

ƯỚC TÍNH TẢI TRỌNG CHÁY SỬ DỤNG TRONG KỸ THUẬT MÔ PHỎNG CHÁY VÀ THOÁT NẠN CHO NGƯỜI FIRE LOAD ESTIMATION USED IN FIRE SIMULATION AND PEOPLE ESCAPE TECHNIQUES

Đỗ Duy Bốn¹, Phạm Anh Tuấn², Cao Duy Khôi³

^{1,2,3}Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: ¹doduybon@gmail.com; ²anhtuanpham.vn@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/hnkh17-ibst.2025.ses2-4>

TÓM TẮT: Ước tính tải trọng cháy là một yếu tố quan trọng trong việc mô phỏng động lực học về cháy - Fire Dynamics Simulation, ảnh hưởng đến độ chính xác của sự phát triển của đám cháy, tốc độ giải phóng nhiệt và dự đoán sự lan truyền khói cũng như các sản phẩm có hại khác. Bài báo này xem xét các tài liệu hiện có về phương pháp luận để xác định tải trọng cháy, so sánh các phương pháp tiếp cận từ nhiều tiêu chuẩn, hướng dẫn và nghiên cứu khác nhau. Các nguồn chính bao gồm các quy chuẩn, tiêu chuẩn, tài liệu kỹ thuật quốc tế (ví dụ: Eurocode, NFPA, New Zealand, Anh, Nga v.v.), các nghiên cứu thực nghiệm và các mô hình tính toán xác định tải trọng cháy dựa trên khả năng cháy của vật liệu, loại hình công năng và phân bố của tải trọng cháy. Bài báo chỉ ra sự khác biệt trong các phương pháp kỹ thuật đánh giá tải trọng cháy hiện hành, chẳng hạn như đánh giá dựa trên tốc độ phát triển của đám cháy theo thời gian, hoặc dựa trên tốc độ phát triển của diện tích cháy.

TỪ KHÓA: Tải trọng cháy, tốc độ phát triển đám cháy, mô phỏng cháy.

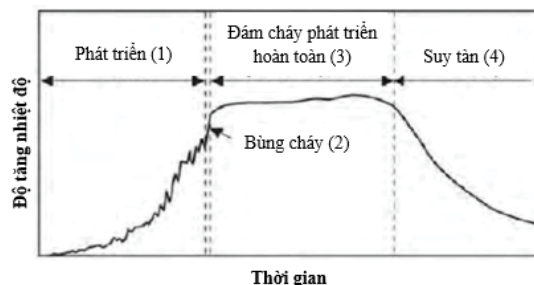
ABSTRACT: Fire load estimation is an important factor in Fire Dynamics Simulation, affecting the accuracy of fire growth, heat release rate and prediction of smoke propagation and other harmful products. This paper reviews the existing literature on the methodology for determining fire load, comparing approaches from various standards, guidelines and studies. The main sources include international codes, standards, technical documents (e.g. Eurocode, NFPA, New Zealand, UK, Russia ...), experimental studies and computational models that determine fire load based on the combustibility of materials, type of use and distribution of fire load. The paper points out the differences in current technical methods for assessing fire load, such as assessment based on the rate of fire growth over time, or based on the rate of growth of the burning area.

KEYWORDS: Fire load, fire growth rate, fire simulation.

1. TẢI TRỌNG CHÁY VÀ CÁC GIAI ĐOẠN CỦA Đám CHÁY

Trong thiết kế an toàn cháy theo công năng nói chung và trong kỹ thuật mô phỏng cháy nói riêng, tải trọng cháy là một phần quan trọng của mỗi kịch bản thiết kế. Đại lượng đặc trưng của tải trọng cháy hay được sử dụng trong kỹ thuật mô phỏng cháy là tốc độ giải phóng nhiệt (heat release rate - HRR), ký hiệu là Q . Thông số này thể hiện đám cháy lớn đến mức độ nào. Ví dụ đám cháy có $Q = 5000$ kW nghĩa là cứ một giây thì đám cháy giải phóng ra 5000 kJ nhiệt lượng. Việc phân tích, thiết kế đám cháy đòi hỏi phải hiểu các giai đoạn phát triển của đám cháy, tác động của việc chữa cháy

lên HRR, các giá trị HRR của các chất cháy hoặc công năng khác nhau. Đơn vị của HRR thường được tính là kW/m².



Hình 1: Các giai đoạn phát triển của đám cháy [1]

Các giai đoạn phát triển của đám cháy thông thường sẽ bao gồm: (1) phát triển, (2) bùng cháy, (3) đám cháy phát triển hoàn toàn và (4) suy tàn. Hình 1 cho thấy các giai đoạn này, nhưng không phải tất cả đám cháy đều trải qua tất cả các giai đoạn này.

1.1. Phát triển đám cháy

Giai đoạn phát triển tiếp theo sau quá trình bắt cháy, và giai đoạn đầu của giai đoạn phát triển được đặc trưng bởi sự dồi dào không khí cung cấp cho ngọn lửa. Trong giai đoạn phát triển, ngọn lửa thường lan từ vật này sang vật khác. Trong giai đoạn phát triển, ngọn lửa thường giao động, cột khói và lớp khói thường ở trạng thái hỗn loạn. Ngay cả với chuyển động này, sự phát triển của loại đám cháy này thường có xu hướng tăng dần dần.

1.2. Sự bùng cháy

Bùng cháy là sự thay đổi nhanh chóng từ đám cháy giai đoạn phát triển sang đám cháy phát triển hoàn toàn. Trong một đám cháy phát triển hoàn toàn, mọi thứ trong phòng có thể bắt lửa đều đang cháy và một người trong đám cháy như vậy gần như chắc chắn sẽ chết.

1.3. Đám cháy phát triển hoàn toàn

Trong một căn phòng có đám cháy phát triển hoàn toàn, mọi thứ có thể cháy đều đang cháy. Đám cháy phát triển hoàn toàn cũng được gọi là đám cháy có kiểm soát thông gió, vì tốc độ giải phóng nhiệt phụ thuộc vào lượng không khí tiếp cận đám cháy. Trong một đám cháy phát triển hoàn

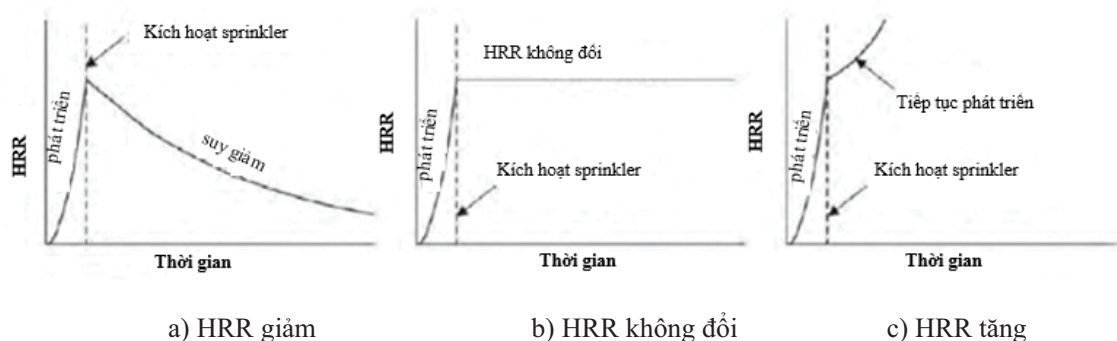
toàn, ngọn lửa thường lan ra từ cửa ra vào hoặc cửa sổ mở của phòng cháy. Đám cháy phát triển hoàn toàn được đặc trưng bởi quá trình đốt cháy không hiệu quả dẫn đến sản xuất CO cao.

1.4. Sự suy tàn của đám cháy

Giai đoạn suy tàn là sự giảm tốc độ giải phóng nhiệt, là kết quả của việc tiêu thụ hết nhiên liệu hoặc dập tắt đám cháy. Khi nhiên liệu được tiêu thụ dần cạn kiệt, đám cháy có thể thay đổi từ kiểm soát thông gió sang kiểm soát nhiên liệu.

Tác động của việc chữa cháy tự động

Việc sử dụng rộng rãi hệ thống chữa cháy tự động (sprinkler) đã được chứng minh là thành công trong việc dập tắt hoặc kiểm chế đám cháy. Hình 2 cho thấy các phản ứng có thể xảy ra đối với ảnh hưởng của chữa cháy tự động: (1) HRR giảm, (2) HRR không đổi và (3) HRR tăng. Hình 2a và 2b có thể được coi là dập tắt hoặc kiểm chế đám cháy thành công, nhưng Hình 2c là hiện tượng luồng phun nước bị lửa chế ngự, đôi khi có thể xảy ra trong thực tế đám cháy. Hệ thống phun nước có thể bị chế ngự khi đám cháy phát triển mạnh đến mức trước khi hệ thống phun nước được kích hoạt khiến luồng phun nước không đủ để dập tắt đám cháy. Điều này có thể xảy ra với đám cháy phát triển cực nhanh vượt quá thiết kế của đầu sprinkler. Ngoài ra, nó có thể xảy ra ở những không gian có trần cao khiến các luồng khói ngụy đi đến mức làm chậm đáng kể quá trình kích hoạt đầu sprinkler.



Hình 2: Các kết quả có thể có của chữa cháy tự động [1]

Đám cháy chỉ phối bởi tải trọng cháy và đám cháy chỉ phối bởi điều kiện thông gió.

Căn cứ trên khả năng trao đổi không khí, có thể chia làm 2 loại đám cháy. Loại thứ nhất là đám cháy bị chi phối bởi tải trọng cháy (load-controlled fire), loại thứ hai là đám cháy bị chi phối bởi điều kiện thông gió (ventilation-controlled fire). Đám

cháy bị chi phối bởi tải trọng cháy là đám cháy mà oxy luôn được cung cấp đầy đủ để sự cháy phát triển, nghĩa là lúc này tốc độ giải phóng nhiệt của đám cháy chỉ phụ thuộc vào đặc điểm của tải trọng cháy. Đám cháy bị chi phối bởi điều kiện thông gió là đám cháy mà có thể lượng oxy cấp vào đám cháy bị hạn chế (do phòng kín, hoặc các cửa không

đủ diện tích yêu cầu để không khí tràn vào), tức là tốc độ giải phóng nhiệt của đám cháy bị hạn chế bởi điều kiện cung cấp không khí. Trong thực tế thì có thể xảy ra sự chuyển đổi giữa hai loại đám cháy này. Rõ ràng, đám cháy bị chi phối bởi tải trọng cháy là đám cháy được phát triển tự do, tốc độ phát triển và tốc độ giải phóng nhiệt sẽ lớn hơn đám cháy bị chi phối bởi điều kiện thông gió.

Hiện nay, QCVN 06:2022/BXD và Sửa đổi 1:2023 [2] đã cho phép sử dụng luận chứng kỹ thuật để giải quyết các bài toán trong trường hợp không đảm bảo các yêu cầu tiên định của Quy chuẩn. Việc sử dụng kỹ thuật mô phỏng cháy là một trong những giải pháp của luận chứng kỹ thuật được quy định trong Quy chuẩn. Vì vậy, việc xác định chính xác và an toàn tải trọng cháy trong các kịch bản cháy là vấn đề kỹ thuật quan trọng của bài toán mô phỏng cháy và mô phỏng thoát nạn cho người.

2. XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ GIẢI PHÓNG NHIỆT CỦA ĐÁM CHÁY THEO LÝ THUYẾT PHÁT TRIỂN ĐÁM CHÁY CỦA NGA

Nga có các tài liệu chính thống (Tiêu chuẩn, hướng dẫn) được cơ quan nhà nước ban hành có một số thông tin về chất cháy và tải trọng cháy như sau:

Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (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. (2022)*) [3].

Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, МЧС России 2009 (*Phương pháp xác định các giá trị tính toán rủi ro cháy đối với các cơ sở công nghiệp, Bộ các tình trạng khẩn cấp Nga, 2009*) [4].

Пособие к Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, МЧС России, ВНИИПО 2012 (*Hướng dẫn phương pháp xác định các giá trị tính toán rủi ro cháy đối với các cơ sở công nghiệp, Bộ các tình trạng khẩn cấp Nga, VNIPO, 2012*) [5].

МД.137-13 Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий (*Tính toán xác định các tham số chủ yếu của hệ thống thông gió chống khói của nhà*) [6].

Ngoài ra, tài liệu СИТИС-СПН-1 Пожарная нагрузка. Справочник, 2014 (SITIS-SPN-1 Tải

trọng cháy. Sổ tay, 2014) [7] là một tài liệu tham khảo rất quan trọng, có khá nhiều thông tin hữu ích về tải trọng cháy.

Đối với công tác mô phỏng cháy bằng phần mềm Pyrosim, có thể tham khảo tài liệu *Описание библиотеки реакций и поверхностей* [8] được kỹ sư Nga viết cho riêng phần mềm này.

Nhìn chung, các lý thuyết về cháy của Nga theo con đường xác định tốc độ giải phóng nhiệt của đám cháy thông qua nhiệt lượng cháy thấp, vận tốc cháy lan và tốc độ mất khối lượng. Với các giá trị cung cấp trong sổ tay СИТИС-СПН-1 [7], Bảng 2 thì trong nhiều trường hợp đám cháy ở mức độ phát triển hơn cả mức cực nhanh của Mỹ và phương Tây.

Nga có hai phương pháp xác định tải trọng cháy:

Theo chất cháy cụ thể và các thông số của từng chất cháy.

Theo công năng của gian phòng, nhà (tính trung bình).

Các tài liệu của Nga xem xét sự phát triển đám cháy thông qua các thông số:

Nhiệt lượng cháy thấp của chất cháy;

Tốc độ mất khối lượng;

Tốc cháy lan theo phương ngang.

Vị trí hình thành và hình dạng đám cháy (thường là hình tròn, hoặc có thể là hình khác tùy theo thực tế).

2.1. Xác định nhiệt lượng cháy thấp

Các sổ tay tra cứu về tải trọng cháy của Nga đều cung cấp giá trị nhiệt lượng cháy thấp đối với một số loại vật liệu phổ thông dưới dạng các hằng số. Tuy nhiên thực tế đây không phải là hằng số, mà nhiệt lượng cháy thấp cũng thay đổi [9,10]. Nhưng nếu xét các bài toán mô phỏng cháy phục vụ tính toán thoát nạn, hay bảo vệ chống khói thì thời gian cháy tính toán thường chỉ dao động trong khoảng 5-10 phút, trong khoảng thời gian này cũng có thể xem rằng nhiệt lượng cháy thấp là hằng số.

Nhiệt lượng cháy thấp của một số chất cháy cơ bản được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1: Nhiệt lượng cháy thấp của một số chất rắn thông thường [19]

Loại vật liệu	MJ/kg
<i>Chất rắn</i>	
Gỗ	17,5

Loại vật liệu	MJ/kg
Các loại vật liệu xen-lu-lô khác	20
Vải sợi	
Li-e	
Xơ Bông	
Giấy, bìa cứng	
Vải lụa	
Rơm	
Len	
Than	
Anthracit	
Than chì	
Than đá	
Hóa chất	
Gốc Parafin	50
Methane	
Ethane	
Propane	
Butane	
Gốc dầu (chuỗi Olefin)	45
Ethylene	
Propylen	
Butene	
Gốc hương liệu (Chuỗi Aromatic)	40
Benzene	
Toluene	
Cồn	30
Methanol	
Ethanol	
Ethyl alcohol	
Nhiên liệu	45
Dầu mỏ, dầu hỏa	40
Diesel	
Chất dẻo hydrocarbon nguyên chất	
Polyethylene	
Polystyrene	
Polypropylene	
Các sản phẩm khác	
ABS (chất dẻo)	35
Polyester (chất dẻo)	30
Polyisocyanerat và polyurethane (chất dẻo)	25
Polyvinelchloride, PVC (chất dẻo)	20
Bitume, Asphalt	40
Da	20
Linoleum	20
Lốp cao su	30
CHÚ THÍCH: Các giá trị cho trong bảng này không áp dụng trong việc tính toán năng lượng của nhiên liệu	

2.2. Xác định tốc độ mất khối lượng

Tốc độ mất khối lượng, đơn vị $\text{kg/m}^2/\text{s}$ (tiếng Nga là скорость выгорания, приведенная скорость выгорания, массовая скорость выгорания, скорость потери массы, tiếng Anh là Mass loss rate), là thông số thể hiện khối lượng chất cháy đã bị mất đi (chuyển hóa thành các chất khác do phản ứng cháy với ô xy) trong một thời gian cháy, trên một đơn vị diện tích.

Tốc độ mất khối lượng cũng không phải là một hằng số. Đối với chất rắn, tốc độ mất khối lượng phụ thuộc vào chất cháy, tình trạng cháy của chất đó (kích thước bề mặt cháy, vị trí tương đối với vùng đang cháy, ...), nhiệt độ đám cháy, cường độ trao đổi không khí. Tốc độ mất khối lượng của các chất cháy rắn thường ít khi vượt quá $0,02 \text{ kg/m}^2/\text{s}$ (trừ một số chất cháy thể rắn nhưng dạng vụn, sợi như bông, mùn cưa, vụn gỗ, ... có thể có tốc độ mất khối lượng lớn hơn) và hiếm khi nhỏ hơn $0,005 \text{ kg/m}^2/\text{s}$.

Khi tính toán sự cháy của các chất cháy rắn, thường giả thiết rằng với đám cháy bị chi phối bởi tải trọng cháy thì tốc độ mất khối lượng không đổi cho đến tận khi cháy hết chất cháy và lúc đó chỉ phụ thuộc vào đặc điểm của chất cháy. Giá trị tốc độ mất khối lượng trong trường hợp này chính là các giá trị đã được thử nghiệm và đưa vào các sổ tay tra cứu của Nga. Thực tế thì có thể xảy ra sự giảm tốc độ mất khối lượng, do trên bề mặt cháy có thể tạo thành các lớp tro và than, hạn chế sự tiếp cận của ô xy đến các lớp chất cháy ở phía dưới. Chi tiết về cách tính toán tốc độ mất khối lượng có thể xem tại [11]. Mặt khác, rõ ràng là với đám cháy bị chi phối bởi điều kiện thông gió thì tốc độ mất khối lượng sẽ nhỏ hơn so với đám cháy bị chi phối bởi tải trọng cháy.

2.3. Xác định tốc độ cháy lan theo phương ngang

Tốc độ cháy lan theo phương ngang, m/s (tiếng Nga là линейная скорость распространения пожара, phương Tây ít thấy khái niệm này) thể hiện tốc độ lan truyền của ngọn lửa trên bề mặt ngang của chất cháy (chi tiết xem các mô hình phát triển đám cháy ở dưới). Tốc độ cháy lan theo phương ngang cũng có những đặc điểm tương tự như tốc độ mất khối lượng đã nêu ở trên. Các tài liệu kỹ thuật của Nga cung cấp các số liệu tra bảng về tốc độ cháy lan theo phương ngang đối với một số gian phòng cụ thể [11], [7], Hướng dẫn SP 7 ...).

2.4. Xác định tốc độ giải phóng nhiệt theo chất cháy cụ thể và các thông số của chất cháy

Tốc độ giải phóng nhiệt của đám cháy chỉ bao gồm một chất cháy đồng nhất được tính theo công thức sau:

$$Q_f = \eta Q_{ct} \psi_{av} F_0 \quad (1)$$

Trong đó:

η : mức độ cháy hết của chất cháy (0,85÷0,95);

Q_{ct} : Nhiệt lượng cháy thấp của chất cháy (giá trị tra dữ liệu về tải trọng cháy), kJ/kg;

ψ_{av} : Tốc độ mất khối lượng trung bình của chất cháy (giá trị tra dữ liệu về tải trọng cháy), kg/m²/s;

F_0 : Diện tích đám cháy ban đầu, m².

Nếu đám cháy gồm nhiều chất cháy khác nhau và giả thiết là các chất này đều cháy đồng thời thì tốc độ giải phóng nhiệt của đám cháy đó bằng tổng tốc độ giải phóng nhiệt của mỗi chất cháy riêng lẻ.

Nếu đám cháy phát triển theo hình tròn thì F_0 được tính như sau:

$$F_0 = \pi (Vt)^2 \quad (2)$$

Với:

V : Vận tốc cháy lan theo phương ngang, m/s;

t : Thời gian cháy, s.

2.5. Xác định tốc độ giải phóng nhiệt theo giá trị tải trọng cháy theo công năng

Các tài liệu kỹ thuật về cháy của Nga có những bảng dữ liệu cho phép xác định giá trị tải trọng cháy trung bình và giá trị tải trọng cháy tính toán gắn với các công năng (ví dụ: [7]). Nhìn chung, đối với các gian phòng hoặc nhà dân dụng thì có khá nhiều thông tin dữ liệu về tải trọng cháy. Đối với nhà công nghiệp thì không có nhiều thông tin. Tuy nhiên với nhà công nghiệp thì có thể tính toán tương đối về tải trọng cháy và tải trọng cháy riêng, dựa trên các chất cháy có bên trong.

Như vậy, vấn đề ở đây là xác định tốc độ giải phóng nhiệt (đơn vị kW hoặc kW/m²) từ giá trị tải trọng cháy (kJ hoặc kJ/m²).

Cách làm thông thường dựa theo các tài liệu kỹ thuật của Nga như sau:

Giả sử có đối tượng văn phòng. Tải trọng cháy riêng cho văn phòng: tải trọng cháy trung bình 800 MJ/m², tải trọng cháy tính toán là 1300 MJ/m² (với hệ số dao động là 1,63) [7]; Trong văn phòng thường có các đồ vật cháy sau: bàn, ghế, sofa, giấy, các thiết bị điện như quạt, điều hòa v.v. Nếu quy về các chất cháy thì có gỗ, giấy, vật liệu trùng hợp (nhựa tổng hợp, giả da v.v.). Có thể ước tính một giá trị nhiệt lượng cháy thấp trung bình của các chất cháy trên là 14 MJ/kg, tốc độ cháy lan trung bình là 0,022 m/s, tốc độ mất khối lượng trung bình là 0,021 kg/m²/s [7]. Như vậy, tổng khối lượng chất cháy trong văn phòng trên 1 m² sẽ là: 1300/14 = 92,86 kg/m².

Dùng công thức (1) để tính ra tốc độ giải phóng nhiệt.

Như vậy, mẫu chốt quan trọng ở đây là xác định được giá trị nhiệt lượng cháy thấp trung bình, tốc độ cháy lan trung bình và tốc độ mất khối lượng trung bình của nhóm công năng đó. Việc này có thể ước lượng được trong thực tế thiết kế (có thể lấy thiên về an toàn) đối với các nhóm công năng dân dụng phổ biến (như văn phòng, trường học, chung cư, trung tâm thương mại, v.v.), nhưng đối với nhà công nghiệp thì khuyến nghị nên tiến hành phân tích chi tiết các chất cháy chính trong nhà xưởng để có thông tin phù hợp. Thực ra chủ yếu dùng Bảng 2 của [7] là đủ, tuy nhiên có thể trong Bảng 2 chưa có một số công năng, lúc đó có thể tham khảo thêm Bảng 1

Bảng 2: Thông số về tải trọng cháy theo công năng của một số dạng phòng theo lý thuyết của Nga [3]

Hướng dẫn rủi ro cháy 2022 - Bộ các tình trạng khẩn cấp (Nga)										Tính toán quy đổi		
	Dạng phòng	Nhiệt lượng cháy thấp	Khả năng sinh khói	Tốc độ mất khối lượng	Tốc độ cháy lan tuyến tính	Lượng Oxy cần thiết	Các chất độc, kg/kg			Hệ số cháy hết	Hệ số phát triển đám cháy α	Hệ số sinh khói Y_{soot}
		MJ/kg	N_p , m ² /ks	kg/m ² /s	m/s	kg/kg	CO ₂	CO	HCL	1	kW/m ²	kg/kg
1	Phòng ở khách sạn, ký túc xá và tương tự	13,8	270	0,0145	0,0045	1,03	0,203	0,0022	0,014	1	0,0041	0,0310
2	Nhà hàng, phòng ăn và tương tự	13,8	82	0,0145	0,0045	1,437	1,285	0,0022	0,006	1	0,0041	0,0094
3	Phòng chiếu phim, cầu	13,8	270	0,0145	0,0055	1,03	0,203	0,0022	0,014	1	0,0061	0,0310

Hướng dẫn rủi ro cháy 2022 - Bộ các tình trạng khẩn cấp (Nga)										Tính toán quy đổi		
	Dạng phòng	Nhiệt lượng cháy thấp	Khả năng sinh khói	Tốc độ mất khối lượng	Tốc độ cháy lan tuyến tính	Lượng Oxy cần thiết	Các chất độc, kg/kg			Hệ số cháy hết	Hệ số phát triển đám cháy α	Hệ số sinh khói Y_{soot}
		MJ/kg	$N_p, m^2/ks$	$kg/m^2/s$	m/s	kg/kg	CO ₂	CO	HCL	1	kW/m ²	kg/kg
	lạc bộ, rạp xiếc và tương tự											
4	Phòng gửi quần áo	16,7	61	0,025	0,007	2,56	0,88	0,063	0	1	0,0205	0,0070
5	Thư viện, kho lưu trữ	14,5	49,5	0,011	0,008	1,154	1,1087	0,0974	0	1	0,0102	0,0057
6	Bảo tàng, triển lãm	13,8	270	0,0145	0,0055	1,03	0,203	0,0317	0	1	0,0061	0,0310
7	Các gian đồ gia dụng và tiện ích phụ trợ	14	53	0,0129	0,0042	1,161	0,642	0,0317	0	1	0,0032	0,0061
8	Văn phòng lớp học phổ thông, đại học, phòng khám bệnh đa khoa, phòng điều trị nội trú và dưỡng lão	14	47,7	0,0137	0,0045	1,369	1,478	0,03	0,0058	1	0,0039	0,0055
9	Cửa hàng	15,8	270	0,015	0,0055	1,25	0,85	0,043	0,023	1	0,0072	0,0310
10	Nhà ga	13,8	270	0,0145	0,0055	1,03	0,203	0,0022	0,014	1	0,0061	0,0310
11	Gara ô tô nhẹ	31,7	487	0,023	0,0068	2,64	1,3	0,097	0,011	1	0,0337	0,0560
12	Gara ô tô nhẹ với các giá 2 tầng xe	31,7	487	0,023	0,0136	2,64	1,3	0,097	0,011	1	0,1349	0,0560
13	Sân vận động	26,4	78	0,004	0,004	2,09	1,8	0,127	0	1	0,0017	0,0090
14	Phòng thể thao	16,7	61	0,024	0,0045	2,56	0,88	0,063	0	1	0,0081	0,0070

3. XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ GIẢI PHÓNG NHIỆT CỦA ĐÁM CHÁY THEO LÝ THUYẾT PHÁT TRIỂN ĐÁM CHÁY CỦA PHƯƠNG TÂY

Mỹ [13,14] và các nước khác (Anh [15], Singapore [16], Newzealand [17,18], v.v.) thường sử dụng phương trình t bình phương để mô tả sự phát triển đám cháy, như sau:

$$Q = \alpha_g t^2 \quad (3)$$

Trong đó:

Q : Tổng nhiệt lượng giải phóng do đám cháy, kW (chính là HRR – heat release rate);

α_g : Hệ số phát triển đám cháy;

t : Thời gian, s.

Theo các tiêu chuẩn về phân loại tốc độ cháy [13,14,18-21] thì **tùy thuộc vào thời gian cháy cần thiết để đạt đến tốc độ giải phóng nhiệt là 1 MW**, có thể chia ra làm các loại tốc độ phát triển đám cháy như sau:

Cực nhanh (ultra-fast, 75 s để đạt đến 1 MW);

Nhanh (fast, 150 s để đạt đến 1 MW);

Trung bình (average, 300 s);

Chậm (slow, 600 s).

Có thể thấy, các ngưỡng trên khá xa nhau và đôi lúc khó xác định đám cháy thuộc loại nào (ví dụ thời gian đạt đến 1 MW là 450 s thì khó xếp loại). Do đó, СИТИС-СПН-1 [7] đề xuất phân chia nhỏ hơn các ngưỡng trên như sau:

Ký hiệu loại đám cháy	Mô tả	Thời gian đạt đến 1 MW $t_{1\text{ MW}}, \text{ s}$
M5	Cực nhanh	$t_{1\text{ MW}} \leq 75 \text{ s}$
M4	Rất nhanh	$75 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 150 \text{ s}$
M4-3		$75 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 100 \text{ s}$
M4-2		$100 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 125 \text{ s}$
M4-1		$125 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 150 \text{ s}$
M3	Nhanh	$150 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 300 \text{ s}$
M3-3		$150 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 200 \text{ s}$
M3-2		$200 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 250 \text{ s}$
M3-1		$250 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 300 \text{ s}$
M2	Trung bình	$300 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 600 \text{ s}$
M2-3		$300 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 400 \text{ s}$
M2-2		$400 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 500 \text{ s}$
M2-1		$500 \text{ s} < t_{1\text{ MW}} \leq 600 \text{ s}$
M1	Chậm	$t_{1\text{ MW}} > 600 \text{ s}$

Ngoài ra, việc xác định tốc độ giải phóng nhiệt còn có thể thực hiện dựa trên các kết quả thí nghiệm đốt cháy của các đồ vật cụ thể như sofa, giường, ô tô, v.v. đã được các nghiên cứu của phương Tây thực hiện trong nhiều năm và tập hợp thành các tài liệu tham khảo (SFPE [10]). Phương pháp này phù hợp với điều kiện đám cháy xảy ra ở trong những khu vực gian phòng bé, với các tải trọng cháy cụ thể đã được xác định từ trước.

4. TƯƠNG QUAN GIỮA HAI PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ GIẢI PHÓNG NHIỆT

Vì tốc độ giải phóng nhiệt theo Nga và phương Tây đều là hàm của t bình phương, trong đó t là thời gian cháy, s, do đó có thể quy đổi giữa các thông số của Nga và phương Tây.

Với trường hợp phổ biến và nguy hiểm nhất là đám cháy phát triển theo hình tròn, ta có:

$$\text{Hệ phương tây: } Q = \alpha_g t^2$$

Hệ Nga:

$$Q_f = \eta Q_{cc,av} \psi_{av} F_0 = \eta Q_{cc,av} \psi_{av} \pi V^2 t^2,$$

$$\text{với } F_0 = \pi(Vt)^2$$

$Q_f = Q$ (do cùng là tốc độ giải phóng nhiệt từ cùng một đám cháy), từ đó ta có:

$$\alpha_g = \eta Q_{cc,av} \psi_{av} \pi V^2 \quad (4)$$

Ở đây có vấn đề cần đặc biệt lưu ý. Theo NFPA 204 thì hệ số α_g sẽ tỉ lệ thuận với chiều cao giá hàng, nghĩa là α_g xác định theo công thức (3) đúng với đám cháy xảy ra ở tầng dưới cùng giá

hàng. Ví dụ giá hàng có 4 tầng thì hệ số $\alpha_{g,tonggiahang} = 4\alpha_{g,l\text{ tan g}} = 4\eta Q_{cc,av} \psi_{av} \pi V^2$. Đây là điểm chưa rõ của hệ Nga, khi mới chỉ thể hiện vận tốc cháy lan theo phương ngang mà ít có tài liệu nào xem xét vấn đề cháy lan theo phương đứng.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trong việc tính toán tải trọng cháy của đám cháy để phục vụ thiết kế an toàn cháy theo công năng như kỹ thuật mô phỏng cháy, thiết kế thoát khói, việc xác định tốc độ giải phóng nhiệt là một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất, đảm bảo tải trọng cháy sử dụng trong tính toán phản ánh đúng thực tế về khả năng cháy của các chất cháy có trong gian phòng hoặc công trình.

Việc xác định tốc độ giải phóng nhiệt của đám cháy có thể dựa theo một trong hai phương pháp là (1) thông qua nhiệt lượng cháy thấp, vận tốc cháy lan và tốc độ mất khối lượng theo lý thuyết của Nga, hoặc (2) theo lý thuyết về tốc độ phát triển của đám cháy (lý thuyết của phương Tây).

Việc xác định đặc tính tải trọng cháy có thể dựa theo các chất cháy chính trong công trình, dựa theo công năng (với các đặc trưng của đám cháy đã được tổng hợp trong các tài liệu chuyên ngành của Nga hoặc phương Tây), hoặc trong một số trường hợp cụ thể có thể xác định bằng thí nghiệm đặc tính cháy với các loại vật liệu mới chưa có nghiên cứu trên thế giới.

Cần ban hành tài liệu Hướng dẫn xác định tải trọng cháy để các kỹ sư có thể tra cứu, tính toán chính xác và dễ dàng hơn tải trọng cháy trong các công tác thiết kế an toàn cháy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] John Klote and others. Handbook of Smoke Control Engineering, 2012.
- [2] QCVN 06:2022/BXD và Sửa đổi 01:2023 Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình.
- [3] 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 VNIPO EMERCOM của Nga. 2022).
- [4] Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, МЧС России 2009 (Phương pháp xác định các giá trị tính toán rủi ro cháy đối với các cơ sở công nghiệp, Bộ các tình trạng khẩn cấp Nga, 2009).
- [5] Пособие к Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, МЧС России, ВНИИПО 2012 (Hướng dẫn phương pháp xác định các giá trị tính toán rủi ro cháy đối với các cơ sở công nghiệp, Bộ các tình trạng khẩn cấp Nga, VNIPO, 2012).
- [6] МД.137-13 Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий (MD 137-13 Tính toán xác định các tham số chủ yếu của hệ thống thông gió chống khói của nhà).
- [7] СИТИС-СПН-1 Пожарная нагрузка. Справочник, 2014 (SITIS-SPN-1 Tải trọng cháy. Sổ tay, 2014).
- [8] Работа в программном комплексе FireCat. Библиотека реакций и поверхностей горения в PyroSim (2023).
- [9] Ignition Handbook: Principles and Applications to Fire Safety Engineering, Fire Investigation, Risk Management and Forensic Science, Babrauskas V., (2023).
- [10] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering – 5th Edition.
- [11] Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении
- [12] Методика пожарного риска в зданиях различных Ф-2022.
- [13] NFPA 92-2021 Standard for smoke control systems
- [14] NFPA 204-2021 Standard for Smoke and Heat Venting.
- [15] PD 7974 Applications of fire safety engineering principles to the design of buildings, BSI
- [16] Singapore Code of practice for fire precautions in buildings, 2023.
- [17] New Zealand Building Code.
- [18] Verification Method: Framework for Fire Safety Design Fire New Zealand Building Code Clauses C1-C6 Protection from Fire, Department of Building and Housing, Wellington, New Zealand, 2012, with amendments 4, 2014.
- [19] EN 1991-1-2 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire.
- [20] International fire engineering guidelines 2005 (IFEG).
- [21] John H. Klote, James A. Milke. Principles of smoke management, 2011.