

# Nghiên cứu áp dụng EN 14015:2004 trong tính toán bể thép hình trụ đứng phù hợp với Việt Nam

Study on application of EN 14015:2004 in design vertical cylindrical steel tanks suitable for Vietnam

> PGS. TS NGUYỄN HỒNG SƠN

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: nguyenhongsondhkt@gmail.com

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số tiêu chuẩn về vật liệu thép và vật tư hàn được quy định trong EN 14015:2004 và một số tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về vật liệu thép và vật tư hàn tương đương có thể sử dụng đối với bể chứa hình trụ đứng đáy phẳng dùng để chứa chất lỏng ở nhiệt độ môi trường hoặc cao hơn. Đồng thời, trình bày phương pháp tính và ví dụ số minh họa việc tính toán thành bể, tác động của động đất, neo bể và ổn định lật theo EN 14015:2004, nhằm bổ sung cho các quy định khi tính toán bể chứa theo EN 1993-4-2 và EN 1998-1-1 và phù hợp với một số tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

**Từ khóa:** Bể thép hàn; EN 14015:2004.

## ABSTRACT

This article presents a some of standards on steel materials and welding consumables specified in EN 14015:2004 and a some of Vietnamese standards (TCVN) on steel materials and welding consumables that can be used for flat-bottomed cylindrical tanks for storing liquids at ambient temperature or above. At the same time, the calculation method and numerical example for the calculation of the tank wall, earthquake effects, tank anchorage and over stability are presented in accordance with EN 14015:2004, in order to supplement the regulations when calculating the tank according to EN 1993-4-2 and EN 1998-1-1 and in accordance with some current Vietnamese standards.

**Keywords:** Welded steel tanks, EN 14015:2004.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bể chứa bằng kim loại (sử dụng vật liệu thép hoặc thép không gỉ) được sử dụng khá phổ biến trong các công trình dân dụng và công nghiệp, chúng dùng để chứa chất lỏng, chất khí v.v..., áp lực dư bên trong có thể là cao hoặc thấp, vị trí trong

không gian có thể đặt ngầm, nửa nổi nửa chìm hoặc trên mặt đất, hình dáng có thể hình trụ đứng hoặc ngang, hình cầu, giọt nước v.v... Nhưng với bể chứa chất lỏng (nước, xăng, dầu và các hóa chất ở dạng lỏng khác), có áp lực thấp, hình dạng trụ đứng đặt trên mặt đất sử dụng ở điều kiện nhiệt độ môi trường và cao hơn là khá phổ biến.

Ngày 09/02/2018, Chính phủ đã ký ban hành Quyết định số 198/QĐ-TTg về việc Phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng; Bộ Xây dựng đã ban hành Quyết định số 390/QĐ-BXD ngày 12/5/2022 về việc Phê duyệt định hướng và kế hoạch biên soạn, hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành Xây dựng đến năm 2030 (thuộc thẩm quyền, phạm vi quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng), trong đó có Phụ lục 3 về Kế hoạch biên soạn TCVN có Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép - Phần 4-2: Bể chứa (tiêu chuẩn này dựa vào EN 1993-4-2), và Thiết kế các loại kết cấu chuyên dụng - Bể thép hàn hình trụ đứng đáy phẳng đặt trên mặt đất, chế tạo tại công trường dùng để chứa chất lỏng ở nhiệt độ môi trường và cao hơn (tiêu chuẩn này dựa vào BS EN 14012:2004).

Hiện nay các EN 1990 đến EN 1999 có 59 Phần (đã hoàn thành cơ sở dữ liệu phục vụ biên soạn TCVN \*\*\*3-4:202x và bản dự thảo, đang soát xét lần cuối để ban hành), trong đó có EN 1993-4-2. Theo đó, Điều 1.2 về Tiêu chuẩn viện dẫn có EN 14015 và EN 14620, Điều 1.3 có quy định về chế tạo và lắp dựng tuân thủ EN 14015 và EN 14620. Thiết kế đáy bể xem EN 14015 và EN 14620 (Điều 14.4). Tuy nhiên, EN 14620 đã được chuyển dịch thành TCVN 8615:2010 (có 03 phần), Phần 1 - Quy định chung về thiết kế chế tạo bể chứa khí hóa lỏng bằng thép; Phần 2 - Các bộ phận kim loại bể chứa khí hóa lỏng bằng thép; Phần 3 - Các bộ phận bê tông. Vì thế cần thiết nghiên cứu để biên soạn tiêu chuẩn "Bể thép hàn hình trụ đáy phẳng đặt trên mặt đất, chế tạo tại công trường, dùng để chứa chất lỏng ở nhiệt độ môi trường và cao hơn" gồm 3 phần, Phần 1 - Yêu cầu thiết kế, Phần 2 - Yêu cầu chế tạo và Phần 3 - Yêu cầu thử nghiệm. Theo đó, các vấn đề liên quan đó là: Vật liệu sử dụng cho bể chứa, tải trọng và tác động lên chúng cũng như các vấn đề về tính toán thiết kế và vấn đề liên quan đến chế tạo và thử nghiệm. Trong khuôn khổ bài báo này, tác giả trình bày 02 nội dung chính, đó là (1) về vật liệu sử dụng cho bể chứa theo tiêu chuẩn EN 14015 và sự phù hợp một số mác thép và vật liệu hàn theo TCVN hiện hành có thể sử dụng được làm bể chứa theo EN 14015, và (2) về tính toán thiết kế bể chứa theo EN 14015 (bao gồm: tính toán thành bể, tác động của động đất, lực do neo bể, ổn định lật).

**2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG CHO BỂ CHỨA**

**2.1. Vật liệu thép, thép không gỉ và vật tư hàn**

Theo EN 14015:2004 quy định đối với các thép tấm, cấu kiện thép, ống thép cũng như vật liệu thép không gỉ như sau:

- Tất cả các tấm thép các bon và các bon mangan được sử dụng để chế tạo bể phù hợp với tiêu chuẩn EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4;

- Các sản phẩm thép cán nóng để sử dụng ở nhiệt độ cao theo tiêu chuẩn EN 10028-2, EN 10028-3;

- Các cấu kiện thép kết cấu cacbon và cacbon mangan được sử dụng trong chế tạo bể phù hợp với tiêu chuẩn EN 10210-1 và EN 10210-2.

- Thép rèn phải được chế tạo từ các sản phẩm thép bằng phương pháp rèn khuôn hở hoặc cán vòng phù hợp với EN 10250 và EN 10222.

- Ống sử dụng cho thân ống nối phải là ống liền mạch hoặc ống hàn dọc phù hợp với các phần của EN 10216:2013 hoặc EN 10217:2021.

- Tấm thép không gỉ và các bộ phận kết cấu được sử dụng để chế tạo bể phù hợp với tiêu chuẩn này phải đáp ứng với các yêu cầu tối thiểu nêu trong EN 10088-1:2014 và EN 10088-2:2014. Đối với các bể được thiết kế để vận hành ở nhiệt độ cao, các giá trị yêu cầu của giới hạn chảy phải được xác định bằng phép nội suy các giá trị quy định trong EN 10088-2:2014 hoặc EN 10088-3:2014.

- Ống sử dụng cho ống nối phải là ống liền mạch bằng thép không gỉ hoặc ống hàn dọc phù hợp với EN 10216-5:2013 hoặc EN 10217-7:2021. Các ống dùng cho chế tạo hệ thống làm nóng phải phù hợp với EN 10216-5:2013 hoặc EN 10217-7:2021 và nếu cần thiết phải được thiết kế và chế tạo theo EN 13480:2017

- Thép rèn phải được sản xuất từ các sản phẩm thép không gỉ bằng phương pháp rèn khuôn hở hoặc cán vòng phù hợp với EN 10222-4:2017 và EN 10250-4:2022.

- Vật tư hàn kết cấu thép phải phù hợp với EN ISO 2560, hàn kết cấu thép không gỉ phải phù hợp với EN ISO 3581:2012.

**2.2. Vật liệu thép và vật tư hàn tương đương**

Thấy rằng, EN 14015:2004 sử dụng vật liệu thép và vật tư hàn theo tiêu chuẩn châu Âu, trong số đó có nhiều tiêu chuẩn về vật liệu theo tiêu chuẩn châu Âu chưa được chuyển dịch thành tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN). Theo đó, để sử dụng tiêu chuẩn EN 14015 trong tính toán thiết kế tại Việt Nam, cần nghiên cứu chuyển đổi một số vật liệu theo quy định trong EN 14015 sang TCVN tương đương.

**Bảng 1. Thép cán nóng có  $f_y \leq 275$  N/mm**

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
EN 10025-2	S235JR	TCVN 9986-2	S235B
	S235J0		S235C
	S235J2		S235D
	S235J2		S235D
	S275JR		S275B
	S275J0		S275C
	S275J2		S275D
EN 10025-3 (EN 10113-2)	S275N	TCVN 9986-3	S275N
	S275NL	TCVN 11227-1	S275NL
EN 10025-4 (EN 10113-3)	S275M	TCVN 9986-3	S275M
	S275ML	TCVN 11227-1	S275ML
Ghi chú: EN 10113-2 và EN 10113-3 đã bị hủy bỏ, thay thế bằng EN 10025-3 và EN 10025-4.			

**Bảng 2. Thép cán nóng có  $275$  N/mm<sup>2</sup> <  $f_y \leq 355$  N/mm<sup>2</sup>**

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
EN 10025-2	S355JR	TCVN 9986-2	S355B
	S355J0		S355C
	S355J2G3		S355D
	S355J2G4		S355J2
	S355K2G3		S355K2
EN 10025-3 (EN 10113-2)	S355N	TCVN 9986-3	S355N
	S355NL	TCVN 11227-1	S355NL
EN 10025-4 (EN 10113-3)	S355M	TCVN 9986-3	S355M
	S355ML	TCVN 11227-1	S355ML

**Bảng 3. Thép cán nóng có  $f_y > 355$  N/mm<sup>2</sup>**

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
EN 10025-3 (EN 10113-2)	S420N	TCVN 9986-3	S420N
	S420NL	TCVN 11227-1	S420NL
EN 10025-4 (EN 10113-3)	S420M	TCVN 9986-3	S420M
	S420ML	TCVN 11227-1	S420ML

**Bảng 4. Thép cán nóng sử dụng ở nhiệt độ cao**

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
EN 10028-2	P235GH	TCVN 9985-2	P235GH
	P265GH		P265GH
	P295GH		P295GH
	P355GH		P355GH
EN 10028-3	P275NH	TCVN 9985-3	P275NH
	P275NL2		P275NL2
	P355NH		P355NH
	P355NL2		P355NL2

**Bảng 5. Thép thanh định hình**

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
EN 10210-1 EN 10210-2	S235JRH	TCVN 11228-1	S235JRH
	S275JOH		S275JOH
	S275J2H		S275J2H
	S275NH		S275NH
	S275NLH		S275NLH
	S355JOH		S355JOH
	S355J2H		S355J2H
	S355NH		S355NH
	S355NLH		S355NLH

Vật tư hàn kết cấu thép phải phù hợp với TCVN 3223:2000.

**Chú thích về ký hiệu vật liệu thép**

- TCVN 9986-2:2013 quy định 08 mác thép kết cấu thông dụng, cho thép hợp kim và thép không hợp kim, các mác S235, S275, S355 và S450 (Phụ lục A) và các mác SG205, SG250, SG295 và SG345 (Phụ lục B). Mỗi mác thép có thể có bốn cấp chất lượng A, B, C và D. Chất lượng A: không thử độ dai va đập; Chất lượng B: thử độ dai va đập ở 20 °C; Chất lượng C: thử độ dai va đập ở 0 °C; Chất lượng D: thử độ dai va đập ở -20 °C. Ký hiệu: S - thép kết cấu, G - để phân biệt mác thép trong Phụ lục B. Số tiếp theo chỉ giới hạn chảy  $f_y$  (MPa) cho chiều dày danh nghĩa  $\leq 16$  mm.

- TCVN 9986-3:2014 quy định 11 mác thép kết cấu hạt mịn, cho thép chất lượng không hợp kim và thép hợp kim đặc biệt, các mác S275, S355, S420 và S460 (Phụ lục A) và các mác SG245, SG290, SG325, SG345, SG365, SG415 và SG460 (Phụ lục B). Mỗi mác thép có thể có bốn cấp chất lượng A, C, D và E. Chất lượng A: không thử độ dai va đập; Chất lượng C: thử độ dai va đập ở 0 °C; Chất lượng D: thử độ dai va đập ở -20 °C; Chất lượng E: thử độ dai va đập ở -50 °C. Ký

hiệu: S - thép kết cấu, G - để phân biệt mác thép trong Phụ lục B. Số tiếp theo chỉ giới hạn chảy  $f_y$  (MPa) cho chiều dày danh nghĩa  $\leq 16$  mm. Sau cùng là ký hiệu N - thường hóa (Normalized). Các mác thép S cần được thử và đập, các mác thép SG được thử và đập theo thỏa thuận tại thời điểm đặt hàng.

Quy định cho các thép ống và thép hộp làm bằng thép không hợp kim và bằng thép hạt mịn. Thép không hợp kim (cho trong Phụ lục A trong 11228-1:2015) quy định ba cấp JR, J0 và J2. Các mác thép hạt mịn quy định hai cấp N và NL. Ký hiệu S - cho thép kết cấu, số tiếp theo chỉ giới hạn chảy nhỏ nhất (MPa) quy định cho các chiều dày  $\leq 16$  mm, JR - chất lượng với đặc tính va đập được quy định tại nhiệt độ phòng, J và một chữ số 0 hoặc 2 ký hiệu chất lượng với đặc tính va đập quy định ở 0 °C và -20 °C, H - thép hình rỗng, N - nguyên vật liệu cho thường hóa hoặc cán thường hóa, L - cho chất lượng có giá trị năng lượng va đập nhỏ nhất ở nhiệt độ -50 °C.

### 3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

**Điều bài:** Đường kính bể  $D = 40$  m; Tổng chiều cao của thành bể  $H_L = 8$  m; Độ dốc mái của mái nón tự đỡ  $\alpha = 5^\circ$ . Bể không áp suất, áp suất thiết kế bên trong  $p = 10$  mbar. Áp suất thiết kế bên ngoài  $p_e = 5$  mbar. Lượng ăn mòn cho phép  $c = 1,0$  mm. Nhiệt độ thiết kế bể 100°C. Nhiệt độ kiểm tra bể 20°C. Khối lượng riêng thiết kế tối đa của chất lỏng chứa trong điều kiện bảo quản bảo quản  $W = 1,101$  kg/l; Khối lượng riêng thiết kế tối đa của môi trường thử nghiệm  $W_t = 1,0$  kg/l. Thép S355B theo TCVN9986-2:2013 có cường độ tính toán thiết kế  $f_{yd} = 338$  MPa, giới hạn bền kéo  $f_u = 470$  MPa.

#### 3.1. Tính toán thành bể

Chiều dày tối thiểu cần thiết của các tấm thành phải là giá trị cấu tạo ( $e_{min} = 8$  mm) hoặc các giá trị được tính theo công thức sau, chọn giá trị nào lớn nhất:

$$e_c = \frac{D}{20S} [98W(H_c - 0,3) + p] + c \quad (1)$$

$$e_t = \frac{D}{20S_t} [98W_t(H_c - 0,3) + p_t] \quad (2)$$

trong đó:  $e_c$  là chiều dày thành yêu cầu trong điều kiện thiết kế, mm;  $e_t$  là chiều dày thành yêu cầu trong điều kiện thử nghiệm, mm;  $H_c$  là khoảng cách từ đáy của khoang đang xét đến độ cao được xác định theo 9.2.1[8], m;  $p$  là áp suất thiết kế,  $p = 10$  mbar;  $p_t$  là áp suất thử nghiệm,  $p_t = p \times 1,1 = 11$  mbar;  $S$  là ứng suất thiết kế cho phép,  $S = 2/3 \times f_{yd} = 225$  N/mm<sup>2</sup>;  $S_t$  là ứng suất thử nghiệm cho phép,  $S_t = 3/4 \times f_{yd} = 254$  N/mm<sup>2</sup>.

Bảng 6. Kết quả chiều dày tấm thành

Khoang	Cao (m)	$H_c$ (m)	$e_c$ (mm)	$e_t$ (mm)	$e_{yc}$ (mm)	$e_{chon}$ (mm)
1	2	8	8,46	6,04	8,46	10
2	2	6	6,83	4,72	8,00	8
3	2	4	4,92	3,18	8,00	6
4	2	2	3,00	1,63	8,00	6

**Nhận xét:** Chiều dày thành yêu cầu của các khoang dưới chủ yếu được tính toán theo điều kiện thiết kế vì thường lớn hơn yêu cầu cấu tạo, ngược lại đối với các khoang trên thường chọn theo cấu tạo. Do đó đối với các khoang dưới nên sử dụng mác thép có cường độ thiết kế cao như S420, S355, còn các khoang trên nên chọn mác thép có cường độ thiết kế thấp như S235. Tổng trọng lượng của thành bể  $T_t = 67079$  kg.

#### 3.2. Tính toán đáy bể

Đáy của bể có đường kính lớn hơn 12,5 m, phải có một vành các tấm hình khuyên có chiều dày danh nghĩa tối thiểu,  $e_a$ , không bao gồm lượng ăn mòn cho phép:

$$e_a = 3,0 + \frac{e_1}{3} = 6 \text{ mm} \quad (3)$$

trong đó:  $e_1$  là chiều dày của khoang đầu tiên không bao gồm lượng ăn mòn cho phép  $e_1 = 9$  mm hoặc là giá trị cấu tạo ( $e_{amin} = 6$  mm). Vậy chọn đáy bể dày 6 mm.

#### 3.3. Tính toán mái bể

Tất cả các mái màng phải được làm bằng mối hàn đối đầu hoặc với liên kết chống với mối hàn góc trên cả hai mặt. Mái màng phải được thiết kế để chịu được áp suất thiết kế bên trong và chống mất ổn định do tải trọng bên ngoài.

Để chịu áp suất:

$$e_p = \frac{pR_1}{10S_J} = 1,2 \text{ mm} \quad \text{- đối với mái nón:} \quad (4)$$

Để chống mất ổn định:

$$e_p = 40R_1 \sqrt{\frac{10p_e}{E}} = 5,0 \text{ mm}, \quad (5)$$

trong đó:  $e_p$  là chiều dày của tấm mái không bao gồm bất kỳ mức ăn mòn cho phép nào, mm;  $E$  là môđun đàn hồi,  $E = 206000$  N/mm<sup>2</sup>;  $J = 0,5$  là hệ số hiệu quả của mối nối hàn góc hai mặt;  $p_e$  là tổng các tải trọng bên ngoài,  $p_e = 0,5$  kN/m<sup>2</sup>;  $R_1$  là bán kính cong của mái, m (đối với mái nón:  $R_1 = R/\sin 85^\circ = 20,076$  m). Chiều dày tối thiểu cần thiết của các tấm mái phải không nhỏ hơn giá trị cấu tạo ( $e_{pmin} = 6$  mm). Chọn tấm mái dày 6 mm. Tổng trọng lượng của mái bể,  $T_r = 59421$  kg.

**Nhận xét:** Chiều dày yêu cầu của mái bể chủ yếu được tính toán theo điều kiện chống mất ổn định. Vì vậy nên chọn mác thép có cường độ thiết kế thấp như S235.

#### 3.4. Tính toán tác động của động đất

Mô men lật do động đất tác động lên đáy vỏ bể được tính như sau:

$$M = \frac{G_1(T_1X_s + T_1H_L + T_1X_1) + G_2T_2X_2}{102} \quad (G.1) \quad (6)$$

trong đó:  $G_1, G_2$  là hệ số của lực ngang;  $T_1$  là trọng lượng của khối lượng hiệu dụng của chất chứa trong bể, kg;  $T_2$  là trọng lượng của khối lượng hiệu dụng của chất chứa trong bể trong dạng dao động đầu tiên, kg;  $X_1$  là khoảng cách từ đáy thành bể đến trọng tâm của lực động đất ngang tác dụng  $T_1$ , m;  $X_2$  là khoảng cách từ đáy thành bể đến trọng tâm của lực động đất ngang tác dụng  $T_2$ , m;  $X_s$  là khoảng cách từ đáy thành bể đến trọng tâm của thành, m.

Khối lượng hiệu dụng  $T_1$  và  $T_2$ , có thể được xác định bằng cách nhân  $T_T$  với các tỷ số  $T_1/T_T = 0,22$  và  $T_2/T_T = 0,72$ , tương ứng, thu được từ Hình G.1 trong [8] cho tỷ lệ  $D/H_T = 40/8 = 5,0$ , trong đó:  $H_T$  là chiều cao đổ đầy lớn nhất của bể từ đáy của thành đến đỉnh của thép góc cong hoặc thiết bị tràn mà giới hạn chiều cao đổ đầy,  $H_T = 8$  m;  $T_T$  là tổng trọng lượng của chất chứa trong bể,  $T_T = 11068459$  kg;  $T_1 = 2435061$  kg;  $T_2 = 7969290$  kg.

Chiều cao từ đáy của thành bể đến tâm của lực động đất ngang tác dụng  $T_1, T_2, X_1$  và  $X_2$  có thể được xác định bằng cách nhân  $H_T$  với các tỷ số  $X_1/H_T = 0,37$  và  $X_2/H_T = 0,52$ , tương ứng, thu được từ Hình G.2 trong [8] cho tỷ số  $D/H_T = 5,0$ ;  $X_1 = 2,96$  m;  $X_2 = 4,16$  m.

Hệ số lực ngang  $G_1 = 0,15$  do bên mua quy định trên cơ sở bản ghi địa chấn có sẵn đối với vị trí bể để xuất và phải được đưa ra dưới dạng tỷ số giữa gia tốc chia cho trọng lực.

Hệ số lực ngang  $G_2$ , được xác định như là một hàm của  $G_1$ , của chu kỳ tự nhiên của dạng dao động đầu tiên  $T_s$ , và các điều kiện đất nền tại vị trí bể như sau:

$$G_2 = \frac{5,625G_j}{T_s^2} = 0,018. \quad (G.3) \quad (7)$$

trong đó:  $j$  là hệ số khuếch đại tại vị trí xây dựng từ Bảng G.1 trong [8],  $j = 1,5$  cho đất nền loại C;  $T_s$  là chu kỳ tự nhiên của dạng dao động đầu tiên;  $T_s$  có thể được xác định từ biểu thức sau:

$$T_s = 1,8K_s \sqrt{D} = 8,424 \text{ s} \quad (G.4) \quad (8)$$

trong đó:  $K_s = 0,74$  là hệ số, lấy theo Hình G.3 trong [8] phụ thuộc vào tỷ số  $D/H_T = 5,0$ .

Mô men lật do lực động đất tác dụng vào đáy vỏ bể:  $M = \frac{G_1(T_1 X_s + T_1 H_L + T_1 X_1) + G_2 T_2 X_2}{102} = 17962 \text{ kNm}$ .

Khả năng chống mô men lật ở đáy của thành bể có thể được đảm bảo bởi trọng lượng của thành bể và bởi neo của thành bể hoặc, đối với các bể không neo, trọng lượng của một phần chất chứa trong bể tiếp giáp với thành. Đối với các bể không neo, phần chất chứa bên trong có thể được sử dụng để chống lật, phụ thuộc vào chiều rộng của tấm đáy dưới thành nâng lên khỏi nền và có thể được xác định như sau:

$$W_L = 0,1t_{ba} \sqrt{R_{eb} W_s H_T} \quad (G.5) \quad (9)$$

trong đó:  $R_{eb}$  là giới hạn chảy tối thiểu được quy định của các tấm đáy dưới thành,  $R_{eb} = 338 \text{ N/mm}^2$ ;  $W_L$  là lực tối đa tạo ra bởi các chất bên trong bể, có tác dụng chống mô men lật, kN/m;  $W_s$  là trọng lượng riêng lớn nhất của chất lỏng được chứa trong bể ở điều kiện bảo quản,  $W_s = 1,101 \text{ kg/l}$ ;  $t_{ba}$  là chiều dày của các tấm đáy dưới thành,  $t_{ba} = 6 \text{ mm}$ . Kết quả  $W_L = 32,74 \text{ kN/m} < 70,46 \text{ kN/m} = 0,2 W_{sH_T D}$ . Thỏa mãn nên không yêu cầu neo bể do động đất.

### 3.3. Lực nén thành bể do neo bể và lực gió

Lực nén lớn nhất tại đáy của thành  $W_b$ , kN/m có thể xác định như sau:

$$W_b = W_t + \frac{1,273M}{D^2} = 34 \text{ kN/m} \quad (G.9) \quad (10)$$

trong đó:  $W_t$  là lực lớn nhất tạo ra bởi thành bể và phần mái được đỡ bởi thành,  $W_t = 20 \text{ kN/m}$ .

### Nén thành lớn nhất cho phép:

Ứng suất nén dọc lớn nhất trong thành  $W_b/t_{bs}$  không được vượt quá ứng suất lớn nhất cho phép,  $F_a$  được xác định như sau:

$$\text{Do } \frac{W_s H_T D^2}{t_{bs}^2} \geq 44 \quad F_a = 83 \frac{t_{bs}}{D} = 19 \text{ MPa} \quad (G.10) \quad (11)$$

trong đó:  $t_{bs}$  là chiều dày của khoang thành dưới không kể dung sai ăn mòn,  $t_{bs} = 9 \text{ mm}$ ;

$F_a > W_b/t_{bs}$  Thỏa mãn do  $W_b/t_{bs} = 34/9 = 3,8 \text{ MPa} < 19 \text{ MPa}$ .

### Thiết kế vành cứng sơ cấp (vành gió):

Mô đun tiết diện tối thiểu yêu cầu,  $Z$ ,  $\text{cm}^3$ , của vành cứng sơ cấp phải được xác định theo phương trình

$$Z = 0,058D^2 H_f \frac{V_w^2}{45^2} = 0 \text{ cm}^3, \quad (12)$$

trong đó:  $H_f$  là chiều cao của thành bể, bao gồm bất kỳ tấm chắn tự do nào phía trên chiều cao chất lỏng đổ đầy tối đa  $H_f = 0 \text{ m}$ ;  $V_w$  là vận tốc gió giật,  $V_w = 45 \text{ m/s}$ .

Diện tích tiết diện chịu nén,  $A$ ,  $\text{mm}^2$ , không bao gồm bất kỳ ăn mòn cho phép nào, không được nhỏ hơn diện tích được xác định theo công thức sau:

$$A = \frac{50p_c R^2}{S_c \text{tg}\theta} = 19050 \text{ mm}^2, \quad (13)$$

trong đó:  $p_c$  là áp suất bên trong bằng áp suất thiết kế  $p$ ,  $p_c = 10 \text{ mbar}$ ;  $R$  là bán kính của bể,  $R = 20 \text{ m}$ ;  $S_c$  là ứng suất nén cho phép đối với tất cả các loại thép được lấy bằng  $120 \text{ N/mm}^2$ ;  $\theta$  là độ dốc của kính tuyến mái tại chỗ liên kết giữa thành và mái,  $\theta = 5,0$  độ.

Tiết diện vành được chọn phải lớn hơn của  $150 \times 90 \times 10$  hoặc được tính toán A.

Bể có mái cố định không áp lực, đường kính 40 m, cao 8,0 m và bốn khoang, mỗi khoang 2,0 m với chiều dày thành 8; 8; 8 và 10,0 mm được thiết kế cho tốc độ gió 45 m/s. Cần phải tính toán số lượng các vòng tăng cứng thứ cấp, kích thước và vị trí của chúng.

Bảng 7. Vị trí vành tăng cứng

Khoang thành	h (m)	e (mm)	H <sub>e</sub> (m)
4	2,0	8,0	2,00
3	2,0	8,0	2,00
2	2,0	8,0	2,00
1	2,0	10,0	1,14
H <sub>E</sub> = 7,14 m			

$V_w = 45 \text{ m/s}$ ,  $p_v = 5 \text{ mbar}$ ,

$$\text{tức là } K = \frac{95000}{3,563V_w^2 + 580p_v} = 9,392. \quad (14)$$

Suy ra:

$$H_p = K \left( \frac{e_{\min}^5}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}} = 6,720 \text{ m} \quad (15)$$

Vì  $H_p < H_e < 2H_p$  yêu cầu một vòng cứng thứ cấp. Vị trí lý tưởng tại  $H_e/2$ , tức là 3,570 m từ đỉnh bể. Vòng cứng ở khoang thành có chiều dày tối thiểu, không cần điều chỉnh.

Do đó, vòng thứ cấp cách đỉnh 3,570 m và thép góc  $L150 \times 90 \times 10 \text{ mm}$ .

### 3.4. Ổn định lật (neo bể)

Số liệu tính toán:

Mô men lật đối với khớp vỏ và đáy do gió  $M_w = 1603 \text{ kNm}$ ; Mô men nâng do áp suất thiết kế bên trong  $M_{pi} = 25133 \text{ kNm}$ ; Mô men giữ do kết cấu mái  $M_r = 11658 \text{ kNm}$ ; Mô men giữ do kết cấu thành bể  $M_t = 13161 \text{ kNm}$ ; Trọng lượng phụ kiện (cửa kiểm tra, ống nổi, v.v.)  $T_m = 250 \text{ kg}$ . Mô men giữ do các phụ kiện  $M_m = 49 \text{ kNm}$ ; Mô men giữ do trọng lượng chất lỏng  $M_f = 21229 \text{ kNm}$ .

Theo điều 12.1 trong [8], bể không neo phải đáp ứng các tiêu chí sau:

$M_{pi} < M_r + M_t + M_m = 25133 \text{ kNm} > 24868 \text{ kNm}$ . Hệ số an toàn = 0,99. Không thỏa mãn.

$M_w + M_{pi} < M_r + M_t + M_m + M_f = 26736 \text{ kNm} < 46097 \text{ kNm}$ . Hệ số an toàn = 1,72. Thỏa mãn.

$M_w < M_r + M_t + M_m = 1603 \text{ kNm} < 24868 \text{ kNm}$ . Hệ số an toàn = 15,5. Thỏa mãn.

Tiêu chí không được đáp ứng do đó cần có bu lông neo. Yêu cầu neo tối thiểu theo G.5.1 trong [8]:

$$\frac{1,273M}{D^2} - W_t \quad (G.12) \quad (16)$$

Do mô men nâng:  $20,0 - 19,8 = 0,2 \text{ kN/m}$ .

### Kiểm tra yêu cầu bu lông neo

Số bu lông tối thiểu là 42 theo G.5.2.2 và 12.3.2 [8] (bu lông neo cách nhau không quá 3 mét). Số lượng bu lông thực tế 72 đường kính 30 mm giới hạn ăn mòn 1,0 mm. Giới hạn chảy của bu lông 300

Mpa. Độ bền kéo của bu lông 500 Mpa. Ứng suất kéo cho phép trong bu lông:  $\min(300/2; 500/3) = 150 \text{ MPa}$ .

Tải trọng bu lông thiết kế:  $(0,2 \times 3,142 \times 40)/72 = 0,349 \text{ kN}$

Ứng suất bu lông  $349/616 = 0,6 \text{ MPa} < \text{Lực cắt cho phép của bu lông } 0,58 \times 150 \text{ MPa} = 87 \text{ MPa} \rightarrow \text{Chấp nhận được.}$

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua các nội dung nghiên cứu trong bài báo này, kết quả đạt được:

- Đã trình bày một số tiêu chuẩn vật liệu thép và vật tư hàn tương đương được quy định trong EN 14015:2004 và các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) có thể sử dụng đối với bể chứa chất lỏng hình trụ đứng, đáy phẳng ở nhiệt độ môi trường và cao hơn.

- Thực hành tính toán thành bể, tác động của động đất, neo bể và ổn định lật theo EN 14015:2004. Thấy rằng, việc áp dụng EN 14015:2004 đã bổ sung một số yêu cầu riêng đối với thiết kế bể chứa theo EN 1993-4-2, EN 1998-1-1. Qua ví dụ số thấy rằng, có thể áp dụng EN 14015:2004 trong thực tế thiết kế bể chứa với việc sử dụng vật liệu theo một số tiêu chuẩn Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 3223:2000, Que hàn điện dùng cho thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp - Ký hiệu, kích thước và yêu cầu kỹ thuật chung.
- [2] Tiêu chuẩn TCVN 9985-2:2013 Tính chất quy định ở nhiệt độ cao của thép dạng phẳng chịu lực.
- [3] Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9985-3:2014 ISO 9328-3:2011 Thép dạng phẳng chịu áp lực-Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp-Phần 3: Thép hạt mịn hàn được, thường hóa.
- [4] Tiêu chuẩn TCVN 9986-2:2013 Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu thông dụng.
- [5] Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9986-3:2014 ISO 630-3:2012 Thép kết cấu-Phần 3: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu hạt mịn.
- [6] Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 11227-1:2015 quy định yêu cầu kỹ thuật cung cấp cho thép hình kết cấu hàn, rỗng được tạo hình nguội có tiết diện tròn, vuông hoặc chữ nhật.
- [7] Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 11228-1:2015 ISO 12633-1:2011 Thép kết cấu rỗng được gia công nóng hoàn thiện từ thép không hợp kim và thép hạt mịn - Phần 1: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp.
- [8] BS EN 14015:2004, Chỉ dẫn kỹ thuật đối với thiết kế và chế tạo tại hiện trường bể thép, hàn, hình trụ đứng, đáy phẳng, đặt phía trên mặt đất để chứa chất lỏng ở nhiệt độ môi trường trở lên.
- [9] EN 755:2016 (all parts), Nhôm và hợp kim nhôm - Que/Thanh, ống và sản phẩm định hình ép đùn.
- [10] EN 754:2016 (all parts), Nhôm và hợp kim nhôm - Que/Thanh, ống và dây kéo nguội).
- [11] EN ISO 3581:2012, Vật tư tiêu hao hàn - Điện cực được phủ để hàn hồ quang bằng tay thép không gỉ và thép chịu nhiệt - Phần loại.
- [12] EN 10025:2019 (all parts), Các sản phẩm cán nóng của thép kết cấu không hợp kim.
- [13] EN 10028-2:2017, Sản phẩm cán phẳng làm bằng thép chịu lực - Phần 2: Thép hợp kim và không hợp kim có tính chất nâng cao.
- [14] EN 10028-3:2017, Sản phẩm cán phẳng làm bằng thép chịu lực - Phần 3: Thép hạt mịn có thể hàn, thường hóa.
- [15] EN 10029:2010, Thép tấm cán nóng dày 3 mm trở lên. Dung sai về kích thước, hình dáng và khối lượng.
- [16] EN 10088-1:2014, Thép không gỉ. Phần 1: Danh sách thép không gỉ.
- [17] EN 10088-2:2014, Sản phẩm cán phẳng làm bằng thép chịu lực - Phần 2: Thép hợp kim và không hợp kim có tính chất nâng cao.

[18] EN 10088-3:2014, Thép không gỉ - Phần 3: Điều kiện kỹ thuật giao hàng đối với các bán thành phẩm, thanh, đũa và thép hình thông dụng.

[19] EN 10025-3:2004, Sản phẩm cán nóng của thép kết cấu - Phần 3: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp đối với thép kết cấu hạt mịn thường hóa/cán thường hóa hàn được.

[20] EN 10025-4:2004, Sản phẩm cán nóng của thép kết cấu - Phần 4: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp đối với thép kết cấu hạt mịn cán cơ nhiệt hàn được.

[21] EN 10204:2004, Các sản phẩm kim loại - Các loại tài liệu kiểm tra.

[22] EN 10210-1:2006, Thép hình kết cấu hàn rỗng tạo hình nguội từ thép không hợp kim và thép hạt mịn. Phần 1. Yêu cầu giao hàng kỹ thuật.

[23] EN 10216-1:2013, Ống thép không hàn chịu áp lực - Part 1: Các điều kiện về kỹ thuật giao hàng - Phần 1: Ống thép không hợp kim với các đặc tính tại nhiệt độ phòng.

[24] EN 10216-2:2013, Ống thép không hàn chịu áp lực - Các điều kiện về kỹ thuật giao hàng - Phần 2: Ống thép hợp kim và không hợp kim với các đặc tính ở nhiệt độ cao.

[25] EN 10216-3:2013, Ống thép không hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 3: Ống thép hợp kim hạt mịn.

[26] EN 10216-5:2013, Ống thép không hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 5: Ống thép không gỉ.

[27] EN 10217-1:2021, Ống thép hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 1: Ống thép không hợp kim với các đặc tính ở nhiệt độ phòng.

[28] EN 10217-2:2021, Ống thép hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 2: Ống thép hàn điện hợp kim và không hợp kim với các đặc tính ở nhiệt độ cao.

[29] EN 10217-3:2021, Ống thép hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 3: Các ống thép hợp kim hạt mịn.

[30] EN 10217-5:2021, Ống thép hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 5: Ống thép hợp kim và không hợp kim hàn hồ quang chìm với các đặc tính ở nhiệt độ cao.

[31] EN 10217-7:2021, Ống thép hàn chịu áp lực - Các điều kiện kỹ thuật khi cung cấp - Phần 7: Ống thép không gỉ;

[32] EN 10222:2017 (all parts), Steel forgings for pressure purposes (Thép rèn bằng thép áp lực).

[33] EN 10250:2022 (all parts), Thép rèn sôi làm khuôn dập cho mục đích kỹ thuật chung.

[34] EN 1991-1-1:2002, Eurocode 1: Tác động lên kết cấu. Phần 1-1: Trọng lượng, tải trọng tĩnh và hoạt tải.

[35] EN 1993-1-1:2005, Eurocode 3: Thiết kế kết cấu thép - Phần 1-1: Các nguyên tắc chung và nguyên tắc thiết kế kết cấu nhà.

[36] EN 1993-4-2:2007, Eurocode 3: Thiết kế các kết cấu bằng thép - Phần 4-2: Silô, bể chứa và đường ống - Bể chứa.