 7 tiếng lực lượng cứu hộ mới tiếp cận được và đưa ra khỏi đường hầm. Việc thực hiện một số cuộc diễn tập PCCC trong đường hầm trước đó đã chứng minh giá trị khi sự cố xảy ra, lực lượng cứu hộ đã rất chủ động trong công tác cứu hộ dù phải đi trong khói dày đặc. Đội cứu hộ Paris xác nhận: do tổ chức các cuộc diễn tập, có kế hoạch dự phòng và được đầu tư trang thiết bị chuyên dụng đã làm nên sự thành công của chiến dịch PCCC này.

Tháng 9 năm 2009, pin máy khoan hầm đã bốc cháy khi đang hoạt động trên tuyến City Line (Stockholm). Khi sự cố cháy xảy ra, khói tràn lan trong hệ thống 12 ga tàu điện ngầm Stockholm và các ga phải tạm đóng cửa. Nguyên nhân vụ cháy là do cáp sạc nối với pin không đủ bền, điện trở cao gây hiện tượng hồ quang điện làm cháy pin và vật liệu xung quanh. Vụ cháy không nghiêm trọng, rủi ro thấp, cháy chậm nên lực lượng cứu hộ có thể tiếp cận nguồn cháy để dập lửa nhưng gây khói dày đặc. Do dây sạc bên ngoài, pin đặt bên trong nên khi xảy ra hỏa hoạn thì khó dập tắt và có thể bùng phát trở lại nhiều lần. Khi hỏa hoạn xảy ra, giám đốc quản lý sự cố tại hệ thống tàu điện ngầm Stockholm đã cung cấp đầy đủ thông tin, chính xác và chi tiết cho người chỉ huy lực lượng cứu hộ về cơ sở vật chất, các rủi ro..., giúp việc đưa ra phương án đóng cửa các ga tàu điện ngầm được dễ dàng.

3.4. Các kịch bản

Trong dự án: “Quản lý rủi ro trong quá trình thi công CTN” do MSB (cơ quan tình trạng khẩn cấp của Thụy Điển) tài trợ, nhiều kịch bản cứu hộ được mô hình hóa và nghiên cứu. Các kịch bản được trình bày trong bảng 1 (Ingason và nnk, 2010).

Bảng 1. Kịch bản cháy khi thi công hầm, hiện trường cách gương hầm 1.7km (Ingason và nnk 2010).

Kịch bản	Nguồn cháy	Vị trí	Điều kiện	Ghi chú
A	Máy khoan, xe xúc lật, phương tiện nổ mìn	Gương hầm	-	Trước khi thông hầm
B	Xe Bus (cho người tham quan)	Ở giữa hầm, ở giữa gương hầm và cửa hầm	Người tham quan, số lượng: 50 người	Trước khi thông hầm
C	Xe rơi móc hoặc xe xúc lật	Ở giữa hầm, ở giữa gương hầm và cửa hầm	Xe đầu kéo dễ gây cháy	Trước khi thông hầm
D	Xe Bus (cho người tham quan)	Ở giữa hầm	Người tham quan, số lượng: 50 người	Sau khi thông hầm
E	Cháy cáp hoặc cháy xe bán tải	Ở giữa hầm		Sau khi thông hầm
F	Số lượng người và trang thiết bị cách ly lớn, đám cháy dễ lan và phát triển nhanh trong hầm	¼ đường hầm (tính từ cửa hầm)	-	Sau khi thông hầm

3.5. Hoạt động cứu hộ cho các kịch bản

Nhìn chung, lực lượng cứu hộ thường có 02 chiến lược chính: chủ động (chữa cháy) hoặc bị động (không chữa cháy), và không kết hợp hai chiến lược này trong cùng một chiến dịch. Có 05 cách tiếp cận chiến thuật khác nhau, được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp với nhau để xử lý tình huống cháy trong đường hầm. Những cách tiếp cận chiến thuật này có thể được kết hợp theo những cách khác nhau như sau:

- Số 1. Chữa cháy từ bên trong đường hầm với mục đích dập lửa và cứu người gặp nguy hiểm;
- Số 2. Hỗ trợ, cứu nạn người gặp nguy hiểm từ bên trong đường hầm và đưa họ đến môi trường an toàn;
- Số 3. Kiểm soát thông gió trong đường hầm với mục đích đưa khói ra xa người gặp nguy hiểm hoặc hỗ trợ hoạt động chữa cháy (Bergqvist 2006);
- Số 4. Chữa cháy từ vị trí an toàn để giảm hậu quả của vụ cháy;
- Số 5. Chăm sóc những người không cần sự trợ giúp đã tự sơ tán mình đến môi trường an toàn.

Trong điều kiện tối ưu có thể sử dụng tất cả các phương pháp tiếp cận chiến thuật cùng một lúc. Tuy nhiên đây không phải là tình huống bình thường trong các trường hợp khẩn cấp do nguồn lực phục vụ công tác cứu hộ, cứu nạn luôn hạn chế trong điều kiện thực tế.

Kịch bản A, chỉ có đường hầm và phương tiện xe máy bốc cháy bị đe dọa bởi hỏa hoạn do vị trí sát với gương hầm. Vì hiện trường vụ cháy cách khá xa cửa hầm, nơi có thể bắt đầu hoạt động cứu hộ. Do đó, việc cứu hộ trong trường hợp này rất phức tạp và sẽ khó đạt được hiệu quả do đường hầm chật, hẹp, nhiều khói. Trước khi có phương án tiếp cận hiệu quả, cần phải kiểm soát được không khí trong hầm. Tuy nhiên việc kiểm soát không khí và giảm khói trong đường hầm không dễ dàng nếu không có hệ thống thông gió được lắp đặt sẵn và đang hoạt động. Qua đó thấy rằng cách tiếp cận số 5 là tối ưu, kiểm soát tình hình từ bên ngoài đường hầm và hỗ trợ y tế những người tự sơ tán mình đến môi trường an toàn.

Bảng 2. Phương án cứu hộ trong đường hầm đang thi công (Bergqvist, 2006)

Kịch bản	Phương án cứu hộ
A	Số 5 Số 4 hoặc 2 trong trường hợp xe chuyên dụng luôn ở trạng thái sẵn sàng
B	Số 1 kết hợp với số 2 và 5
C	Số 1 trong trường hợp đám cháy phát triển chậm và/hoặc nếu có người bị mắc kẹt trong tình huống nguy hiểm, các trường hợp khác chọn số 5
D	Số 1 kết hợp với số 3, 2 và 5
E	Số 3 kết hợp với số 1
F	Số 3 kết hợp với số 4

Kịch bản B, rất khó xử lý do toàn bộ hành khách đang kẹt trên xe buýt. Trong tình huống này, việc không sử dụng chiến thuật chủ động (không triển khai cứu nạn cứu hộ) là không được chấp nhận. Tùy thuộc vào diễn biến, phát triển của lửa và khói có thể tạo ra sự khác biệt trong các tình huống cụ thể. Cách duy nhất để xử lý sự cố là chữa cháy, dập tắt đám cháy trên xe bus và có phương án giải cứu người trên xe buýt và hỗ trợ y tế bên ngoài đường hầm sẽ là chiến lược cho kịch bản B.

Kịch bản C, phương án tiếp cận phụ thuộc vào diễn biến của đám cháy và khả năng sinh khói. Đám cháy phát triển nhanh với lượng khói lớn sẽ rất phức tạp để xử lý và giống với kịch bản A. Vị trí đám cháy ở giữa đường hầm, có thể có người bị mắc kẹt dẫn đến việc lựa chọn phương án cứu hộ khó khăn. Nếu đám cháy phát triển chậm, tạo ít khói, có người bị mắc kẹt, thì cách tiếp cận là chủ động, sử dụng hoạt động cứu hộ cứu nạn. Trường hợp đám cháy phát triển nhanh, nhiều khói và không có người bị mắc kẹt, thì cách tiếp cận là hỗ trợ y tế trong môi trường an toàn bên ngoài đường hầm.

Kịch bản D, các phương án cứu hộ đa dạng hơn do hầm thông. Khi hầm thông, việc kiểm soát thông gió dễ dàng hơn và có ít nhất hai lối tiếp cận đám cháy. Do đó, đầu tiên lực lượng cứu hộ cần xác định hướng gió, kiểm soát hệ thống thông gió, đưa khí sạch vào đường hầm, thực hiện hoạt động cứu hộ, đưa người đến vị trí an toàn và hỗ trợ y tế bên ngoài đường hầm.

Kịch bản E là sự cố cháy có lửa nhỏ nhưng có khả năng tạo nhiều khói. Nếu không có người gặp nguy hiểm thì cần xử lý khói. Lực lượng cứu hộ kiểm soát thông gió, đưa khí sạch vào đường hầm, đội cứu hộ tiếp cận đám cháy và chữa cháy.

Kịch bản F, sự cố cháy có khả năng phát triển nhanh và tạo nhiều khói, do đó chiến lược phòng thủ được chọn. Khí sạch được đưa vào đường hầm bằng hệ thống thông gió và phương án phòng thủ được thực hiện để giảm tác động đến việc xây dựng đường hầm.

Hoạt động cứu hộ, cứu nạn khi xảy ra cháy trong đường hầm là một công việc rất phức tạp và khó khăn. Khi sự cố cháy xảy ra, lực lượng cứu hộ cùng với các nhà thầu, đơn vị tham gia thi công phải cùng nhau xử lý. Việc thực hiện diễn tập PCCC và lên kế hoạch dự phòng không thể giải quyết triệt để vấn đề mà phải tập trung vào giải quyết những khó khăn trong quá trình thi công, đây là vấn đề khó xử lý hơn nhiều trong tình huống sự cố hỏa hoạn xảy ra.

4. Kết luận và thảo luận

Rủi ro cháy trong đường hầm trong khi thi công luôn rình rập và có thể xảy ra bất cứ lúc nào. Cháy có thể thiêu rụi mọi thứ xung quanh, gây tổn thất về người, trang thiết bị, kéo dài thời gian thi công, đẩy giá thành thi công lên cao. Hoạt động cứu hộ, cứu nạn trong đường hầm phụ thuộc nhiều yếu tố: môi trường, điều kiện thi công, trang thiết bị và đường hầm đã thông hay "cụt". Qua phân tích có thể nhận ra rằng nếu xảy ra cháy lớn trong đường hầm thì giải pháp cứu hộ, cứu nạn trực tiếp sẽ không thể xử lý triệt để được sự cố, đặc biệt trong "cụt". Lực lượng PCCC phải được đầu tư các trang thiết bị chuyên dụng, được diễn tập và có các phương án cứu hộ cụ thể trong trường hợp cháy lớn. Mặt khác, những tham gia thi công cũng cần được đào tạo và chuẩn bị cho các trường hợp hỏa hoạn. Trường hợp sự cố xảy ra cần tạo điều kiện, cơ hội để người mắc kẹt có thể sơ tán đến vị trí an toàn. Cháy trong đường hầm chỉ thực sự khó khăn khi vẫn có người bị mắc kẹt, ngay cả trong trường hợp họ đang an toàn "tạm thời" như trong buồng cứu hộ. Trường hợp tối ưu là sơ tán người kẹt trong hầm ngay trong thời gian đám cháy bùng phát. Điều này có thể thực hiện bằng cách hạn chế khói, làm giảm hoặc ngăn chặn khói lan tràn dọc đường hầm. Ngoài ra có thể thực hiện các giải pháp: dùng vòi phun nước trên các phương tiện vận tải, lựa chọn vật liệu xây dựng và tổ chức phòng chống cháy để giảm sự phát triển của đám cháy nếu sự cố cháy xảy ra.

Tài liệu tham khảo

- Kumm M, "Tunnel fire in Eurotunnel Link under construction 17th of August 2005", Mälardalen University, Working paper MdH Ist 2006.
- Ingason H, Lönnemark A, Frantzich H, Kumm M, *Fire Incidents during Construction of Tunnels - part I*, Swedish Civil Contingencies Agency (MSB), draft report 2010.
- Bergqvist, A, "What can the fire brigade do about tunnel fires?", *2nd International Symposium on Tunnel safety and Security - ISTSS*, pp 277-288, Madrid, Spain, 15th-17th of March, 2006.
- Ingason, H, Bergqvist A., Lönnemark A., Frantzich H., and Hasselrot, K., "Rescue Operation in Road Tunnels (Räddningsinsatser i vägtunnlar)" (in Swedish), Räddningsverket, P21-459/05, 2005.
- Carvel R O, Beard A N, Jowitt P.W, "The Influence of Longitudinal Ventilation and Tunnel Size on HGV Fires in Tunnel", Interflam 2004, Edinburgh, Scotland, 5-7 July, 2004, pp 815-820.
- Bergqvist A, Frantzich H, Hasselrot K and Ingason, H, "Rescue Operations i Tunnel Fires" (In Swedish), The Swedish Rescue Services Agency, SRV report P21-391/01, 2001.
- Konrad B, Sandro F, "Causes and Frequency of Incidents in Tunnels" trong Brennero (TL), ENEA, CERTH-HIT, STUVA, ARUP, ELTODO, 2004.

ABSTRACT

Research and propose solutions for fire prevention and fighting during underground construction

Dao Huy Hoang¹, Tran Anh Tuan², Tong Anh Tuan², Nguyen Viet Thanh², Tran Tuan Minh³,
Nguyen Duyen Phong³, Pham Duc Tho³, Nguyen Le Dat⁴, Dang Trung Thanh³

¹Mien Tay Construction University, Vinh Long Province

²University of Transport and Communications, Hanoi

³Hanoi University of Mining and Geology

⁴Viettel Group

The past three decades, numerous studies related to incidents and fire safety in underground construction is conducted. During constructions of tunnels, the fire-fighting system is often incomplete, non-operational, or operates inefficiently, leading to rescue, and emergency activities usually being carried out independently. Before the breakthrough, the tunnel is a "dead-end" causing difficulties in evacuation, rescue, and emergency response. Underground construction is a challenging and complex process, demanding technical expertise, technology, and the involvement of many experts and organizations from various countries in the tunnel construction. In case of an incident, these conditions directly affect the alertness and quality of information transmitted to rescue and emergency teams as well as individuals involved in construction. The incident commander must prepare fire-fighting plans for complex situations where conventional methods and normal tactical approaches can be difficult to use. Within the paper, the author group proposes rescue plans for specific situations to allow flexibility in applying fire-fighting activities during underground construction processes. Additionally, based on experiences from actual fire incidents the challenges and limitations in rescue and emergency operations will be analyzed. Besides that, self-rescue solutions and support for fire-fighting operations are also discussed.

Keywords: underground construction; fire prevention; rescue