

Ngày nhận bài: 11/4/2025; Ngày thẩm định: 28/4/2025; Ngày duyệt đăng: 09/5/2025.

GIẢI PHÁP PHÒNG NGỪA, GIẢM THIỂU THIẾT HẠI KHI XẢY RA SỰ CỐ TẠI BỂ CHỨA DẦU MỎ VÀ CÁC SẢN PHẨM DẦU MỎ

Thượng tá, TS VŨ VĂN THỦY

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

Đại úy, TS BÙI QUANG TIẾN

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

*Tác giả liên hệ: Bùi Quang Tiến (quangtien12a6@gmail.com)

Tóm tắt: Bể trụ đứng được sử dụng rộng rãi và phổ biến để lưu trữ dầu mỏ và các sản phẩm dầu mỏ tại Việt Nam và nhiều nước trên thế giới. Tuy nhiên, trong thời gian qua, các sự cố tại loại bể chứa này vẫn thường xuyên xảy ra, dẫn đến những hậu quả và thiệt hại nặng nề về người, tài sản, cũng như môi trường. Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp để phòng ngừa, giảm thiểu thiệt hại khi xảy ra sự cố tại bể chứa dầu mỏ và các sản phẩm dầu mỏ, cũng như đưa ra các giải pháp đảm bảo an toàn cho các bể chứa này là một trong những vấn đề cần được tiếp tục nghiên cứu và quan tâm.

Từ khóa: bể chứa có thành bảo vệ, bể trụ đứng, bể trụ ngang, đê bao có mái chắn sóng, đê bao ngăn cháy, sóng đột phá.

Abstract: Vertical cylindrical tanks are widely utilized for storing petroleum and petroleum products in Vietnam and many other countries worldwide. However, in recent years, incidents involving this type of tank have occurred with increasing frequency, resulting in significant harm to people, property, and the environment. Thus, the development of solutions to prevent and minimize damage during such incidents, as well as the establishment of measures to enhance the safety of storage tanks, has become a critical area requiring further research and attention.

Keywords: tank with protective wall, vertical cylindrical tank, horizontal cylindrical tank, roofed dike, containment dike, surge wave.

1. Bể chứa hình trụ đứng bằng thép (bể trụ đứng) được xem là tối ưu nhờ có sự vượt trội về thiết kế do tiết kiệm vật liệu, dễ thi công, ít tốn nhân lực và tốc độ lắp đặt nhanh. Bể trụ đứng được thiết kế nhằm mục đích chứa dầu mỏ và các sản phẩm dầu mỏ (DM&SPDM) hoặc các chất lỏng khác. Loại bể này được sử dụng phổ biến và rộng rãi tại các kho để tiếp nhận, lưu trữ và phân phối DM&SPDM của các ngành công nghiệp, năng lượng, giao thông vận tải, cũng như các kho kinh doanh, dự trữ quốc gia, kho của nhà máy chế biến và lọc hóa dầu,....

Các nước tiên tiến trên thế giới đã có hàng trăm năm kinh nghiệm trong việc thiết kế, xây dựng và vận hành bể trụ đứng, tuy nhiên thời gian qua các sự cố tại loại bể chứa này vẫn tiếp tục diễn ra, dẫn đến những hậu quả và thiệt hại về người, tài sản, cũng như môi trường. Theo kết quả phân tích dữ liệu các sự cố tại bể trụ đứng ở một số quốc gia khác nhau đã chỉ ra rằng, khi bể chứa bị phá hủy hoàn toàn sẽ gây ra những hậu quả vô cùng nghiêm trọng, dòng chất lỏng chảy tràn qua đê bao ngăn cháy mang theo nguồn năng lượng lớn có thể tiếp tục phá hủy hoặc làm hư hỏng các bể chứa lân cận, cũng như các đường ống

dẫn, tòa nhà, công trình thiết bị,... gần đó và thậm chí có thể lan ra một khu vực rộng lớn trở thành thảm họa theo hiệu ứng domino [6, 7, 11]. Nguyên nhân là do các đê bao ngăn cháy thông thường không có khả năng ngăn chặn dòng thủy động lực mạnh mẽ (sóng đột phá) của chất lỏng được hình thành khi bể chứa bị phá hủy hoàn toàn. Các đê bao ngăn cháy này thường được bố trí bao quanh một hoặc một nhóm bể chứa, kết cấu đê được tính toán theo áp lực thủy tĩnh của DM&SPDM chảy tràn [3].

Tại Việt Nam các bể trụ đứng thường được bố trí tại các khu vực gần cửa sông, biển, đường giao thông nhằm thuận lợi cho việc xuất, nhập và vận chuyển DM&SPDM bằng đường thủy và đường bộ, ngoài ra nhiều cơ sở còn bố trí các bể trụ đứng nằm trong khu vực dân cư. Điều này làm tăng thêm rủi ro xảy ra các sự cố cháy, nổ gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản cũng như các thảm họa về môi trường.

Hiện nay, nước ta đang đặt mục tiêu phát triển hệ thống hạ tầng dự trữ, cung ứng xăng dầu, khí đốt quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 đáp ứng các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật, môi trường, đảm bảo dự trữ, cung ứng đầy đủ, an toàn, liên tục cho phát triển kinh tế, xã hội, an ninh, quốc phòng [4]. Đảm bảo sức chứa dự trữ dầu thô và sản phẩm xăng dầu cả nước đạt 75 - 80 ngày nhập ròng, phần đầu đạt 90 ngày nhập ròng; đảm bảo sức chứa dự trữ khí đốt đáp ứng nhu cầu thị trường trong nước và khí nguyên liệu cho các ngành năng lượng và công nghiệp. Vì vậy, trong thời gian tới, nước ta sẽ cần phải xây dựng mới, cải tạo và mở rộng các kho chứa DM&SPDM nhằm đáp ứng các mục tiêu trong Quy hoạch đã đề ra.

Từ những vấn đề đã nêu ở trên, nhằm nâng cao mức độ an toàn trong việc lưu trữ DM&SPDM góp phần đảm bảo mục tiêu phát triển kinh tế, xã hội, an ninh, quốc phòng. Bài viết phân tích những sự cố xảy ra tại bể trụ đứng ở Việt Nam và một số nước trên thế giới, cũng như xem xét chi tiết hơn về hiệu quả của các biện pháp hiện có để từ đó đưa ra các giải pháp phòng ngừa, giảm thiểu thiệt hại khi xảy ra sự cố tại bể trụ đứng chứa DM&SPDM.

2. Trong thời gian vừa qua, đã xảy ra một số sự cố bể trụ đứng. Sự cố xảy ra vào ngày 09 tháng 3 năm 2022 tại Liên bang Nga, trên địa phận của cơ sở sản xuất thuộc Xí nghiệp Cung cấp năng lượng ở thành phố Penza, một bể trụ đứng loại 2000m³ chứa nhựa đường đã bị phá hủy hoàn toàn [9]. Từ hình ảnh trích xuất của camera giám sát an ninh (Hình 1) có thể thấy tại thời điểm xảy ra sự cố, thành bể chứa bị rách toác từ đáy lên đỉnh và mở bung ra hai bên do áp lực lớn của chất lỏng chứa bên trong, sóng đột phá được hình thành, một dòng nhựa đường chảy tràn mạnh mẽ qua đê bao và tiếp tục lan ra ngoài khu vực trên diện tích lên tới 25.000m² (Hình 2).



Hình 1: Hình ảnh từ camera quay cảnh phá hủy BC-2000m³ chứa nhựa đường.



Hình 2: Hậu quả của sự phá hủy bể chứa nhựa đường.

Hậu quả của vụ tai nạn khiến hai người chết, tám người khác bị thương và phải nhập viện. Từ Hình 3 có thể thấy rõ rằng dòng nhựa đường cũng đã làm hư hỏng bồn chứa liền kề và xe bồn gần đó đang làm

nhiệm vụ bơm sản phẩm vào bể chứa tại thời điểm xảy ra sự cố.

Đây có thể được xem làm một ví dụ điển hình thể hiện rõ sự nguy hiểm khi bể chứa bị phá hủy hoàn toàn, hình thành nên sóng đột phá và gây ra các sự cố liên hoàn. Đồng thời, đòi hỏi các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực an toàn phòng cháy, chữa cháy cần phải tìm ra giải pháp tối ưu hơn trong việc ngăn chặn dòng chất lỏng thoát ra từ bể chứa gặp sự cố trong phạm vi đề bao ngăn cháy.

Sự cố xảy ra vào tối ngày 5 tháng 8 năm 2022 tại bể trụ đứng trong Khu Công nghiệp Matanzas phía đông Thủ đô Havana của Cuba, đây là cảng lớn nhất tại quốc đảo nơi tiếp nhận dầu thô và nhiên liệu nhập khẩu, được sử dụng chủ yếu để tạo ra điện [1]. Sự cố xảy ra khi cơn giông đang đi qua khu vực Matanzas, một tia sét đánh trúng mái vòm của bể chứa dầu thô số 52 có dung tích 50.000m³ trong khu công nghiệp khiến nó phát nổ và bốc cháy dữ dội. Vào thời điểm xảy ra sự cố bể chứa số 52 đang chứa khoảng 25.000m³ dầu thô, đây là loại bể trụ đứng có mái vòm cố định bằng nhôm và mái phao nổi bên trong, được bố trí trong một nhóm bao gồm 8 bể chứa xếp thẳng hàng với tổng sức chứa 300.000m³.

Các Đội Chữa cháy ngay lập tức đã được điều động đến hiện trường để ứng phó với thảm họa, lực lượng chữa cháy phun nước vào các bồn chứa gần đó để làm mát và ngăn đám cháy lan rộng. Tuy nhiên, do gió mạnh và thiếu lực lượng, phương tiện đã khiến cho việc dập tắt đám cháy gặp nhiều khó khăn. Nỗ lực chữa cháy bất thành, bể chứa số 52 bị vỡ, ngọn lửa đã lan sang bể chứa thứ hai đang chứa khoảng 50.000m³ dầu thô, sau khi bốc cháy dữ dội gần 40 tiếng đồng hồ, bể chứa nhiên liệu này đã bị sập khiến dầu tràn ra, lan sang bể chứa thứ ba và các khu vực xung quanh. Bể chứa thứ ba cũng đang chứa đầy dầu thô và bị biến dạng một phần sau khi bể chứa thứ hai bị phá hủy và sau đó cũng bắt đầu bốc cháy rồi sụp đổ, kịch bản tương tự cũng xảy ra với bể chứa thứ tư.

Sau nhiều nỗ lực của lực lượng chữa cháy cũng như sự hỗ trợ về nhân lực và phương tiện kỹ thuật của Mexico và Venezuela đám cháy tại kho dầu lớn nhất nước này cơ bản đã được khống chế sau 5 ngày chiến

đấu liên tục. Vụ cháy chưa từng có trong lịch sử Cuba được coi là thảm họa công nghiệp có nguồn gốc tự nhiên lớn nhất từ trước tới nay tại quốc đảo này, khiến cho 4 bể trụ đứng dung tích 50.000m³ mỗi bể bị phá hủy hoàn toàn, gây ra tình trạng mất điện trên diện rộng, 17 người thiệt mạng chủ yếu là lính chữa cháy, 146 người bị thương và hàng ngàn người phải di tản khỏi nơi cư trú.



Hình 3: Hình ảnh khu bể chứa trong vụ hỏa hoạn tại Khu Công nghiệp Matanzas.

Từ hình ảnh của vụ cháy tại Khu Công nghiệp Matanzas (Hình 3), chúng ta có thể thấy rằng một lượng lớn dầu thô đã tràn qua các đề bao ngăn cháy sau khi các bể trụ đứng bị đổ sập, sóng đột phá hình thành, dòng chất lỏng chảy lan ra các khu vực xung quanh dẫn đến các sự cố liên hoàn, khiến cho cơ sở hạ tầng của khu công nghiệp bị thiệt hại nghiêm trọng và đây là nguyên nhân làm chết hàng chục lính chữa cháy và hàng trăm người bị thương. Một lần nữa cho thấy sự kém hiệu quả của các đề bao ngăn cháy trong việc ngăn chặn dòng chất lỏng chảy ra từ bể chứa khi xảy ra sự cố.

Sự cố xảy ra vào 12 giờ 15 phút ngày 16 tháng 10 năm 2008, tại kho và cảng xăng dầu hàng không Liên Chiểu thuộc Xí nghiệp Xăng dầu Hàng không miền Trung, đóng tại chân đèo Hải Vân, Thành phố Đà Nẵng, do mưa lớn gây sạt lở đất, khiến một đoạn tường bê tông dài 30m thuộc hệ thống bờ kè bảo vệ kho xăng dầu bị sập rồi trôi xuống chạm vào thành hai bể trụ đứng chứa xăng dầu, mỗi bể có dung tích 3200m³ gồm một bể chứa xăng A92 và một bể chứa dầu ZA1 khiến hai bể chứa này bị vỡ (Hình 4). Tại thời điểm đó lượng xăng A92 có trong bể chứa là hơn 3000m³, và dầu ZA1 là hơn 2000m³, sự cố trên đã khiến một lượng lớn xăng dầu tràn xuống Vịnh Đà Nẵng. Rất may công tác bảo vệ an toàn phòng cháy chữa cháy đã được đảm bảo, không xảy ra thiệt hại về người và tài sản. Tuy nhiên, từ kết quả khảo sát môi trường cho thấy khu vực xung quanh đã bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi sự cố [2]. Qua sự cố này có thể thấy rằng các đê bao ngăn cháy đã không làm việc hiệu quả dẫn đến sự cố tràn dầu ra biển.



Hình 4: Hình ảnh khu bể chứa trong sự cố tại kho xăng dầu hàng không Liên Chiểu.

Ngoài các ví dụ về sự cố bể trụ đứng kể trên, còn nhiều các sự cố tương tự từng xảy ra ở nhiều nước trên thế giới đã được ghi nhận trong các ấn phẩm và nghiên cứu của các chuyên gia và nhà khoa học. Hậu

quả của những sự cố, thảm họa đó tiếp tục là minh chứng cho thấy rõ ràng về sự kém hiệu quả của các đê bao ngăn cháy truyền thống trong việc ngăn dòng chảy của chất lỏng khi bể chứa bị phá hủy và đòi hỏi các chuyên gia cần phải nghiên cứu, phát triển, ứng dụng trong thực tế để tạo ra một loại rào chắn đáng tin cậy, đặc biệt là khi cần bố trí bể chứa trong các khu vực dân cư.

3. Nguyên nhân chính dẫn đến các sự cố, tai nạn liên hoàn tại các cơ sở lưu trữ DM&SPDM khi bể chứa trụ đứng bị phá hủy hoàn toàn là sự hình thành của sóng đột phá. Do vậy, để ngăn ngừa các sự cố, tai nạn liên hoàn, cũng như giảm thiểu thiệt hại khi bể chứa trụ đứng bị phá hủy hoàn toàn chúng ta có thể áp dụng hai nhóm giải pháp sau:

Thứ nhất là ngăn chặn sự hình thành của sóng đột phá. Trong nhóm giải pháp này, có thể áp dụng các giải pháp cụ thể như sau:

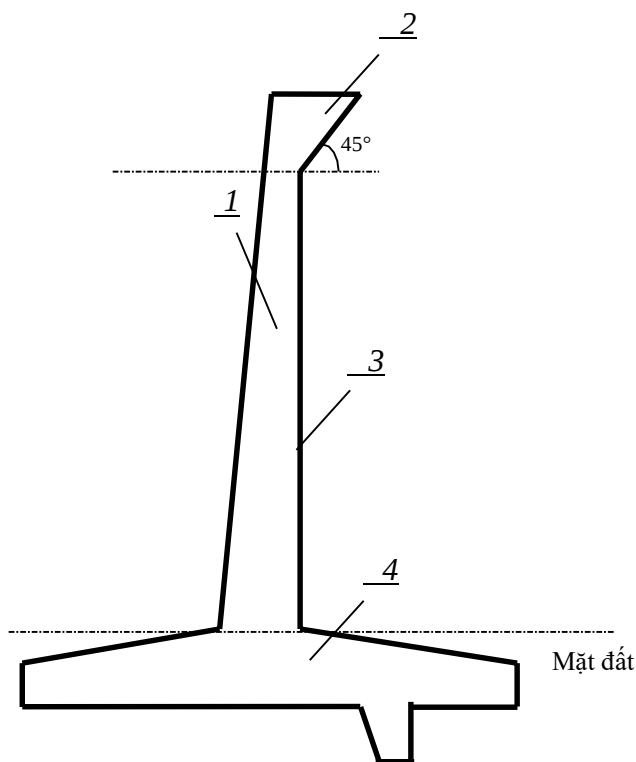
- Để loại bỏ các yếu tố nguy hiểm của dòng chảy chất lỏng thoát ra khi bể chứa trụ đứng bị phá hủy, từ giai đoạn thiết kế của cơ sở có thể xem xét đến khả năng thay thế các bể trụ đứng bằng các bể chứa ngầm hoặc các loại bể tương tự. Tuy nhiên, các loại bể chứa này cũng có nhược điểm liên quan đến việc duy trì độ kín trong quá trình vận hành lâu dài.

- Thay thế các bể trụ đứng bằng một nhóm bể trụ ngang. Khi sự cố xảy ra, việc bể chứa trụ ngang bị hỏng hóc hoặc phá hủy sẽ không dẫn đến sự hình thành của sóng đột phá. Do đó, chỉ cần trang bị các đê bao ngăn cháy đạt tiêu chuẩn để lưu giữ lượng chất lỏng thủy tĩnh bị tràn ra ngoài. Tuy nhiên, các bể chứa trụ ngang sẽ cần một khu vực có diện tích lớn để bố trí.

Thứ hai là áp dụng các giải pháp nhằm khoanh vùng sóng đột phá trong phạm vi giới hạn của đê bao ngăn cháy. Trong nhóm giải pháp này, có thể áp dụng các giải pháp sau:

- Thay thế các đê bao ngăn cháy thông thường bằng việc xây dựng các đê bao bằng bê tông cốt thép nguyên khối đặc biệt có mái chắn sóng, được thiết kế chịu tải trọng thủy động và có khả năng duy trì, chống lại tác động của nhiệt độ cao trong thời gian dài. Đê bao có mái chắn sóng được thiết kế để ngăn cản hoàn toàn dòng chất lỏng trong ranh giới của đê bao [10].

Hình 5 và Hình 6 thể hiện sơ đồ nguyên lý của đê bao có mái chắn sóng và hình ảnh thực tế của nó trong khu bể chứa dầu nhiên liệu mà Liên bang Nga mới áp dụng.

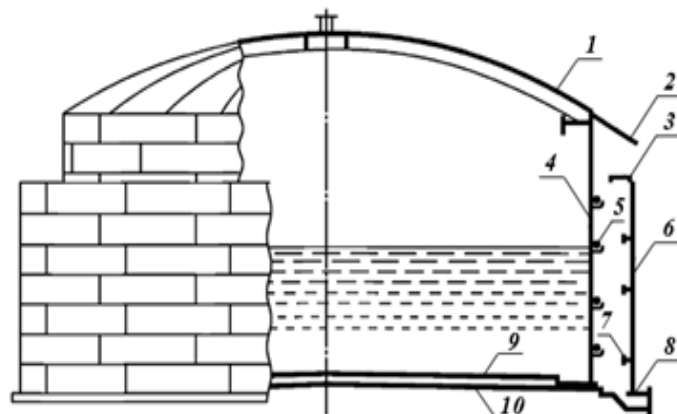


Hình 5: Sơ đồ nguyên lý của đê bao có mái chắn sóng:
1 – Thành đê bao; 2 – Mái chắn sóng; 3 – Vùng phản xạ dòng chảy; 4 – Chân đê.



Hình 6: Toàn cảnh đê bao có mái chắn sóng của bể chứa dầu nhiên liệu tại Liên bang Nga.

- Sử dụng các bể chứa có thành bảo vệ dạng "cốc trong cốc", loại bể chứa này đang được nhiều nước trên thế giới sử dụng để chứa DM&SPDM. Bể chứa có thành bảo vệ dạng "cốc trong cốc" (Hình 7) bao gồm một bể chính bên trong được thiết kế để chứa DM&SPDM và một bể bảo vệ bên ngoài được thiết kế để chứa DM&SPDM trong trường hợp xảy ra sự cố hoặc rò rỉ ở bể chính [5, 8].



Hình 7: Giải pháp thiết kế bể chứa có thành bảo vệ:
1 – Mái cố định; 2 – Mái che bảo vệ thời tiết;
3 – Vòng gió; 4 – Thành bể chính;
5 – Cáp dự phòng sự cố; 6 – Thành bể bảo vệ;
7 – Vòng gia cố; 8 – Hồ thu nước thải;
9 – Đáy chính; 10 – Đáy bảo vệ.

Loại bể chứa này giúp tăng mức độ an toàn cho con người và môi trường xung quanh trong trường hợp bể chính bị hỏng, sản phẩm thoát ra sẽ được giữ lại bên trong thành bể bảo vệ. Nên sử dụng bể chứa có thành bảo vệ khi cần đảm bảo yêu cầu về mức độ an toàn cao, chẳng hạn như khi bể chứa được đặt gần khu dân cư, các khu vực gần biển, sông, hồ, cũng như tại các khu vực không có đủ diện tích để bố trí các loại đê bao ngăn cháy xung quanh bể.

3. Hậu quả của việc bực vỡ bể trụ đứng đã chỉ ra một cách thuyết phục về việc hoạt động kém hiệu quả của các loại đê bao ngăn cháy thông thường khi việc tính toán chỉ được thực hiện để đảm bảo khả năng lưu giữ của chất lỏng bị chảy tràn ở trạng thái thủy tĩnh. Chiều cao hạn chế và sức chống chịu thấp của các loại đê bao ngăn cháy này đối với tác động của sóng đột phá hình thành khi bể trụ đứng bị phá hủy luôn dẫn đến thiệt hại lớn về vật chất, thương vong về người, cũng như gây ra các hậu quả nghiêm trọng về môi trường.

Cách hiệu quả nhất là loại bỏ sự hình thành của sóng đột phá khi xảy ra sự cố vỡ bể trụ đứng, có thể đạt được bằng cách sử dụng bể chứa ngầm hoặc các loại bể tương đồng, cũng như các bể trụ ngang. Tuy nhiên, những giải pháp này không phải lúc nào cũng khả thi vì một số lý do như tính hiệu quả về mặt kinh tế cũng như sự đảm bảo an toàn về môi trường.

Các giải pháp khoanh vùng dòng chảy của chất lỏng khi bể chứa bị phá hủy để giảm thiểu các hậu quả

tiêu cực như xây dựng một đê bao bằng bê tông cốt thép nguyên khối có mái chắn sóng cũng đem lại hiệu quả cao. Đồng thời, cần có các nghiên cứu sâu hơn về triển vọng của việc sử dụng bể chứa có thành bảo vệ dạng "cốc trong cốc" để thay thế các bể trụ đứng thông thường tại các cơ sở sản xuất có yêu cầu cao về mức độ an toàn trong tương lai.■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo Điện tử Vnexpress (2022), *Cháy kho dầu ở Cuba*, <https://vnexpress.net/topic/chay-kho-dau-o-cuba-26338> (Truy cập ngày 11/4/2025).
2. Báo Tuổi trẻ Online (2008), *Vụ vỡ hai bồn chứa xăng dầu ở Đà Nẵng: Mưa lớn gây khó khăn cho công tác khắc phục sự cố*, <https://tuoitre.vn/vu-vo-hai-bon-chua-xang-dau-o-da-nang-mua-lon-gay-kho-khan-cho-cong-tac-khac-phuc-su-co-283755.htm> (Truy cập ngày 11/4/2025).
3. Bộ Khoa học và Công nghệ (2009), *TCVN 5307:2009. Kho dầu mỏ và sản phẩm dầu mỏ - Yêu cầu thiết kế*, Hà Nội.
4. Chính phủ (2023), *Quyết định số 861/QĐ-TTg ngày 18/7/2023 Phê duyệt Quy hoạch hạ tầng dự trữ, cung ứng xăng dầu, khí đốt quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050*, Hà Nội.
5. Dimitry Korolchenko, Younes Halloul (2021), *Stability of fire barriers in tank farms in case of destruction of vertical tanks*, E3S Web of Conferences, Vol. 263.
6. Henry Persson, Anders Lönnermark (2004), *Tank Fires-Review of fire incidents 1951–2003*, SP Swedish National Testing and Research Institute.
7. Institution of Chemical Engineers (2008), *Liquid Hydrocarbon Storage Tank Fires: Prevention and Response*, BP Process Safety Series.
8. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2016) *ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия*, Москва.
9. РИА Новости (2022), *Взрыв резервуара с битумом в Пензе попал на видео* <https://ria.ru/20220309/razgermetizatsiya-1777302323.html> (Truy cập ngày 11/4/2025).
10. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (2009) *ГОСТ Р 53324-2009. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности*, Москва.
11. Швырков С.А. (2015), *Пожарный риск при квазимгновенном разрушении нефтяного резервуара*, Академия ГПС МЧС России.