XÂY DỰNG QUY TRÌNH LẬP LUẬN CHỨNG KỸ THUẬT SỬ DỤNG MÔ PHỎNG CHÁY PHỤC VỤ ĐÁNH GIÁ AN TOÀN THOÁT NẠN CHO NGƯỜI
TECHNICAL JUSTIFICATION STUDY ON THE USE OF FIRE SIMULATION FOR EVALUATING OCCUPANT EGRESS SAFETY

Đỗ Duy Bốn[1], Phạm Anh Tuấn[2], Cao Duy Khôi[3]

[1,2,3]Viện Khoa học công nghệ xây dựng,
Email: [1]doduybon@gmail.com; [2]anhtuanpham.vn@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.59382/hnkh17-ibst.2025.ses2-3

TÓM TẮT: Tại nhiều quốc gia trên thế giới, hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn về an toàn cháy được xây dựng và hoàn thiện qua nhiều thập kỷ. Ở Việt Nam, hệ thống quy định pháp luật về PCCC ngày càng được hoàn thiện, các yêu cầu ngày càng nghiêm ngặt đối với việc đảm bảo an toàn cháy và an toàn thoát nạn cho người trong các công trình xây dựng. Tuy nhiên, trong thực tế một số công trình khó đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của quy chuẩn hiện hành. Trong trường hợp này, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023 cho phép có thể xem xét bổ sung, thay thế một số yêu cầu của quy chuẩn đối với các công trình cụ thể bằng các yêu cầu an toàn cháy phù hợp. Từ đó, phải có luận chứng kỹ thuật nhằm chứng minh mức độ an toàn của các phương án này. Bài báo trình bày các quy định cụ thể của QCVN 06 liên quan đến việc lập luận chứng kỹ thuật, cũng như các yêu cầu của các quy chuẩn và tiêu chuẩn nước ngoài liên quan đến việc xác định các thông số kỹ thuật phục vụ mô phỏng cháy trong đánh giá an toàn thoát nạn cho người, đồng thời đề xuất một quy trình lập luận chứng kỹ thuật nhằm đánh giá mức độ an toàn thoát nạn cho người trên cơ sở kết quả mô phỏng cháy. Quy trình này đóng vai trò như một công cụ định lượng có cơ sở khoa học, hỗ trợ việc chứng minh tính phù hợp của các phương án thiết kế trong những trường hợp áp dụng giải pháp thay thế so với yêu cầu quy chuẩn hiện hành.

TỪ KHÓA: Kỹ thuật an toàn cháy, an toàn thoát nạn, phần mềm mô phỏng động lực học đám cháy (FDS), mô phỏng cháy, thiết kế theo công năng, điều kiện an toàn.

ABSTRACT: *In many countries around the world, the system of regulations and standards on fire safety has been built and perfected over many decades. In Vietnam, the system of legal regulations on fire prevention and fighting is increasingly perfected, the requirements are increasingly strict to ensure fire safety and safe escape for people in construction works. However, in reality, some works find it difficult to fully meet the requirements of the current Regulations. In this case, the National Technical Regulation on Fire Safety for Houses and Constructions QCVN 06:2022/BXD and amendment 01:2023 allows the consideration of supplementing and replacing some requirements of the regulation for specific works with appropriate fire safety requirements. From there, there must be a technical discussion to demonstrate the safety level of these options. The article presents specific provisions of QCVN 06 related to the preparation of technical arguments, as well as requirements of foreign regulations and standards related to the determination of technical parameters for fire simulation in the assessment of escape safety for people, and proposes a technical argumentation process to assess the level of escape safety for people based on the results of fire simulation. This process acts as a scientifically based quantitative tool, supporting the demonstration of the suitability of design options in cases where alternative solutions are applied compared to the requirements of current regulations.*

KEYWORDS*: Fire safety engineering, egress safety, fire dynamics simulator (FDS), fire simulation, performance-based design, tenability criteria.*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

An toàn cháy đối với nhà và công trình là một trong những nội dung an toàn rất quan trọng, có ảnh hưởng trực tiếp đến sinh mạng và sức khỏe của con người, tài sản trong công trình, các công trình lân cận và chi phí đầu tư cho việc đảm bảo các yêu cầu về an toàn cháy.

Tại nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó có những nước lớn như Mỹ, Nga, Trung Quốc, EU, hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn (regulations, codes and standards) về an toàn cháy được xây dựng và hoàn thiện trong nhiều năm. Trong các hệ thống này, nhìn chung các quy định về an toàn cháy được xây dựng để phục vụ thiết kế an toàn cháy theo hai hướng:

1. Thiết kế theo các yêu cầu an toàn cháy "tiền định" (Prescriptive design): nghĩa là công trình được thiết kế đáp ứng các yêu cầu an toàn cháy với định lượng cụ thể, ví dụ nhà sản xuất hạng C, bậc chịu lửa IV, 1 tầng thì diện tích khoang cháy tối đa được 25000 m^2, v.v.;

2. Thiết kế riêng, đáp ứng một hoặc một số mục tiêu cụ thể gắn với đặc điểm của công trình: trường hợp này thường các quy chuẩn, tiêu chuẩn không có sẵn các yêu cầu tiền định và người thiết kế cần sử dụng các công cụ kỹ thuật an toàn cháy (fire engineering) để chứng minh các giải pháp an toàn cháy cụ thể có thể đảm bảo được các mục tiêu đã đề ra. Trong nhiều tài liệu, tiêu chuẩn quốc tế, công việc này được gọi là thiết kế theo công năng (Perfomance-based design).

Trong hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn về an toàn cháy cho nhà và công trình tại Việt Nam, chưa phổ biến khái niệm "thiết kế theo công năng", mà sử dụng thuật ngữ "luận chứng kỹ thuật".

Ở Việt Nam, từ năm 2022 trở về trước, hầu hết các công trình đều được thiết kế theo phương pháp tiền định, tuân thủ các yêu cầu của quy chuẩn, tiêu chuẩn. Ưu điểm của phương pháp này là có thể xác định được ngay các yêu cầu an toàn cháy với định lượng cụ thể, nhưng nhược điểm là có những trường hợp công trình khó đáp ứng được tất cả các yêu cầu an toàn cháy có sẵn. Luận chứng kỹ thuật vừa hay chính là giải pháp phù hợp để giải quyết các trường hợp này.

Từ sau năm 2022, trong QCVN 06 đã bổ sung các khái niệm, yêu cầu cơ bản về thiết kế sử dụng kỹ thuật mô phỏng cháy, nhằm tạo căn cứ pháp lý cho các thiết kế theo công năng một trong những công cụ chủ yếu để lập luận chứng kỹ thuật [1]. Do khuôn khổ và tính chất của quy chuẩn, không thể cung cấp các hướng dẫn chi tiết để thực hiện công việc này.

Để lập được luận chứng kỹ thuật, cần xác định mục tiêu lập luận chứng. Mục tiêu ở đây thường là đảm bảo an toàn cháy cho một hoặc một vài yếu tố nào đó, mà trong hầu hết các trường hợp phổ biến ở Việt Nam là đảm bảo an toàn cháy cho con người ở trong nhà.

Có thể nói, kỹ thuật an toàn cháy (fire safety engineering) là một lĩnh vực kỹ thuật phức tạp, bao hàm nhiều kiến thức chuyên môn rộng lớn, chẳng hạn như cơ sở lý - hóa của đám cháy, các đặc tính kỹ thuật về cháy của vật liệu, cấu kiện, kết cấu, sự phát triển đám cháy, sự trao đổi khí và trao đổi nhiệt, bảo vệ chống khói, khả năng vận động, di chuyển của người ở các độ tuổi, trạng thái, tâm lý khác nhau, tác động của các yếu tố nguy hiểm cháy đến con người,... Đó là chưa kể các kỹ năng sử dụng phần mềm mô phỏng, nghiên cứu lựa chọn số liệu đầu vào, phân tích, đánh giá kết quả đầu ra.

2. MỤC ĐÍCH CỦA LUẬN CHỨNG KỸ THUẬT

Từ phiên bản đầu tiên của QCVN 06:2010/BXD [2] đã đề cập đến khái niệm Luận chứng kỹ thuật, các phiên bản về sau đã làm rõ hơn. Có thể hiểu, bên cạnh việc thiết kế theo phương pháp tiền định thì có những trường hợp khó hoặc không thể tuân thủ một số yêu cầu của quy chuẩn, tiêu chuẩn. Lý do có thể là đặc điểm kiến trúc của công trình (chẳng hạn yêu cầu không gian rộng lớn vượt phạm vi quy định của quy chuẩn), hoặc do công trình được cải tạo mà không thể thay đổi quá lớn về kiến trúc, kết cấu nhà, hoặc do yêu cầu thẩm mỹ, thuận tiện trong sử dụng ở điều kiện thông thường, hoặc do chi phí đầu tư quá lớn, … Trong những trường hợp này, QCVN 06 cho phép có thể xem xét bổ sung, thay thế một số yêu cầu của quy chuẩn này đối với công trình cụ thể bằng các yêu cầu an toàn cháy phù hợp khác theo tài liệu chuẩn hoặc có luận chứng kỹ thuật phù hợp (1.1.10 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023).

Như vậy, mục đích cơ bản của luận chứng kỹ thuật là nhằm đưa ra các giải pháp để bổ sung, thay thế một hoặc một số yêu cầu tiền định về an toàn cháy của quy chuẩn QCVN 06.

QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023 đã làm rõ khái niệm về luận chứng kỹ thuật. Trước hết, trong trường hợp cần lập luận chứng kỹ thuật thì đây là một trong những nội dung của hồ sơ thiết kế về PCCC (1.5.4 QCVN 06:2022/BXD và sửa

đổi 01:2023). Điều này có nghĩa là, luận chứng kỹ thuật phải được lập bởi đơn vị thiết kế về PCCC có đủ năng lực thiết kế về PCCC theo quy định pháp luật và có kiến thức, kinh nghiệm chuyên môn phù hợp, và phải được thẩm duyệt bởi cơ quan Cảnh sát phòng cháy chữa cháy và cứu nạn cứu hộ (CS PCCC&CNCH) có thẩm quyền, theo quy định pháp luật hiện hành.

Cũng theo 1.5.4 của QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023, thì trong luận chứng cần trình bày *các giải pháp kỹ thuật để thay thế, bổ sung một số yêu cầu an toàn cháy của quy chuẩn này và cơ sở của các giải pháp kỹ thuật đó, trên nguyên tắc: đáp ứng các quy định nêu tại 1.5, phù hợp với mục đích của các yêu cầu an toàn cháy cần thay thế, bổ sung và phù hợp với các tài liệu chuẩn về thiết kế an toàn cháy được áp dụng.*

Như vậy, trong luận chứng kỹ thuật cần có 02 nội dung chính: 1) Giải pháp kỹ thuật thay thế, bổ sung yêu cầu của quy chuẩn; 2) Cơ sở luận chứng cho giải pháp đó, ví dụ:

- Nhà xưởng gia công và sơn thân xe ô tô, nếu theo quy chuẩn thì cần có bậc chịu lửa I, với giới hạn chịu lửa của cột và dầm là R 120. Tuy nhiên do điều kiện thực tế mà nhà xưởng không thể thi công bảo vệ kết cấu thép đạt đến giới hạn chịu lửa này. Như vậy, trong trường hợp khả thi thì cần lập luận chứng kỹ thuật, trong đó nêu các giải pháp kỹ thuật bổ sung, chẳng hạn như bảo vệ cục bộ một số cấu kiện kết cấu chịu lực lớn hoặc gần đám cháy giả định, cô lập các khu vực nguy hiểm cháy, tăng cường hệ thống chữa cháy tự động, giải pháp thoát khói giảm nhiệt trong nhà, v.v. Nên sử dụng mô phỏng cháy hay các tính toán phù hợp để xem xét, đánh giá, chứng minh tính khả thi, hiệu quả của các giải pháp bổ sung.

- Nhà công cộng, bố trí khu thương mại - dịch vụ ở tầng hầm sâu, có thể tập trung hàng nghìn người. Cần lập luận chứng kỹ thuật, nêu các giải pháp tăng cường, chẳng hạn như cô lập các khu vực nguy hiểm cháy, cảnh báo cháy sớm, hệ thống chữa cháy tự động và hút xả khói cưỡng bức, thiết lập các đường, lối thoát nạn nhanh chóng v.v. Cơ sở chứng minh có thể là các tính toán, mô phỏng cháy, mô phỏng sự lan truyền khói và mô phỏng quá trình thoát nạn của người, hướng đến mục tiêu là đảm bảo thoát nạn an toàn cho người trong khu vực đang xét, có kể đến hiệu quả của những giải pháp bổ sung.

Cơ sở của các giải pháp kỹ thuật thay thế có thể là: tính toán, mô phỏng cháy dựa trên kỹ thuật an toàn cháy (fire engineering); các tài liệu chuẩn về thiết kế an toàn cháy được áp dụng; hoặc các giải pháp kỹ thuật phù hợp khác (1.5.4 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023).

Như vậy, có 03 "nhóm" cơ sở chứng minh các giải pháp kỹ thuật thay thế, bổ sung: 1) Tính toán, mô phỏng cháy dựa trên kỹ thuật an toàn cháy (fire engineering); 2) Các tài liệu chuẩn về thiết kế an toàn cháy được áp dụng (chẳng hạn các tiêu chuẩn nước ngoài phù hợp); 3) Các giải pháp kỹ thuật phù hợp khác (chẳng hạn chứng minh bằng thực nghiệm, thử nghiệm, tính toán theo tiêu chuẩn). Theo đó, có thể thấy khái niệm "Luận chứng kỹ thuật" của QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023 có nội hàm rộng hơn mô phỏng cháy.

Nhóm 2) về sử dụng tài liệu chuẩn thì cơ bản dựa trên các tài liệu chuẩn phù hợp có sẵn. Nhóm 3) tùy thuộc vào trường hợp cụ thể để áp dụng. Nhóm 1) là công cụ có tính phổ quát và thường được áp dụng, cũng là nội dung phức tạp nhất về kỹ thuật. Do đó nội dung phần hướng dẫn này tập trung về tính toán, mô phỏng cháy là chủ yếu.

Khi trong luận chứng kỹ thuật mà có sử dụng kỹ thuật an toàn cháy thì cần xem xét các kịch bản cháy (các tình huống có thể xảy ra đám cháy) dựa trên tương quan giữa sự phát triển và lan truyền các yếu tố nguy hiểm của đám cháy, việc thoát nạn của người và việc tổ chức chữa cháy (1.5.4 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023). Các kịch bản cháy là một đặc trưng của phương pháp mô phỏng cháy, gắn cụ thể với đặc điểm công trình và công năng sử dụng. Việc lựa chọn các kịch bản cháy được trình bày chi tiết hơn ở dưới.

Việc tiếp cận đám cháy và thực hiện các biện pháp chữa cháy, cứu người của lực lượng chữa cháy và phương tiện chữa cháy phải theo phương án chữa cháy được phê duyệt phù hợp với thiết kế PCCC của nhà (1.5.4 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023).

Yêu cầu này tuân thủ quy định về phương án chữa cháy trong Luật PCCC [3] và Nghị định 136/2020/NĐ-CP [4] và Nghị định 50/2024/NĐ-CP [5]. Điều quan trọng là phương án chữa cháy phải phù hợp với thiết kế PCCC của nhà, trong đó bao gồm cả những bổ sung, điều chỉnh yêu cầu an toàn cháy bằng luận chứng kỹ thuật, để đảm bảo sự an toàn cho các cán bộ cảnh sát PCCC&CNCH, bảo đảm hiệu quả của việc chữa cháy, khống chế cháy lan và cứu nạn. Ví dụ: nếu luận chứng kỹ thuật có xét đến thời gian tiếp cận chữa cháy của lực lượng CS PCCC&CNCH và coi đây là thời điểm mà đám cháy được kiềm chế, không tiếp tục

cháy lan tự do, thì phương án chữa cháy cũng phải đáp ứng thời gian này.

Khi mô phỏng cháy thì đám cháy được coi là phát triển tự do cho đến khi bị kiềm chế bởi các yếu tố khác (ví dụ: thời điểm lực lượng chữa cháy tiếp cận và bắt đầu chữa cháy; khả năng cháy lan; các bộ phận ngăn cháy, ngăn khói; hệ thống chữa cháy trong nhà; bảo vệ chống khói; và các yếu tố có tác dụng tương tự). Khi đó, trường hợp chủ công trình/cơ sở không có nhu cầu bảo vệ tài sản hoặc hạn chế thiệt hại về tài sản thì thiết kế cần bảo đảm các điều kiện sau: 1) con người trong nhà có thể thoát nạn an toàn trước khi bị nguy cơ đe dọa tính mạng và sức khoẻ do tác động của các yếu tố nguy hiểm của đám cháy; 2) nhà vẫn duy trì được tính ổn định tổng thể (không sập đổ) trong một khoảng thời gian tương ứng với giới hạn chịu lửa của kết cấu chịu lực của nhà theo bậc chịu lửa của nhà (xem CHÚ THÍCH 7 của Bảng 4); và 3) ngăn chặn cháy lan sang các công trình lân cận (1.5.4 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023).

Đây là một yêu cầu quan trọng của QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023, nói rõ các tiêu chí cơ bản để lựa chọn mục tiêu cho luận chứng kỹ thuật. Các mục tiêu an toàn cơ bản của QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023 được nêu tại 1.5.1 như sau:

1.5.1 Trong các nhà, khi thiết kế phải có các giải pháp kết cấu, bố trí mặt bằng - không gian và kỹ thuật công trình để bảo đảm khi xảy ra cháy thì:

- Nhà vẫn duy trì được tính ổn định tổng thể và tính bất biến hình trong một khoảng thời gian nhất định, được quy định bằng bậc chịu lửa của nhà;

- Mọi người trong nhà (không phụ thuộc vào tuổi tác và tình trạng sức khỏe) có thể sơ tán ra bên ngoài tới khu vực an toàn (sau đây gọi là bên ngoài) trước khi xuất hiện nguy cơ đe doạ tính mạng và sức khoẻ do tác động của các yếu tố nguy hiểm của đám cháy;

- Có khả năng cứu người;

- Lực lượng và phương tiện chữa cháy có thể tiếp cận đám cháy và thực hiện các biện pháp chữa cháy, cứu người và tài sản;

- Không để cháy lan sang các nhà bên cạnh, kể cả trong trường hợp nhà đang cháy bị sập đổ;

- Hạn chế các thiệt hại trực tiếp và gián tiếp về vật chất, bao gồm bản thân nhà và các tài sản bên trong nhà, có xét tới tương quan kinh tế giữa giá trị thiệt hại và chi phí cho các giải pháp cùng trang thiết bị kỹ thuật phòng cháy chữa cháy.

Như vậy, các mục tiêu cơ bản, mang tính nguyên tắc của QCVN 06 về an toàn cháy là:

- Người trong nhà thoát nạn an toàn (không phụ thuộc vào tuổi tác và tình trạng sức khỏe);

- Nhà không sập đổ do cháy trong một khoảng thời gian được quy định, tương ứng với quy mô và công năng của nhà;

- Ngăn chặn cháy lan sang các công trình lân cận;

- Lực lượng PCCC&CNCH có điều kiện để tiếp cận chữa cháy, cứu người;

- Hạn chế thiệt hại tài sản.

Các mục tiêu này có mối liên quan với nhau. Ví dụ: yêu cầu nhà không sập đổ do cháy vừa để đảm bảo đủ thời gian thoát nạn cho người, vừa phục vụ cho mục tiêu cứu tài sản, hạn chế thiệt hại, vừa có thể duy trì ổn định tổng thể để lực lượng CS PCCC&CNCH có thể vào trong nhà chữa cháy. Mặt khác, việc tiếp cận chữa cháy của lực lượng chữa cháy sẽ có tác dụng kiềm chế đám cháy phát triển, giảm nhiệt trong nhà, từ đó kéo dài thời gian duy trì kết cấu và ngăn chặn cháy lan sang các công trình lân cận, đồng thời tạo thêm điều kiện cho người thoát nạn ra ngoài một cách tự chủ hoặc được cứu hộ.

3. CÁC MỤC TIÊU LƯỢNG HÓA VỀ AN TOÀN CHÁY

Trên thế giới, các mục tiêu trên nhìn chung đều có thể lượng hóa trong các tiêu chuẩn về an toàn cháy [6-13]. Ví dụ như bảng dưới đây.

Mục tiêu an toàn cháy	Phương pháp lượng hóa
Người trong nhà thoát nạn an toàn (không phụ thuộc vào tuổi tác và tình trạng sức khỏe)	- Các yêu cầu cụ thể về khoảng cách thoát nạn tối đa, số lượng lối thoát nạn, thang thoát nạn, khoảng cách phân tán, bảo vệ giao thông trục đứng (thang bộ, thang máy) và trục ngang (hành lang, lối di chuyển …), vật liệu hoàn thiện, … Các nước đều có những quy định này. - Các yếu tố nguy hiểm cháy (khói, nhiệt độ, bức xạ, tầm nhìn, khí độc …) – Nga, Mỹ, Anh, Singapore … đều có quy định các ngưỡng giới hạn, tuy có khác nhau về giá trị nhưng đều chung ý nghĩa. - Phân nhóm người trong nhà theo độ tuổi và tình trạng sức khỏe, tâm lý. Có các giá trị cụ thể về tốc độ di chuyển, thời gian chờ để tính toán thời gian thoát nạn. Nga, Mỹ, Anh,… và một số nước có tiêu chuẩn, hướng dẫn riêng về phần này.

Mục tiêu an toàn cháy	Phương pháp lượng hóa
Nhà không sập đổ do cháy trong một khoảng thời gian được quy định, tương ứng với quy mô và công năng của nhà	Bậc chịu lửa (Nga, Việt Nam); Type of construction (I, II,…) Mỹ; Fire resistance rate of structure (Anh, Singapore,…)
Ngăn chặn cháy lan sang các công trình lân cận	Khoảng cách phòng cháy chống cháy, hoặc yêu cầu cụ thể đối với bộ phận ngăn cháy bao che, hoặc giải pháp khác (Nga, Việt Nam, Mỹ, Anh, Singapore, Hongkong,…)
Lực lượng PCCC&CNCH có điều kiện để tiếp cận chữa cháy, cứu người	- Thang máy chữa cháy, chiều cao PCCC, lối vào từ trên cao, giao thông phục vụ chữa cháy, cấp nước chữa cháy, bảo vệ đường thoát nạn, buồng thang bộ,… - Thời gian quy định tối đa (hoặc bán kính phục vụ tối đa của các trạm cứu hỏa) để tiếp cận nhanh chóng (Nga, Mỹ, Singapore và nhiều nước có quy định cụ thể, sẽ bình luận thêm ở dưới)
Hạn chế thiệt hại tài sản	Bậc chịu lửa, khoang cháy, phân khoang cháy, các bộ phận ngăn cháy trong công trình,…

Trong các mục tiêu lượng hóa nêu trên, thì thời gian để lực lượng chữa cháy tiếp cận chữa cháy là một yếu tố quan trọng, vì nó xác định thời điểm mà đám cháy bị kiềm chế. Nhiều nước có quy định cụ thể về yếu tố này: Nga quy định trong Luật an toàn cháy [14] (điều 76) là các trạm cứu hỏa phải được phân bố sao cho thời gian tối đa mà đội chữa cháy đầu tiên đến được nơi có cháy là 10 phút đối với khu vực đô thị và 20 phút đối với khu vực nông thôn. Mỹ quy định một số mốc thời gian cụ thể trong NFPA 1710 [15], và nhìn chung tổng thời gian tiếp cận là 10 phút.

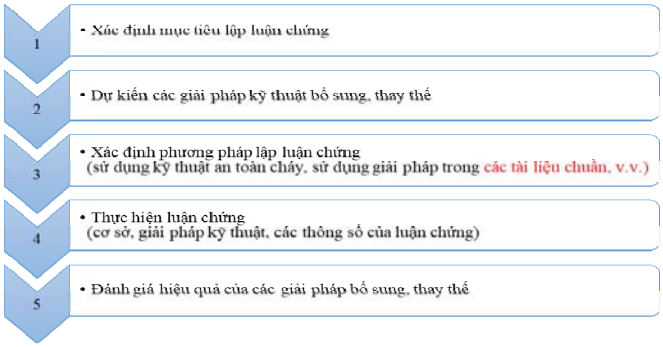
Tại Việt Nam, QCVN 01:2021/BXD có quy định (2.6.13) phải bố trí mạng lưới trụ sở các đội cảnh sát PCCC với bán kính phục vụ tối đa 3 km đối với khu vực trung tâm đô thị và 5 km đối với các khu vực khác. Đối với các khu vực đô thị hiện hữu không đảm bảo bán kính phục vụ nêu trên, phải có giải pháp tính toán cân đối, bố trí quỹ đất bổ sung hoặc bổ sung các trụ sở trên trong các dự án khu đô thị mới. Về lý thuyết, yêu cầu này cũng tương đương như các quy định quốc tế, và xe cứu hỏa có thể tiếp cận nơi có cháy trong khoảng 10 phút. Tuy nhiên thực tế Việt Nam, nhất là tại các đô thị, có nhiều khu vực chưa có đủ trạm cứu hỏa để đáp ứng bán kính phục vụ như trên. Mặt khác, xe cứu hỏa di chuyển trên đường có thể gặp nhiều chướng ngại vật như hàng quán, xe dừng đỗ trên các tuyến đường, làm chậm thời gian đến nơi có cháy. Ngoài ra, nhiều công trình xây trong ngõ, hệ thống hạ tầng cấp nước chữa cháy chưa đầy đủ. Những thực tế đó làm hạn chế khả năng tiếp cận nhanh và khống chế đám cháy của lực lượng chữa cháy. Pháp luật về PCCC cũng như các quy chuẩn, tiêu chuẩn cũng không có quy định cụ thể về thời gian tối đa phải đến nơi có cháy. Như vậy, nhìn chung ở Việt Nam thì mục tiêu Lực lượng PCCC&CNCH có điều kiện để tiếp cận chữa cháy, cứu người chưa thể lượng hóa được một cách đầy đủ. Điều này dẫn tới những khó khăn trong việc xác định các tiêu chí còn lại, ví dụ kết cấu nhà phải duy trì trong thời gian bao lâu? Do đó, trong điều kiện thực tế Việt Nam hiện nay thì các mục tiêu thoát nạn cho người, chặn cháy lan sang các công trình lân cận và hạn chế thiệt hại tài sản là các mục tiêu chủ yếu. Việc di chuyển đến nơi có cháy, tiếp cận và chữa cháy thực hiện theo phương án chữa cháy được phê duyệt cho công trình, gắn với thiết kế PCCC cụ thể của công trình.

Cho phép áp dụng các giải pháp và phương án PCCC khác nhau (kể cả các giải pháp, phương án không nêu trong quy chuẩn này) để thực hiện các yêu cầu an toàn cháy của quy chuẩn này, trên nguyên tắc bảo đảm mục đích của các yêu cầu đó (1.5.4 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023).

4. ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH CƠ BẢN CỦA LUẬN CHỨNG KỸ THUẬT ÁP DỤNG MÔ PHỎNG

Trong việc lập luận chứng kỹ thuật nói chung và luận chứng kỹ thuật sử dụng mô phỏng cháy nói riêng, việc xác định được mục tiêu của luận chứng là quan trọng nhất, *trên nguyên tắc: đáp ứng các quy định nêu tại 1.5 (của QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023), phù hợp với mục đích của các yêu cầu an toàn cháy cần thay thế, bổ sung và phù hợp với các tài liệu chuẩn về thiết kế an toàn cháy được áp dụng*. Xác định đúng mục tiêu của luận chứng sẽ quyết định toàn bộ các bước thực hiện về sau và sự đúng đắn của luận chứng.

Hình 1 dưới đây trình bày đề xuất về quy trình cơ bản của luận chứng kỹ thuật sử dụng mô phỏng cháy và mô phỏng thoát nạn.



Hình 1: Quy trình đề xuất của luận chứng kỹ thuật sử dụng mô phỏng cháy và mô phỏng thoát nạn

V. MỘT SỐ TRƯỜNG HỢP PHỔ BIẾN CÓ THỂ ÁP DỤNG LUẬN CHỨNG KỸ THUẬT SỬ DỤNG MÔ PHỎNG CHÁY

Việc áp dụng luận chứng kỹ thuật sử dụng mô phỏng cháy có thể được áp dụng cho các công trình xây mới, cũng như đối với việc tăng cường an toàn PCCC đối với các công trình hiện hữu. Một số trường hợp áp dụng cụ thể như sau:

Công trình xây mới:

- Có đặc điểm riêng, khó tuân thủ quy chuẩn (ví dụ: không gian lớn, tập trung đông người, công năng đặc biệt, v.v.);
- Tối ưu chi phí.

Công trình hiện hữu:

- Cải tạo, sửa chữa, thay đổi công năng;

Có tồn tại về PCCC.

Bảng 1 dưới đây trình bày cụ thể một số ví dụ trong ứng dụng của luận chứng kỹ thuật sử dụng mô phỏng cháy trong thiết kế an toàn PCCC cho công trình trong một số điều kiện không đảm bảo các yêu cầu tiền định của QCVN 06:

Bảng 1: Một số ví dụ về phương pháp áp dụng luận chứng kỹ thuật

STT	Quy định an toàn cháy cần thay thế, bổ sung	Mục đích, ý nghĩa của yêu cầu	Nội dung của luận chứng kỹ thuật
1	Tăng diện tích khoang cháy Ví dụ: Giả thiết theo QCVN 06 thì với nhà sản xuất hạng C, 1 tầng, GHCL của kết cấu là R 15 thì diện tích khoang cháy tối đa cho phép là 25 000 m^2. Cần thiết kế riêng để không phải bảo vệ chịu lửa cho kết cấu thép, nhưng có thể mở rộng diện tích khoang cháy lên 32 000 m^2, phù hợp với công năng sản xuất của nhà. Nhà hạng C có sprinkler theo TCVN 3890:2023.	Mục đích, ý nghĩa của quy định diện tích khoang cháy tối đa là để giữ đám cháy trong một diện tích dự định trước trong một thời gian nhất định nhằm tạo điều kiện cho việc thoát nạn của người, cứu tài sản ở những phần nhà chưa bị cháy lan, giảm nguy cơ cháy lan sang các công trình lân cận và tạo điều kiện cho lực lượng chữa cháy xâm nhập trong nhà để dập cháy. Bậc chịu lửa càng cao thì diện tích khoang cháy cho phép càng lớn. Điều này biểu hiện khá rõ đối với nhà công nghiệp kết cấu thép, khi một đám cháy cục bộ quy mô nhỏ có thể làm sập một phần kết cấu nhà, do các phần kết cấu liên kết với nhau nên có thể dẫn tới sập toàn bộ kết cấu nhà, có thể gây nguy hiểm nếu con người chưa kịp thời thoát nạn ra ngoài và dẫn đến thiệt hại tài sản trong nhà cũng như chính bản thân nhà. Theo yêu cầu của QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023 thì với diện tích khoang cháy 30 000 m^2, nhà một tầng cần có bậc chịu lửa tối thiểu là bậc III, với giới hạn chịu lửa của kết cấu chịu lực là R 45 và được trang bị sprinkler theo TCVN 3890:2023.	Theo nguyên tắc, luận chứng kỹ thuật phải đảm bảo mục đích, ý nghĩa của yêu cầu cần thay thế. Như vậy, tiêu chí của luận chứng trong trường hợp này như sau: 1) Con người trong nhà có thể thoát nạn an toàn trước khi kết cấu bị sập đổ và trước khi các yếu tố nguy hiểm cháy bị vượt ngưỡng giới hạn trên đường thoát nạn; Thực hiện bằng tính toán thoát nạn và mô phỏng lan truyền khói để đánh giá các yếu tố nguy hiểm cháy. 2) Kết cấu chịu lực không sập đổ trong 45 phút với các kịch bản cháy theo thực tế công năng nhà (có thể bảo vệ kết cấu cục bộ); Hoặc Kết cấu chịu lực không sập đổ trước khi con người thoát nạn ra ngoài, không có người cứu tài sản từ trong ra ngoài và lực lượng chữa cháy không xâm nhập vào nhà, chỉ chữa cháy bên ngoài nhà theo phương án chữa cháy được phê duyệt căn cứ trên hồ sơ thiết kế PCCC có bao gồm luận chứng kỹ thuật. 3) Ngăn chặn cháy lan sang các công trình lân cận (có thể bằng việc đảm bảo khoảng cách phòng cháy chống cháy theo Phụ lục E QCVN 06, hoặc bằng tính toán bức xạ nhiệt so sánh với ngưỡng giới hạn bắt cháy của kết cấu bao che hoặc đồ vật của các công trình lân cận). 4) Chủ đầu tư không có nhu cầu bảo vệ tài sản hoặc hạn chế thiệt hại tài sản. Cần lưu ý rằng, như trên đã nói, phương án chữa cháy được phê duyệt cũng phải xét đến các nội dung này để có điều động cán bộ cảnh sát PCCC&CNCH phù hợp, tránh xâm nhập vào trong công trình khi công trình có nguy cơ sập đổ. Ngoài ra, cũng cần lưu ý tuân thủ các yêu cầu khác của quy chuẩn, tương ứng với bậc chịu lửa và giới hạn chịu lửa của nhà xác định ở trên theo luận chứng kỹ thuật.

STT	Quy định an toàn cháy cần thay thế, bổ sung	Mục đích, ý nghĩa của yêu cầu	Nội dung của luận chứng kỹ thuật
2	Giảm giới hạn chịu lửa của kết cấu Ví dụ: nhà kết cấu thép hạng C, yêu cầu theo quy chuẩn là bậc II, giới hạn chịu lửa của kết cấu chịu lực chính là R 90. Cần thiết kế giảm về nhà bậc IV.	Mục đích, ý nghĩa của quy định về giới hạn chịu lửa của kết cấu là để đảm bảo bậc chịu lửa tương ứng, từ đó xác định được diện tích khoang cháy tối đa cho phép, giữ đám cháy trong một diện tích dự định trước trong một thời gian nhất định nhằm tạo điều kiện cho việc thoát nạn của người, cứu tài sản ở những phần nhà chưa bị cháy lan, giảm nguy cơ cháy lan sang các công trình lân cận và tạo điều kiện cho lực lượng chữa cháy xâm nhập trong nhà để dập cháy.	Luận chứng kỹ thuật thực hiện theo CHÚ THÍCH 7 của Bảng 4 QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023. Theo đó, cần xác định các kịch bản cháy cụ thể trong nhà, tính toán nhiệt độ phát sinh từ các đám cháy giả định, có xét đến các hệ thống PCCC của nhà, từ đó kiểm tra GHCL của kết cấu, đánh giá kết cấu có cần bọc bảo vệ hay không, và nếu cần thì bọc bảo vệ đến mức độ nào để có thể duy trì được khả năng chịu lực trong điều kiện nhiệt độ cao đến 90 phút. Có thể gia cường hoặc bọc bảo vệ một số kết cấu cục bộ chịu nhiệt độ cao gần đám cháy giả định, tùy theo tính toán xác định. Hoặc có thể lập luận chứng kỹ thuật với các tiêu chí tương tự như ở mục trên đã trình bày.
3	Thay đổi yêu cầu bảo vệ chống khói cho nhà xưởng Nhà hạng C, ba tầng, theo yêu cầu của quy chuẩn cần làm hệ thống hút khói cưỡng bức. Cần thiết kế để không cần hệ thống hút khói cưỡng bức.	Mục đích của việc bảo vệ chống khói chủ yếu là đảm bảo an toàn cho người thoát nạn. Ngoài ra, việc hút xả khói góp phần làm giảm nhiệt độ trong nhà, giảm nguy cơ cháy lan diện rộng và hư hại các tài sản.	Tiêu chí của luận chứng: 1) Con người trong nhà có thể thoát nạn an toàn trước khi kết cấu bị sập đổ và trước khi các yếu tố nguy hiểm cháy bị vượt ngưỡng giới hạn trên đường thoát nạn; Thực hiện bằng tính toán thoát nạn và tính toán thời gian khói lấp kín các không gian trống phía trên và bắt đầu gây nguy hiểm cho người thoát nạn (biên dưới tầng khói hạ thấp dưới 2 m theo yêu cầu quy chuẩn). Hoặc sử dụng mô phỏng lan truyền khói để đánh giá các yếu tố nguy hiểm cháy. 2) Chủ đầu tư không có nhu cầu bảo vệ tài sản hoặc hạn chế thiệt hại tài sản. Cần lưu ý rằng, như trên đã nói, phương án chữa cháy được phê duyệt cũng phải xét đến các nội dung này để có chuẩn bị về trang bị bảo hộ và điều động cán bộ cảnh sát PCCC&CNCH phù hợp.
4	Giảm yêu cầu đối với giới hạn chịu lửa của ống dẫn khói Ống dẫn khói phục vụ trong khoang cháy, giới hạn chịu lửa yêu cầu là EI 30. Cần thiết kế để chỉ yêu cầu chỉ tiêu E 30.	Mục đích, ý nghĩa của việc yêu cầu giới hạn chịu lửa của ống dẫn khói là duy trì khả năng làm việc hiệu quả của ống dẫn khói. Yêu cầu tính toàn vẹn E để đảm bảo ống không bị hở, khói tràn ra các khu vực khác gây nguy hiểm cho người. Yêu cầu tính cách nhiệt I để đảm bảo chống cháy lan do bức xạ nhiệt từ khói nóng trong ống, có thể gây cháy các đồ vật xung quanh hoặc hệ thống, thiết bị điện, dây diện, ống điều hòa và các đồ vật cháy được khác ở lân cận đường ống dẫn khói, đồng thời cũng đảm bảo không gây nguy hiểm cho người thoát nạn ở gần ống dẫn khói.	Tiêu chí của luận chứng: 1) Đường ống dẫn khói phải đảm bảo tính toàn vẹn E trong thời gian quy định bởi quy chuẩn (trường hợp này là 30 phút), thường dựa trên cơ sở thử nghiệm hoặc công bố đặc tính kỹ thuật của ống khói của nhà sản xuất được cơ quan có thẩm quyền công nhận theo quy định pháp luật. 2) Bức xạ nhiệt từ ống dẫn khói nóng không làm cháy các đồ vật, hệ thống xung quanh và không gây nguy hiểm (nhiệt độ cao quá giới hạn cho phép và bức xạ nhiệt cao quá giới hạn cho phép) đối với người thoát nạn. Đánh giá bằng các công thức tính toán nhiệt độ và bức xạ nhiệt tỏa ra từ nguồn nhiệt (ống dẫn khói) và xác định khoảng cách tối thiểu cho phép dựa trên các ngưỡng giới hạn về nhiệt độ và bức xạ nhiệt gây nguy hiểm cho người, hoặc gây cháy các đồ vật, hệ thống lân cận. Hoặc đánh giá bằng thử nghiệm, hoặc mô phỏng.
5	Bố trí các công năng thương mại, dịch vụ, v.v. tập trung đông người dưới tầng hầm sâu Hiện nay QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023 đã cung cấp các yêu cầu an toàn cháy tiền định đối với việc bố trí các công năng tập trung đông người tại tầng hầm 1. Đối với việc bố trí ở các tầng hầm sâu hơn, cần có luận chứng kỹ thuật.	Mục đích, ý nghĩa của yêu cầu này là để đảm bảo an toàn cho người, vì dưới tầng hầm sâu thì việc thoát nạn, cứu nạn, bảo vệ chống khói và tiếp cận chữa cháy khó khăn hơn. Ngoài ra, tùy thuộc vào thiết kế kiến trúc cụ thể mà đám cháy nếu xảy ra ở tầng hầm sâu thì có thể ảnh hưởng đến các tầng trên (chẳng hạn qua các sảnh thông tầng, hoặc thang bộ lưu thông hở).	Tiêu chí của luận chứng kỹ thuật là cần chứng minh việc đảm bảo an toàn cho người thoát nạn và đánh giá nguy cơ ảnh hưởng đến các tầng trên và dưới nếu như có đám cháy xảy ra. Đối với trường hợp này, có thể xây dựng luận chứng kỹ thuật dựa trên các giải pháp tăng cường về PCCC theo các tài liệu chuẩn, cần lưu ý tính đồng bộ của các tài liệu chuẩn áp dụng (nghĩa là cần áp dụng đầy đủ các yêu cầu có liên quan của tài liệu chuẩn, và các yêu cầu khác của quy chuẩn, TCVN). Đồng thời có đánh giá phù hợp về nguy cơ ảnh hưởng đến các tầng trên và dưới nếu đám cháy xảy ra ở tầng đang xét. Hoặc có thể sử dụng thiết kế theo công năng, xem xét đánh giá các kịch bản cháy khác nhau có thể xảy ra, mô phỏng cháy và sự lan truyền khói và tính toán thoát nạn để đánh giá khả năng thoát nạn an toàn của người đang tập trung dưới tầng hầm đang xét, cũng như đánh giá nguy cơ ảnh hưởng đến các tầng trên và dưới.

VI. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Luận chứng kỹ thuật sử dụng mô phỏng cháy có khả năng ứng dụng rộng rãi trên nhiều phương diện kỹ thuật như thoát nạn, thoát khói, bảo vệ kết cấu v.v., mang lại nhiều lợi ích cho công trình như đảm bảo công năng kiến trúc, giúp tối ưu chi phí xây dựng. Ngoài ra, luận chứng kỹ thuật còn đặc biệt hữu hiệu đối với các công trình hiện hữu có tồn tại về PCCC, do việc sửa chữa, cải tạo để đảm bảo các yêu cầu tiền định của QCVN 06 trong nhiều trường hợp là không khả thi hoặc quá tốn kém chi phí.

Tuy nhiên, kỹ thuật an toàn cháy nói chung và phương pháp mô phỏng cháy nói riêng là một nội dung kỹ thuật phức tạp của lĩnh vực thiết kế an toàn cháy. Việc áp dụng đòi hỏi người sử dụng không những phải nắm chắc các quy định, yêu cầu của quy chuẩn, mà còn cần phải có kiến thức và kinh nghiệm chuyên sâu về nhiều lĩnh vực như kiến trúc, cơ - điện, kết cấu v.v.

Bài nghiên cứu trình bày quy trình cơ bản để lập luận chứng kỹ thuật khi mô phỏng cháy, cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu tiếp theo nhằm xác định đầy đủ các nội dung phục vụ cho việc lập luận chứng kỹ thuật (kịch bản cháy, tải trọng cháy, ngưỡng giới hạn, v.v.).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] QCVN 06:2022/BXD và sửa đổi 01:2023:2023 Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình.

[2] QCVN 06:2010/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình.

[3] Luật Luật Phòng cháy chữa cháy và cứu nạn cứu hộ 2013.

[4] ghị định 136/2020/NĐ-CP Quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Phòng cháy và chữa cháy và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Phòng cháy và chữa cháy.

[5] Nghị định 50/2024/NĐ-CP Sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 136/2020/NĐ-CP ngày 24 tháng 11 năm 2020 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Phòng cháy và chữa cháy và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Phòng cháy và chữa cháy và Nghị định số 83/2017/NĐ-CP ngày 18 tháng 7 năm 2017 của Chính phủ quy định về công tác cứu nạn, cứu hộ của lực lượng phòng cháy và chữa cháy.

[6] Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. МЧС России. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2022. (Phương pháp xác định các giá trị tính toán rủi ro cháy trong nhà và công trình thuộc các nhóm nguy hiểm cháy theo công năng khác nhau. Bộ Tình trạng khẩn cấp Nga. Bộ Liên bang Nga về phòng vệ dân sự, các tình huống khẩn cấp và cứu trợ thiên tai. FSBI VNIIPO EMERCOM của Nga. 2022).

[7] Пособие к Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. МЧС России. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2014. (Hướng dẫn phương pháp xác định các giá trị tính toán rủi ro cháy trong nhà và công trình thuộc các nhóm nguy hiểm cháy theo công năng khác nhau. Bộ Tình trạng khẩn cấp Nga. Bộ Liên bang Nga về phòng vệ dân sự, các tình huống khẩn cấp và cứu trợ thiên tai. FSBI VNIIPO EMERCOM của Nga. 2014) .

[8] NFPA 101-2021 Life Safety Code.

[9] NFPA 5000-2021 Building Construction and Safety Code.

[10] Building regulations of UK. Appendix B.

[11] Australia, National construction code (NCC) 2019, ABCB.

[12] Singapore Code of practice for fire precautions in buildings, 2023.

[13] New Zealand Building Code.

[14] Luật FZ123 - LB Nga. Quy định kỹ thuật về yêu cầu an toàn phòng cháy chữa cháy.

[15] NFPA 1710 Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments.