

CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐÁNH GIÁ THIẾT HẠI DO NỔ THIẾT BỊ CHỨA KHÍ CÔNG NGHIỆP TRONG ĐÁNH GIÁ RỦI RO MÔI TRƯỜNG

Huỳnh Huy Việt⁽¹⁾, Nguyễn Thị Vinh⁽²⁾

(1) Chi cục Bảo vệ môi trường Phú Yên, (2) Trường đại học Thủ Dầu Một

TÓM TẮT

Đánh giá thiệt hại do vụ nổ thiết bị chứa khí công nghiệp gây ra phụ thuộc vào các kịch bản và các yếu tố gây ra các thiệt hại. Bài báo này trình bày các kịch bản có thể xảy ra sau vụ nổ các thiết bị chứa khí công nghiệp, phân tích các yếu tố gây ra các thiệt hại như nổ thiết bị chịu áp lực (nổ vật lý), nổ đám mây hơi, quả cầu lửa và phát tán môi chất làm cơ sở để đánh giá thiệt hại do vụ nổ thiết bị chứa khí công nghiệp gây ra trong đánh giá rủi ro môi trường.

Từ khóa: *Đánh giá thiệt hại, nổ thiết bị áp lực, kịch bản, yếu tố thiệt hại*

1. Đặt vấn đề

Thiết bị chứa khí công nghiệp bao gồm CNG (compressed natural gas), LPG (liquefied petroleum gas), axetylen... và những khí không cháy khác. Tuy nhiên việc sử dụng khí công nghiệp luôn tiềm ẩn nguy cơ gây ra tai nạn công nghiệp rất lớn. Thực tế đã xảy ra nhiều tai nạn làm thiệt hại về người, tài sản và môi trường trên thế giới và Việt Nam mà nguyên nhân của các tai nạn này chủ yếu xuất phát từ môi trường lao động như máy móc, thiết bị, công nghệ, con người... Để có thể phòng ngừa và ứng phó với các sự cố do tai nạn thiết bị chịu áp lực gây ra thì việc nhận diện các yếu tố gây ra thiệt hại và đánh giá định tính mức độ tác động gây ra thiệt hại sau vụ nổ thiết bị chứa khí công nghiệp là cần thiết. Nội dung của nghiên cứu này chủ yếu phân tích các kịch bản có thể xảy ra sau vụ nổ của thiết bị chứa khí công nghiệp. Dựa trên các kịch bản này, xác định cơ sở đánh giá thiệt hại do các vụ nổ chứa khí công nghiệp trong đánh giá rủi ro môi trường.

2. Những thiệt hại do tai nạn công nghiệp gây ra

Trong hoạt động sản xuất công nghiệp cũng như vận chuyển hóa chất nguy hại, tai nạn công nghiệp thường liên quan đến một hoặc nhiều hiện tượng nguy hiểm như cháy, nổ hoặc rò rỉ hóa chất. Tai nạn công nghiệp gây thiệt hại đến con người, tài sản và môi trường[3]. Các tác động lên con người bao gồm tác động về thể chất (chấn thương, chết người) và tác động về tâm lý. Những tác động này có thể tác động lên cả người lao động và người dân khu vực xung quanh; các tác động lên tài sản bao gồm sự phá hủy thiết bị và công trình, nhà xưởng.... Các tác động môi trường có thể là ngay lập tức hoặc lâu dài và bao gồm sự phát tán chất nguy hại vào môi trường đất, nước, không khí và các tác động lên các lợi ích khác...

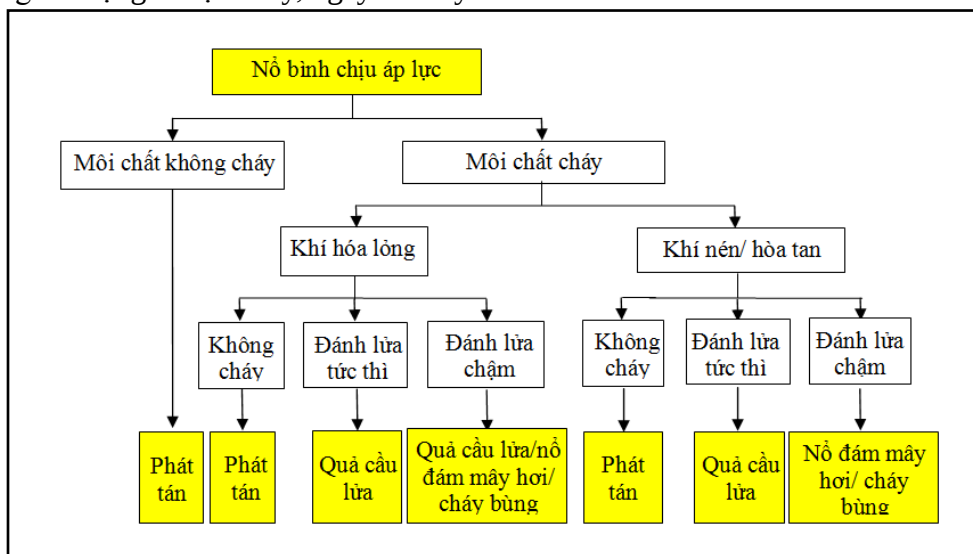
Khí công nghiệp được lưu trữ trong các bình chứa chịu áp lực dưới 3 dạng: dạng khí nén (như CNG – compressed natural gas), dạng khí hòa tan (như axetylen), dạng

khí hóa lỏng (như LPG – liquefied petroleum gas) [7]. Sau vụ nổ, môi chất thoát vào khí quyển dưới dạng đám mây hơi và các kích bắn:

Đối với thiết bị chứa khí nén, khí hòa tan

Kích bắn sau vụ nổ phụ thuộc vào điều kiện xuất hiện tác nhân gây cháy và độ ổn định khí quyển, các tình huống có thể xảy ra như ngay sau vụ nổ, lượng môi chất thoát ra ngoài và tăng về thể tích. Khí bên trong đám mây hơi này chưa kịp hòa trộn với không khí, nhưng bên ngoài của đám mây đã hòa trộn với không khí đạt giới hạn cháy, ngay lúc này

nếu có sự hiện diện của nguồn gây cháy, quả cầu lửa sẽ được hình thành[3]. Cũng có khi sau vụ nổ, đám mây hơi hòa trộn với không khí tạo thành hỗn hợp cháy nổ và trong quá trình đám mây hơi này phát tán trong không khí gặp tác nhân gây cháy và kích bắn sẽ là vụ nổ đám mây hơi hờ hoặc cháy bùng phụ thuộc vào độ ổn định của khí quyển, khối lượng riêng của môi chất so với khối lượng riêng của không khí [3][6]. Sau vụ nổ nếu như không có sự hiện diện của tác nhân gây cháy, đám mây hơi này sẽ phát tán vào không khí và gây ô nhiễm.



Hình 1: Kích bắn sau vụ nổ của thiết bị chứa khí công nghiệp

Đối với thiết bị chứa khí hóa lỏng

Để chứa khí dưới dạng lỏng có hai cách: làm lạnh dưới điểm sôi hoặc tăng áp suất lên cao (thông thường người ta lưu trữ khí dưới dạng áp suất cao). Khi thiết bị chịu áp lực chứa môi chất lỏng tiếp xúc với nguồn nhiệt, áp suất bên trong thiết bị sẽ tăng hoặc do tác động cơ học làm thiết bị bị sự cố (nứt, vỡ) và môi chất thoát ra ngoài, toàn bộ hoặc 1 phần chất lỏng sẽ sôi bùng và hóa hơi nhanh và gây ra vụ nổ vật lý, đây là hiện tượng nổ BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion - nổ do chất lỏng sôi hóa hơi).

Khi đánh giá kích bắn sau vụ nổ, cần xem xét điều kiện xuất hiện tác nhân gây cháy và độ ổn định của khí quyển như sau:

– Khi đám mây hơi này gặp tác nhân gây cháy tức thì sẽ tạo quả cầu lửa. Việc bắt cháy hay không còn phụ thuộc vào trạng thái của thiết bị [5]. Nếu xảy ra sự cố từ trạng thái nóng (bị gia nhiệt từ bên ngoài) thì ngay lập tức xuất hiện quả cầu lửa. Nếu sự cố xảy ra từ trạng thái lạnh (không bị gia nhiệt từ bên ngoài), việc bắt cháy sẽ khó khăn hơn do sau vụ nổ môi trường xung quanh rất lạnh, chẳng hạn với LPG chỉ có 5% là bắt cháy tạo quả cầu lửa

khi gặp tác nhân gây cháy tức thì[4]. Khi đám mây không bắt cháy được sẽ phát tán vào không khí. Trong quá trình phát tán trong không khí có thể bắt cháy (bị gây cháy muộn) hoặc không bắt cháy.

– Khi đám mây bị gây cháy muộn và kích bản sẽ là quả lửa, nổ đám mây hơi hoặc cháy bùng phụ thuộc vào độ ổn định của khí quyển và khối lượng riêng của môi chất so với khối lượng riêng của không khí, trường hợp này cần nghiên cứu thêm. Sau sự cố BLEVE, đám mây hơi này không bắt cháy sẽ phát tán vào không khí gây ô nhiễm.

3. Cơ sở lý thuyết đánh giá thiệt hại trong đánh giá rủi ro môi trường

Qua phân tích các kịch bản sau vụ nổ thiết bị chứa khí công nghiệp, những yếu tố có thể gây tác hại chính cho con người, tài sản và môi trường là: nổ thiết bị chịu áp lực (nổ vật lý), nổ đám mây hơi, quả cầu lửa và phát tán môi chất

Trường hợp 1: nổ thiết bị chịu áp lực (nổ vật lý)

Nổ vật lý là hiện tượng phá vỡ sự toàn vẹn của thiết bị để giải phóng năng lượng nhằm cân bằng áp suất giữa trong và ngoài thiết bị. Năng lượng này thoát ra ngoài được phân bố vào việc tạo ra sóng xung kích/quá áp, cung cấp động năng cho các mảnh vỡ và phá vỡ hoàn toàn thiết bị (chỉ một lượng nhỏ năng lượng được dùng để phá vỡ thiết bị thành nhiều mảnh)[3]. Những tác động gây thiệt hại do nổ thiết bị chịu áp lực là do sóng xung kích và vật văng bắn. Ngoài ra còn phải kể đến tiếng ồn gây hại cho con người do vụ nổ tạo nên.

Hầu hết thiết bị có cấu tạo từ những vật liệu mà khi ở điều kiện áp suất làm việc vẫn còn ở trạng thái dẻo. Khi nổ, thiết bị sẽ bị vỡ thành các mảnh lớn và năng lượng

được phân bố tạo ra sóng xung kích chỉ khoảng 40-50% [3]. Mảnh vỡ từ vụ nổ có phạm vi tác động lớn, lớn hơn phạm vi tác động của sóng xung kích và tác động nhiệt của quả cầu lửa. Những mảnh vỡ này có thể gây ra hiệu ứng “domino” nếu nó tác động lên những thiết bị chịu áp lực khác. Đối với thiết bị dạng hình cầu, khoảng 70% mảnh vỡ đi xa dưới 200m, có trường hợp khoảng cách đạt tới 600m và thậm chí 700m. Đối với thiết bị dạng hình trụ, phạm vi văng bắn xa hơn, mảnh vỡ đi xa tới 1.100m [3]. Số lượng các mảnh vỡ được dự đoán trong bảng 1 [3].

Bảng 1: Số lượng mảnh vỡ từ nổ bình chịu áp lực

Hình dạng thiết bị	Số lượng mảnh vỡ
Dạng hình trụ	2 – 3
Dạng hình cầu	2 – 15 (thường ít hơn 5)

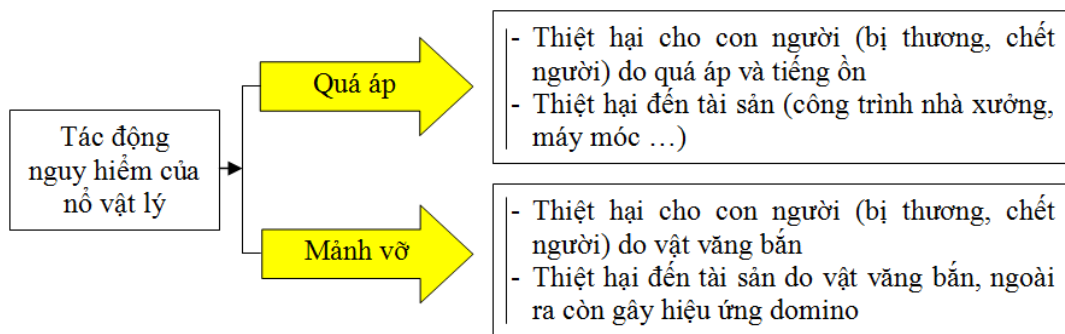
Theo các số liệu từ Thanh tra lao động TP.HCM cho thấy đã có 2 vụ nổ bình chịu áp lực đã xảy ra tại TP.HCM. Vụ thứ nhất xảy ra tại cơ sở gia công ghề sắt (Quận 10) vào lúc 9 giờ 30 phút ngày 5/9/1996, tai nạn là do nổ chai oxy còn đầy loại 40 lít. Thiệt hại do tai nạn là 176.940.000 đồng, làm chết 5 người và 15 người bị thương. Vụ thứ hai: xảy ra tại công ty TNHH Đ.A.S chuyên sản xuất các sản phẩm nhựa van ống nước, vòi sen nhựa vào lúc 6 giờ 15 phút ngày 12/9/2006. Tai nạn là do nổ 1 bình khí nén (làm thiết bị trợ lực cho hệ thống ép thủy lực gắn trên máy ép nhựa), sau vụ nổ là cháy lan ra khu vực xung quanh. Bình khí nén này có $P_{\text{làm việc}} = 210 \text{ kG/cm}^2$, $V = 6,3 \text{ lít}$. Vụ nổ đã thiêu hủy 1/3 xưởng và phần lớn các máy ép nhựa công ty, thiệt hại tài sản khoảng 2,5 tỷ đồng, 8 người bị thương, trong đó có 2 người bị thương nặng [nguồn: Thanh tra lao động TP.HCM].



Hình 2: Hiện trường vụ nổ chai oxy và phần chai bị xé ở khoảng 1/3 thân



Hình 3: Máy ép nhựa sau vụ nổ và toàn cảnh nhà xưởng sau vụ nổ



Hình 4: Tác động của nổ thiết bị chứa khí

Quả cầu lửa (fireball):

Đám mây hơi sau vụ nổ thiết bị chịu áp lực thường có dạng gần giống quả cầu. Đám mây này bị kích cháy nhưng vì không có oxy bên trong và cháy chỉ xảy ra bên ngoài quả cầu gọi là quả cầu lửa [3], trong quá trình xáo trộn mạnh của không khí xung quanh do lửa cho phép không khí

thâm nhập vào bên trong quả cầu. Khi đám mây hơi bị kích cháy tức thì tại vị trí trên mặt đất tạo ra quả cầu lửa, sau đó toàn bộ khối này sẽ tăng lên về thể tích, bốc lên cao, phát tán trong không gian và suy tàn [5]. Qua khảo sát thực tế, quả cầu lửa thường kéo dài ít hơn 1 phút, thông thường là vài giây [3].

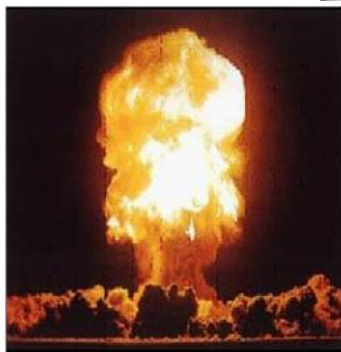
Một quả cầu lửa thường kèm theo tỏa nhiệt rất mạnh và gây ra hậu quả nghiêm trọng, trong khi tác động về áp suất dư là rất hạn chế về phạm vi so với tác động nhiệt [5][6]. Đối với người, mức bức xạ nhiệt $< 5 \text{ kW/m}^2$ không gây ảnh hưởng nếu có biện pháp phòng tránh; mức bức xạ nhiệt $> 37,5 \text{ kW/m}^2$ là giới hạn gây chết người. Thời gian hư hỏng đối với dầm thép không được bảo vệ là 5 phút trong điều kiện tia lửa (250 kW/m^2), 10 phút trong

điều kiện bề lửa (150 kW/m^2) và 30 phút trong điều kiện nhiệt lượng là $37,5 \text{ kW/m}^2$. Trong điều kiện đủ không khí, khi cháy đám mây hơi sẽ tạo ra khói là hỗn hợp CO_2 , hơi nước và NO_x gây ô nhiễm môi trường và tác hại đến con người. Đồng thời, khi cháy sẽ tiêu thụ oxy trong không khí dẫn đến giảm lượng oxy, lượng khói sinh ra làm hạn chế tầm nhìn, khi khói chiếm 15% thể tích không khí sẽ gây khó khăn cho việc thoát hiểm của con người.

Hình 5: Đám mây LPG hình thành sau vụ nổ [2]



Hình 6: Quá trình hình thành và kết thúc của quả cầu lửa [5]



Giai đoạn quả cầu lửa xuất hiện khi cháy đám mây hơi LPG

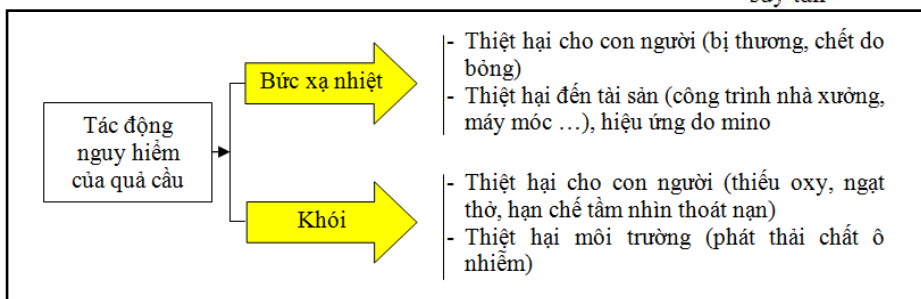


Giai đoạn quả cầu lửa bốc lên cao



Giai đoạn quả cầu lửa phát tán trong không gian và suy tàn

Hình 7: Tác động của quả cầu lửa



Nổ đám mây hơi (vapor explosion):

Nổ diễn ra khi tăng đột ngột về thể tích do phản ứng cháy nhanh đám mây hỗn hợp của chất cháy và không khí. Một vụ nổ đám

mây hơi thường đi kèm theo cháy bùng (flashfire) và quá áp/sóng xung kích (overpressure/shockwave) [3], ngoài ra còn sinh ra tiếng ồn gây hại cho con người.

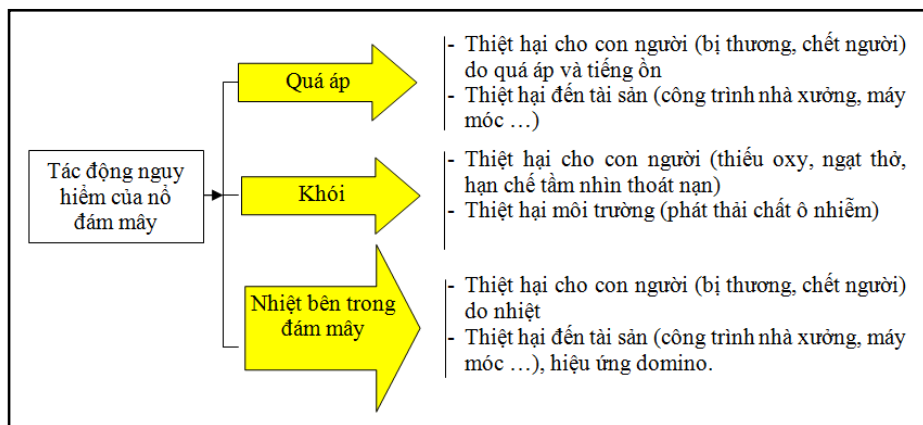
Khi khí/hơi thoát ra hình thành đám mây hơi trong một điều kiện khí tượng nhất định, đám mây hơi này sẽ khuếch tán làm cho hỗn hợp cháy và không khí sẽ được hòa trộn đạt đến giới hạn cháy, khi đó kích thước đám mây tăng lên. Khi gặp tác nhân gây cháy, đám mây hơi sẽ cháy rất nhanh, tốc độ cháy của hỗn hợp cháy LPG được ghi nhận là 5 – 10m/s và tăng lên theo tốc độ gió. Khoảng thời gian xảy ra cháy đám mây hơi rất ngắn, khoảng vài chục giây, đây là hiện tượng cháy bùng. Khu vực được bao phủ bởi đám mây hơi này sẽ bị tác động nhiệt rất mạnh, trong khi đó bên ngoài khu vực này tác động nhiệt bị giảm mạnh và có thể bỏ qua. Nếu khối lượng chất cháy trong hỗn hợp cháy nổ đủ lớn sẽ gây ra sóng xung kích, giá trị này còn tùy thuộc vào tính chất môi

trường chứa đám mây hơi, một giá trị được gọi ý là ít nhất 1 kg [3].

Chỉ một phần nhỏ năng lượng phản ứng cháy tỏa ra được dùng để tạo ra sóng xung kích. Sóng xung kích được xác định bởi khối lượng chất cháy tham gia và tính chất môi trường chứa đám mây hơi. Dựa vào môi trường xảy ra nổ, ta có: nổ kín (confined explosion) là nổ ở nơi có không gian kín như bên trong đường ống, cống rãnh, bể chứa, phòng kín...; nổ hở (unconfined explosion) là nổ ở nơi có không gian mở, hoặc nổ một phần kín (partly confined explosion) là nổ ở nơi có không gian mở 1 phần [3].

Cũng giống như quả cầu lửa, khi cháy đám mây hơi sẽ tạo ra khói gây ô nhiễm môi trường và tác hại đến con người.

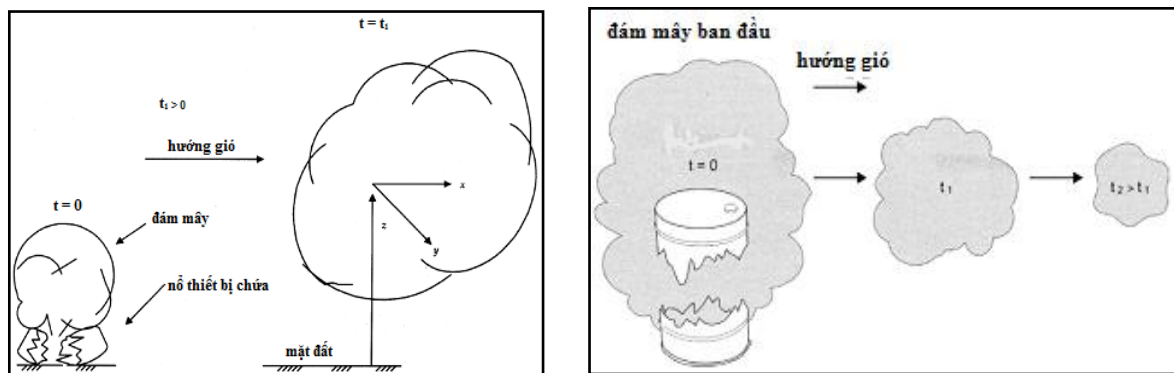
Hình 8: Tác động của nổ đám mây hơi



Phát tán môi chất

Trong hoạt động sản xuất công nghiệp, các thiết bị chịu áp lực thường có xu hướng môi chất bên trong thoát ra ngoài, đây là những nguồn thải thấp. Việc phát thải từ nguồn này có thể là phát thải tức thời hay phát thải liên tục (tùy trường hợp) sẽ ảnh hưởng đến con người và môi trường [6][3]. Đối với sự cố nổ thiết bị chứa môi chất, được xem là nguồn thải tức thời [6][3]. Sau sự cố nổ, sẽ hình thành một đám mây vừa

di chuyển theo gió vừa xảy ra quá trình khuếch tán vào không khí. Thể tích của khối có nồng độ đậm đặc ban đầu sẽ giảm dần theo thời gian, nhưng thể tích của đám mây (bao gồm của khối đậm đặc và nồng độ thấp ở phía ngoài) sẽ tăng dần lên khi di chuyển theo gió [3]. Đối với môi chất cháy nổ, việc xác định đường viền giới hạn cháy nổ của đám mây là rất quan trọng trong công tác dự báo kích thước, hình dạng của đám mây cháy nổ.



Hình 9: Sự cố nổ thiết bị tạo đám mây và diễn tiến của khối đậm đặc theo gió

3. Kết luận

Nguy cơ xảy ra các sự cố môi trường trong sử dụng các thiết bị chịu áp lực là điều có thể xảy ra nếu chúng ta không có biện pháp phòng ngừa hữu hiệu. Muốn vậy khi thực hiện công tác đánh giá rủi ro môi trường do các vụ nổ thiết bị chứa khí công nghiệp gây ra cần phải xem xét các kịch bản để có thể dự báo các nguy cơ và tác động. Các kịch bản xảy ra trong nổ thiết bị chịu áp lực phụ thuộc

vào các yếu tố thiệt hại như nổ vật lý, nổ đám mây hơi, quả cầu lửa và phát tán môi chất. Với mỗi một yếu tố thiệt hại khác nhau dẫn đến hậu quả khác nhau. Do vậy, khi thực hiện đánh giá hậu quả của vụ nổ thiết bị chứa khí công nghiệp cần phải nghiên cứu cụ thể từng yếu tố, định tính và định lượng các thiệt hại để có những biện pháp phòng ngừa và ứng phó với các sự cố phù hợp vừa đảm bảo hiệu quả và tính kinh tế.

DETERMINING SCIENTIFIC BASE TO ASSESS CONSEQUENCY CAUSED BY THE INDUSTRIAL GAS PRESSURE VESSEL EXPLOSION IN ENVIRONMENT RISK ASSESSMENT

Huynh Huy Viet, Nguyen Thi Vinh

ABSTRACT

Assessing the explosion risk of industrial gases depends on scenarios and hazard factors. This paper presents scenarios, determines factors and causing the consequence of industrial gas pressure vessel explosion to human, property, and environment (CNG, LPG, acetylene..., other non-flammable gases). Analysing factors as vapor cloud explosion, fireball, pressure vessel explosion, and dispersing vapor cloud are the scientific base to assess the consequence caused by the industrial gas pressure vessel explosion in environmental risk assessment

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Lao động Thương binh và Xã hội, *Thông tư số 32/2011/TT-BLĐTBXH ngày 14 tháng 11 năm 2011 về việc hướng dẫn thực hiện kiểm định kỹ thuật an toàn lao động các loại máy, thiết bị, vật tư có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn lao động*, Hà Nội, 2011.
- [2] Jan Stawczyk, *Experimental evaluation of LPG tank explosion hazards*, Tạp chí Hazardous Materials. Volume 96, Issues 2–3, 31 January 2003. Pages 189–200.

- [3] Joaquim Casal, *Evaluation of the effects and consequences of major accidents in industrial plants*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2008.
- [4] Lý Ngọc Minh, *Nghiên cứu xây dựng phương pháp đánh giá sự cố môi trường trong sử dụng khí hóa lỏng (LPG) ở Việt Nam*. Luận án tiến sĩ, Viện Môi trường và Tài nguyên thành phố Hồ Chí Minh, 2009.
- [5] Lý Ngọc Minh, Khảo sát và ứng dụng mô hình toán để đánh giá sự cố môi trường trong công nghiệp dầu khí, Tạp chí Công nghiệp, số 8 tháng 12/2011.
- [6] Samuel Seamore Chamberlain, *Development of a physics of failure model quantitative assessment of the fire fatality risks of compressed natural gas bus cylinders*, Luận án tiến sĩ, Đại học Maryland, 2004.
- [7] Huỳnh Huy Việt, *Đánh giá sự cố trong sử dụng khí công nghiệp và đề xuất biện pháp phòng ngừa sự cố cho ngành cơ khí, nghiên cứu trường hợp điển hình tại Công ty cổ phần cơ điện Thủ Đức*, Luận văn cao học, Viện Môi trường và Tài nguyên thành phố Hồ Chí Minh, 2011.

- Ngày nhận bài: 20/01/2016
- Chấp nhận đăng: 28/04/2016

Liên hệ: Nguyễn Thị Vinh

Phòng Đào tạo Trường Đại học Thủ Dầu Một

Số 6 Trần Văn Ôn, Phú Hòa – Thủ Dầu Một – Bình Dương

Email: vinhnt@tdmu.edu.vn