

Ngày nhận bài: 05/9/2024; Ngày thẩm định: 15/4/2025; Ngày duyệt đăng: 21/4/2025.

HIỆN TƯỢNG BLEVE - NGUY HIỂM TIỀM ẨN TRONG CHỮA CHÁY VÀ CỨU NẠN, CỨU HỘ

Thiếu tá, ThS NGUYỄN VĂN TUẤN DŨNG

Khoa Chữa cháy và cứu nạn cứu hộ, Trường Đại học PCCC

* Tác giả liên hệ: Nguyễn Văn Tuấn Dũng (Email: nguyentuandung1410@gmail.com)

Tóm tắt: Bài viết phân tích cơ chế hình thành hiện tượng BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) - nổ hơi giãn nở của chất lỏng sôi, đánh giá các yếu tố nguy hiểm tác động đến công tác chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ (CNCH), đồng thời đưa ra một số giải pháp tiếp cận và xử lý khi có hiện tượng BLEVE xảy ra.

Từ khoá: hiện tượng BLEVE, khí hoá lỏng, nổ giãn nở, phòng cháy chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ.

Abstract: This article analyzes the underlying conditions that lead to BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions), evaluates the associated hazards impacting firefighting and rescue operations, and proposes tactical approaches for effective response and mitigation in the event of a BLEVE.

Keywords: BLEVE, liquefied petroleum gas, Vapor Explosion, Fire and Rescue.

1. Ngày nay, cùng với sự phát triển của kinh tế, xã hội, nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng cao. Năng lượng được sử dụng phổ biến bao gồm một số dạng như: điện, than đá, dầu mỏ, khí đốt, các sản phẩm dầu mỏ.... Trong số đó, khí hoá lỏng (bao gồm LPG, LNG, CNG) đang được sử dụng ngày càng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực ngành công nghiệp, dân dụng.

Theo thống kê của Tổng Công ty khí Việt Nam (PetroVietnam Gas) hiện nay tại Việt Nam nhu cầu sử dụng khí đốt vào khoảng 11 tỷ m³/năm, với bình quân đầu người vào khoảng 7,3-8,3 m³/người/năm. Bên cạnh đó, theo thống kê hiện nay có khoảng 30% người dân sử dụng LPG trong cuộc sống và sinh hoạt hàng ngày với các bình khí hoá lỏng loại 12kg và 45kg. Cũng theo thống kê của Cục Cảnh sát Phòng cháy chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ (PCCC&CNCH) Việt Nam từ năm 2015 đến 2023, đã xảy ra khoảng 235 vụ nổ làm 102 người chết (chiếm 12%) và 317 người bị thương (chiếm 21%) trong đó các sự cố phần lớn liên quan đến vận chuyển, bảo quản, sử dụng khí hoá lỏng và khí đốt hoá lỏng. Có thể thấy, sự cố liên quan đến khí đốt hoá lỏng, khí hoá lỏng hay sản phẩm dầu mỏ

đang thường xuyên xảy ra ở trong cuộc sống, sinh hoạt và sản xuất của người dân. Trong nước đã xảy ra một số vụ cháy nổ liên quan đến xe bồn vận chuyển khí hoá lỏng và khí đốt hoá lỏng như: ngày 02/6/2024 xảy ra cháy xe bồn chở khí hoá lỏng trên đường Võ Nguyên Giáp thuộc địa phận huyện Sóc Sơn, Hà Nội gây thiệt hại lớn về tài sản, hay vụ cháy ngày 15/02/2024 xảy ra xe bồn chở sản phẩm dầu mỏ trên cao tốc Trung Lương thuộc địa phận Thành phố Tân An, tỉnh Long An. Trong những sự cố nguy hiểm cháy, nổ liên quan đến khí hoá lỏng, sự cố “Nổ hơi giãn nở của chất lỏng sôi” – BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) là sự cố mang tính chất nguy hiểm thảm khốc, gây nhiều thiệt hại về người, phá huỷ công trình, tài sản khi xảy ra. Những ví dụ điển hình như: ngày 03/7/2024 vừa qua trên tuyến cao tốc BR-010, đoạn qua Thành phố Paragominas và Ulianópolis thuộc Bang Pará, Brazil, một xe bồn chở nhiên liệu bất ngờ bốc cháy sau đó phát nổ bởi hiện tượng BLEVE làm 6 người bị thương hay như vụ nổ xe bồn chở khí hoá lỏng xảy ra vào ngày 13/6/2020 tại Chiết Giang, Trung Quốc làm 190 người thương vong (19 người chết và 172 người bị thương).

2. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) được hiểu là hiện tượng “nổ hơi giãn nở của chất lỏng sôi” là “một vụ nổ do vỡ bình chứa chất lỏng chịu áp suất đang hoặc đã đến nhiệt độ đủ cao hơn điểm sôi của chất lỏng đó ở áp suất khí quyển”. Khái niệm này được nghiên cứu và đưa ra vào năm 1957 bởi các nhà nghiên cứu tại Công ty Bảo hiểm Tài sản Factory Mutual, Mỹ. Và đến năm 1970, khái niệm này được Tạp chí Chỉ huy Chữa cháy (Fire Command and Fire Journal) và Hiệp hội Phòng cháy chữa cháy NFPA của Mỹ (National Fire Protection Association's) đưa vào sử dụng. Căn cứ vào khái niệm và sự hình thành hiện tượng, sự cố BLEVE được phân chia thành 2 loại: BLEVE vật lý và BLEVE tác động nhiệt tạo quả cầu lửa.

Đối với bình chứa khí hoá lỏng cần cung cấp áp suất đủ để duy trì chất khí bên trong bình chứa ở dạng lỏng. Điều đó có nghĩa khi nâng áp suất của chất lỏng đồng thời nâng nhiệt độ sôi của chất lỏng đó. Ví dụ: nước ở điều kiện áp suất khí quyển 0.1Mpa(15psi) có nhiệt độ sôi là 100°C. Tuy nhiên, khi nâng áp suất lên 10 Mpa(1.500psi) thì nước có nhiệt độ sôi là 350°C. Do đó, khi thành bình chứa nước ở áp suất 10Mpa bị mất tính toàn vẹn vật lý (bị vỡ, thủng...) dẫn đến áp suất của nước giảm mạnh, thì ngay lập tức nước sẽ sôi và chuyển sang dạng hơi một cách bùng nổ (khoảng 1600 lần so với thể tích nước ở dạng lỏng với áp suất khí quyển) tạo thành vụ nổ hơi nước. Đây được gọi là BLEVE vật lý, nguyên nhân chính của hiện tượng này là do bình chứa mất tính toàn vẹn do tai nạn, va chạm, lỗi kỹ thuật trong sản xuất, lỗi kỹ thuật trong bảo quản gây ra nứt, vỡ, mất dần tính chịu lực của bình chứa.

BLEVE tác động nhiệt được hình thành thông qua 4 giai đoạn chính: (1) Làm nóng bình chứa chất lỏng có áp suất: dưới tác động nhiệt (có thể từ ngọn lửa, nung nóng từ năng lượng mặt trời...), chất lỏng bên trong bình chứa bắt đầu sôi, làm tăng thể tích trong bình chứa, làm tăng áp suất lên thành bình chứa; (2) *Tăng áp suất bên trong bình chứa*: Chất lỏng sôi nhanh chóng chuyển thành hơi và tăng áp suất lên thành bình chứa. Khi áp suất quá lớn dẫn tới hiện tượng nứt, vỡ bình chứa; (3) *Sự giãn nở nhanh chóng của hơi khí*: Khi bình chứa bị vỡ, hơi khí có áp suất

nh nhanh chóng thoát ra, giãn nở và nhanh chóng tràn ra khu vực xung quanh. Sự giải phóng áp suất và giãn nở đột ngột của hơi khí sẽ tạo thành sóng xung kích mạnh; (4) *Cháy nổ*: Khi chất lỏng trong bình chứa là chất dễ cháy. Hơi khí chất lỏng dễ cháy giải phóng đột ngột và bắt cháy tạo nên một quả cầu lửa.

Hiện tượng “*Nổ hơi giãn nở của chất lỏng sôi*” (cả vật lý hay tác động nhiệt) khi xảy ra sẽ mang tới nhiều mối đe dọa đến an toàn, tính mạng của người và công trình phụ cận. Các mối nguy hiểm từ hiện tượng “*Nổ hơi giãn nở của chất lỏng sôi*” được tính toán tới bao gồm: Sóng nổ từ vụ nổ hơi khí; Tác động nhiệt từ quả cầu lửa; Bắn văng các mảnh vỡ; Tác động của hơi khí độc hại với môi trường xung quanh.

Thứ nhất là tác động từ sóng nổ của hiện tượng BLEVE. Khi bình chứa bị mất tính toàn vẹn như nứt, vỡ. Hơi khí bên trong bình chứa nhanh chóng thoát ra và giãn nở ra môi trường xung quanh. Sự giải phóng hơi khí có áp suất và giãn nở đột ngột tạo thành vụ nổ hơi khí. Sóng xung kích sinh ra từ vụ nổ sẽ tác động lên công trình, phương tiện và người trong phạm vi của sóng nổ. Theo nghiên cứu và tính toán một bình chứa 10.000 lít khí Propane với 80% lượng khí bên trong khi xảy ra hiện tượng BLEVE, tác động từ sóng nổ đến các công trình ở khoảng cách 83m bị tổn hại tùy thuộc vào kiến trúc, kết cấu và vật liệu của công trình, người bên trong các công trình đó có thể bị tổn thương từ sóng nổ của vụ nổ. Đối với các công trình ở khoảng cách 29m (với kết cấu bê tông cốt thép, tường gạch hoặc tấm ốp chịu lực) bị phá hủy hoàn toàn, với tỷ lệ 100% người bên trong công trình bị tổn thương nghiêm trọng hoặc chết. Đối với tác động trực tiếp với sóng nổ được đánh giá, nghiên cứu và chỉ ra rằng: ở khoảng cách 18m, tỷ lệ 90% bị tổn thương tai (tổn thương màng nhĩ) và tỷ lệ 1% ở khoảng cách 54m [3].

Thứ hai là tác động nhiệt từ quả cầu lửa bùng phát từ đám cháy. Khi chất lỏng bên trong bình chứa là chất dễ cháy như: LPG, xăng dầu hay các chất dễ cháy khác. Dựa trên cơ chế hình thành của hiện tượng, các chất dễ cháy thoát ra và giãn nở đột ngột sẽ hình thành quả cầu hơi khí chất cháy và không khí tạo thành quả cầu hỗn hợp hơi khí nguy hiểm cháy, nổ,

quả cầu khí nhanh chóng bắt cháy với ngọn lửa ban đầu tạo thành một quả cầu lửa khổng lồ. Con người và công trình xây dựng nằm trong bán kính bức xạ nhiệt của quả cầu lửa sẽ nhanh chóng bị tổn thương, bị phá huỷ hoặc hình thành đám cháy thứ cấp nếu có các chất dễ cháy khác trong bán kính tác động nhiệt. Theo nghiên cứu trên, với hiện tượng BLEVE xảy ra với bình chứa 10.000 lít Propane, quả cầu lửa tạo ra có chiều cao tối đa là 137m với bán kính của quả cầu lửa là 89m. Dưới tác động nhiệt từ đám cháy, nghiên cứu chỉ ra rằng tỷ lệ 99% nạn nhân bị bỏng cấp độ 3 ở khoảng cách 89m và 1% tỷ lệ bỏng cấp độ 3 ở khoảng cách 135m [3].

Thứ ba là tác động từ các mảnh bắn, mảnh vỡ của bình chứa. Khi hiện tượng xảy ra, bình chứa sẽ bị xé rách theo nhiều vị trí, các mảnh vỡ sẽ bắn ra xung quanh theo các chiều hướng khó xác định. Theo nghiên cứu trên, khi bình chứa bị nổ dưới hiện tượng BLEVE có đến 80 - 90% các mảnh vỡ sẽ bị bắn đi với khoảng cách bằng 4 lần so với bán kính của quả cầu lửa, các mảnh bắn mạnh có thể văng xa với khoảng cách 15 - 30 lần so với bán kính của quả cầu lửa. Dưới nghiên cứu hiện tượng BLEVE với bình chứa 10.000 lít Propan, có 80 - 90% các mảnh vỡ bắn ra với khoảng cách 356m từ tâm vụ nổ, một phần các mảnh vỡ bắn xa hơn với khoảng cách hơn 2000m từ vụ nổ.

Thứ tư là tác động của hiện tượng BLEVE tới môi trường. Trong nhiều trường hợp hiện tượng BLEVE vật lý xảy ra, thường tạo thành và phân tán những đám mây khí độc ra môi trường xung quanh, điều này tác động trực tiếp tới sức khỏe và tính mạng của người và động vật. Bên cạnh đó, BLEVE vật lý xảy ra với bình chứa xăng dầu và sản phẩm dầu mỏ thường xảy ra sự chảy loang của xăng dầu, sản phẩm dầu mỏ ra môi trường xung quanh. Điều đó mang lại nhiều mối nguy hiểm kèm theo như cháy, nổ, ô nhiễm môi trường sống. Có thể thấy, khi hiện tượng BLEVE xảy ra sẽ gây ra nhiều yếu tố đe dọa cuộc sống của người dân, lính chữa cháy và phá huỷ các công trình phụ cận, do đó để ngăn ngừa khả năng xuất hiện cũng như các biện pháp xử lý hiện tượng BLEVE chúng ta cần thực hiện một số biện pháp sau.

3. Liên quan đến vấn đề thiết kế và sản xuất thiết bị chứa khí hoá lỏng, xăng dầu và các chất lỏng cháy khác. Trong phân tích hiện tượng BLEVE có thể xảy ra khi tiếp xúc với nhiệt độ hoặc vỏ thiết bị chứa có áp suất bị hư hỏng quá mức. Do đó trong sản xuất, thiết kế thiết bị chứa cần chịu được các điều kiện sử dụng và ngăn ngừa các tình trạng rò rỉ, nứt hoặc hư hỏng cấu trúc trong quá trình sử dụng. Bên cạnh đó công tác bảo quản, bảo trì các thiết bị chứa này cũng cần được quan tâm. Trong quá trình bảo quản, bảo dưỡng thiết bị chứa cần tránh cho thiết bị chứa tiếp xúc với các tác nhân gây hư hỏng thiết bị như nguồn nhiệt, lực va đập hay các tai nạn khác. Cùng với đó, trong thiết kế của thiết bị chứa cần chú trọng đến khả năng hoạt động có hiệu quả của van giảm áp trong trường hợp gặp sự cố gia tăng áp suất bên trong thiết bị chứa. Van giảm áp phải đảm bảo xả khí bên trong bình đủ nhanh để giảm áp lực tác động vào bình chứa một cách nhanh nhất, an toàn nhất.

Huấn luyện, đào tạo lực lượng PCCC&CNCH và các lực lượng khác liên quan đến ứng phó xử lý sự cố, tai nạn, biết được các đặc tính cơ bản của khí hóa lỏng, xăng dầu và các chất khác. Các đặc tính vật lý, hoá học và đặc biệt là các đặc tính liên quan đến tai nạn, sự cố, cháy, nổ các thiết bị chứa các chất trên như tính chất nguy hiểm cháy, nổ, độc, khả năng phát sinh đám cháy, tai nạn sự cố; khả năng gây tổn thương cho người, động vật và khả năng phá huỷ công trình khi hiện tượng xảy ra. Bên cạnh đó cần huấn luyện về kỹ thuật, chiến thuật cho lực lượng PCCC&CNCH phù hợp để đảm bảo xử lý nhanh chóng, hiệu quả hiện tượng BLEVE khi xảy ra. Theo tính toán trong thực nghiệm ở trên, đối với hiện tượng BLEVE thời gian diễn ra rất quan trọng, khả năng xảy ra hiện tượng tỷ lệ thuận với thời gian bị nung nóng của thiết bị. Ví dụ: thiết bị chứa 400 lít có thời gian xảy ra hiện tượng là 03 - 05 phút, thiết bị chứa 40.000 lít thời gian thường kéo dài từ 08 - 12 phút. Do đó, việc nhận thông tin và đưa ra chiến thuật xử lý sự cố là rất quan trọng. Xây dựng phương án ứng cứu, xử lý sự cố và thường xuyên tổ chức luyện tập phương án để đảm bảo khả năng và thời gian triển khai đáp ứng xử lý kịp thời, phù hợp với tính chất nguy hiểm với hiện tượng

xảy ra. Lực lượng chữa cháy và CNCH cũng cần thiết tính toán đến khả năng để hiện tượng BLEVE xảy ra và di dời người dân sống trong khu vực xung quanh để giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản. Theo tính toán, bán kính cần di tản người và tài sản là 400m với thiết bị chứa 400 lít Propan, 800m đối với bình chứa 4000 lít Propan và 1800m đối với bình chứa 40.000 lít Propan.

Bên cạnh đó, trong kỹ thuật, chiến thuật tiếp cận hiện tượng cần duy trì khoảng cách phù hợp để đảm bảo an toàn cho lực lượng và phương tiện. Theo tính toán. Khoảng cách phù hợp với quan sát và bắt đầu tiếp cận hiện tượng với bình chứa 400 lít là 90m, 150m với bình chứa 4000 lít và 320m đối với bình chứa 40.000 lít. Đối với lực lượng khi tiếp cận vào xử lý sự cố cần đảm bảo đầy đủ thiết bị bảo hộ cá nhân như quần áo cách nhiệt, quần áo chống cháy, thiết bị phòng chống khói khí độc và các trang thiết bị bảo hộ khác của lực lượng PCCC&CNCH. Khi xử lý hiện tượng đã xảy ra, chúng ta có thể chia thành hai trường hợp. Trường hợp đầu tiên là hiện tượng xảy ra mà không có ngọn lửa. Trong trường hợp này việc cần thiết là làm cho dòng khí thoát ra phải chậm lại hoặc dừng lại, việc đó được thực hiện thông qua các van điều khiển của thiết bị còn nguyên vẹn để điều khiển dòng khí thoát ra, thực hiện bởi các nhân viên được đào tạo bài bản về ứng phó sự cố rò rỉ khí hoặc BLEVE. Hoặc có thể xử lý bằng cách làm tiêu hao hơi khí tích tụ trong khu vực xảy ra bằng thông gió tự nhiên, cưỡng bức hoặc sử dụng nước để làm loãng nồng độ hơi khí. Đối với hiện tượng BLEVE có ngọn lửa tác động việc cần thiết, quan trọng cần làm là sử dụng nước để làm mát bình chứa, duy trì khả năng chịu áp lực của bình chứa, Trong trường hợp này người chỉ huy cần tính toán đến khoảng cách an toàn của thiết bị chữa cháy hay thiết bị phun nước, có thể sử dụng lăng giá di động, lăng giá cố định gắn trên xe thang hoặc các lăng phun của thiết bị không người lái để đảm bảo an toàn cho lực lượng. Bên cạnh đó cần duy trì nguồn nước đầy đủ để duy trì lưu lượng phun vào thiết bị chứa. Theo tính toán cần lưu lượng 200 lít/phút đối với bình 400 lít Propan, 700 lít/phút với bình chứa

4000 lít Propan, và 2000 lít/phút với thiết bị chứa 40.000 lít Propane. Khoảng cách phun bao phủ lên thiết bị chứa vào khoảng 15 - 30m đối với từng loại.

BLEVE hay “nổ hơi giãn nở của chất lỏng sôi” là sự cố mang tính chất thảm khốc có nguy cơ xảy ra đối với kho, thiết bị chứa khí hoá lỏng, sản phẩm dầu mỏ hay các loại hoá chất khác. Khi sự cố diễn ra mang theo nhiều yếu tố nguy hiểm đe dọa trực tiếp đến mạng sống của người dân, phá hủy công trình xây dựng phụ cận hay đe dọa trực tiếp đến tính mạng và sức khoẻ của cán bộ, chiến sỹ thực hiện công tác chữa cháy và CNCH ở hiện trường. Do đó cần hiểu sâu sắc khái niệm, các dấu hiệu, điều kiện xảy ra sự cố, các mối nguy hiểm từ sự cố. Để từ đó đưa ra được các giải pháp phù hợp đảm bảo an toàn tính mạng, sức khoẻ cho người dân, cán bộ, chiến sỹ chữa cháy và CNCH và đảm bảo an toàn cho tài sản, công trình xây dựng. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Cảnh sát PCCC&CNCH, *Báo cáo Kết quả công tác PCCC&CNCH từ năm 2015 đến 2023 của lực lượng Cảnh sát PCCC&CNCH*, Hà Nội.
2. Tổng Công ty Khí Việt Nam (2021), *Báo cáo ngành Công nghiệp Khí lần 1*, Hà Nội.
3. Michael W. Roberts “*Analysis of Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) Events at DOE Sites*”. EQE International, Inc. 2000
4. <https://tc.canada.ca/en/dangerous-goods/bleve-response-prevention>.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Boiling_liquid_expanding_vapor_explosion.