

# Đánh giá độ tin cậy của hệ thống chữa cháy bằng nước

Assessment reliability of water- based fire fighting system

Nguyễn Thành Công

## Tóm tắt

Tại Việt Nam hiện nay, việc đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống chữa cháy bằng nước phần nhiều là định tính mà không có định lượng. Chỉ tiêu độ tin cậy là các thông số đánh giá hoạt động của thiết bị (hay hệ thống) bằng các giá trị cụ thể. Căn cứ vào các chỉ tiêu đó, người quản lý còn có thể dự kiến được thời điểm sửa chữa hoặc thay thế thiết bị trong hệ thống, giúp tăng hiệu quả hoạt động và tuổi thọ của hệ thống.

**Từ khóa:** độ tin cậy, hệ thống chữa cháy bằng nước cố định, hệ thống chữa cháy tự động

## Abstract

In Vietnam, the performance effectiveness evaluation of fire extinguishing systems is generally qualitative, rather than quantitative. Reliability criteria are parameters that evaluate the performance of devices (or systems) by specific values. Based on those criteria, devices in the system can be scheduled for repairs or replacement, which helps enhance the effectiveness and lifetime of the system.

**Key words:** reliability, fixed water- based fire fighting system, fire sprinkler system

## 1. Đặt vấn đề

Hệ thống chữa cháy bằng nước gồm nhiều thiết bị mà phần lớn trong đó, nếu xảy ra sự cố sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của cả hệ thống. Chẳng hạn khi xảy ra cháy, hệ thống có làm việc, nhưng vì lý do nào đó (ví dụ như có rò rỉ...) bơm không cấp đủ lưu lượng và cột áp chữa cháy yêu cầu, dẫn đến hiệu quả chữa cháy thấp, thậm chí không hiệu quả. Việc xây dựng bộ chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy của hệ thống được thực hiện căn cứ trên số liệu thu thập được về các sự cố thường gặp của các thành phần trong hệ thống và chỉ tiêu độ tin cậy các thành phần của hệ thống.

## 2. Một số sự cố thường gặp trong thực tế

Hoạt động của hệ thống chữa cháy bằng nước phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: chất lượng của từng thiết bị trong hệ thống, biện pháp thi công lắp đặt, trình độ quản lý vận hành, tác động của điều kiện ngoại cảnh... do đó, có nhiều nguyên nhân gây ra sự cố của hệ thống, thường sử dụng các thông số của những sự cố điển hình, xảy ra với tần suất cao và ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả hoạt động của hệ thống. Qua khảo sát cho thấy, một số sự cố thường xảy ra đối với hệ thống chữa cháy bằng nước như sau:

Sự cố đầu phun trong hệ thống chữa cháy tự động: thực tế cho thấy, sau một thời gian lắp đặt và đã đưa vào sử dụng, sự cố phổ biến với đầu phun đó là có hiện tượng rò nước dù không có tác động bên ngoài. Nguyên nhân chủ yếu do chất lượng đầu phun kém, thi công lắp đặt không đảm bảo kỹ thuật. Sau một thời gian, mối nối giữa đầu phun và ống bị gỉ sét, dưới áp lực nước lớn, vị trí yếu sẽ bị rò rỉ nước.

Sự cố rò rỉ đường ống: rò rỉ dẫn đến áp lực trên đường ống giảm, bơm phải hoạt động liên tục để bù áp. Nguyên nhân chủ yếu là do trong ống bị gỉ sét, ống lại luôn chịu áp lực nước lớn nên các vị trí nối dễ bị rạn nứt, dẫn đến rò rỉ.

Sự cố hệ thống bơm: có nhiều nguyên nhân gây ra lỗi hệ thống bơm. Chẳng hạn hệ thống bơm lâu ngày không được kiểm tra bảo dưỡng vận hành dẫn đến một số lỗi như không khởi động được, trong bơm bị gỉ sét, bơm không hút được nước....

Sự cố nguồn nước: một số nguyên nhân dẫn đến sự cố về nguồn nước như đường ống cấp nước thành phố bị sự cố dẫn đến không có đủ nước cấp cho các bể dự trữ nước chữa cháy; hay nước dự trữ cho chữa cháy bị dùng sai mục đích...

Sự cố các thiết bị khác trên đường ống: van bị kẹt, hở..



Hình 1. Đầu phun hệ thống chữa cháy bị rò rỉ



Hình 2. Mặt trong ống cấp nước chữa cháy bị gỉ sét, làm giảm liên kết ống tại các vị trí nối



Hình 3. Bơm bị gỉ sét phía trong

Nguyễn Thành Công

Bộ môn Thoát nước, Khoa KHTH&MT Đô Thị

Email: Congnt@hau.edu.vn

ĐT: 0946661789

Ngày nhận bài: 02/6/2020

Ngày sửa bài: 11/6/2020

Ngày duyệt đăng: 20/12/2022

**Bảng 1. Phiếu theo dõi sự cố**

| Thứ tự lần xảy ra sự cố | Ngày tháng năm | Thời gian hoạt động đến lúc xảy ra sự cố | Thời gian ngừng hoạt động để sửa chữa | Biểu hiện tình trạng sự cố | Nguyên nhân xảy ra sự cố | Biện pháp sửa chữa đã thực hiện |
|-------------------------|----------------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1                       |                |                                          |                                       |                            |                          |                                 |
| 2                       |                |                                          |                                       |                            |                          |                                 |

Sự cố hệ thống báo cháy: với hệ thống chữa cháy tự động Drencher khởi động bằng hệ thống báo cháy, sự cố của hệ thống báo cháy sẽ dẫn đến sự cố hoạt động của hệ thống Drencher.

### 3. Thu thập và xử lý số liệu khi xác định chỉ số tin cậy của hệ thống

Khi phân tích độ tin cậy của cả hệ thống cần quan tâm tới sự cố lỗi (hỏng) của các thành phần và của cả hệ thống, như thời gian thiết bị hoạt động bình thường, thời gian ngừng hoạt động để sửa chữa, các đặc điểm sự cố, nguyên nhân xảy ra sự cố... Số liệu được thu thập từ nhiều nguồn như nhật ký theo dõi hệ thống hoặc biên bản kiểm tra hệ thống của cơ sở; biên bản tổ chức vụ cháy, biên bản kiểm tra phòng cháy chữa cháy của cán bộ kiểm tra phụ trách địa bàn....

Để phân tích, đánh giá độ tin cậy của hệ thống, mẫu số liệu thu thập được càng lớn thì kết quả đánh giá sẽ càng chính xác. Để có lượng số liệu lớn khi phân tích độ tin cậy, ngoài nhật ký, sổ theo dõi hệ thống; biên bản kiểm tra... có thể sử dụng phiếu theo dõi sự cố. Phiếu theo dõi sự cố tổng hợp nhiều thông tin, ngoài thông tin bắt buộc là thời gian ngừng hoạt động, trên phiếu có thể bổ sung một số thông tin khác như nguyên nhân hỏng, biện pháp sửa chữa... để phân tích độ tin cậy chính xác hơn. Ví dụ một phiếu theo dõi sự cố của thiết bị trong hệ thống.

Do những sự cố mà việc đánh giá nguyên nhân xảy ra phụ thuộc nhiều vào người đánh giá, người quản lý, vận hành hệ thống, nên khi thống kê số liệu tổng hợp từ các phiếu theo dõi hoặc từ sổ nhật ký của cơ sở, có thể có những sai số. Tuy nhiên, sai số này chỉ là sai số ngẫu nhiên.

### 4. Độ tin cậy của hệ thống

#### 4.1. Các chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống

Chỉ tiêu độ tin cậy là đặc trưng định lượng của một hay nhiều tính chất xác định độ tin cậy của đối tượng. Các chỉ tiêu độ tin cậy thường được xác định trên cơ sở thông tin về lượng công việc hay lượng lao động thu được trong đó lượng công việc được hiểu là số đo nhiệm vụ mà đối tượng thực hiện. Với hệ thống chữa cháy, nhiệm vụ mà có thể định lượng là khoảng thời gian hệ thống hoạt động theo đúng thiết kế (kỳ vọng).

Do sự cố lỗi (hỏng) là một sự kiện ngẫu nhiên, xảy ra ở các thời điểm ngẫu nhiên nên các chỉ tiêu độ tin cậy thường ở dạng xác suất.

- Cường độ hỏng:

Cường độ hỏng của hệ thống được xác định trên cường độ hỏng của các thành phần trong hệ thống.

Cường độ hỏng  $\lambda(t)$  của thành phần tại thời điểm  $t$  là mật độ phân phối xác suất có điều kiện để xuất hiện lỗi (hỏng) ở thời điểm  $t$  với điều kiện trước đó thành phần đã làm việc.

Trong hệ thống chữa cháy bằng nước, hầu hết các thiết bị (thành phần) được liên kết nối tiếp với nhau. Khi một thiết bị trong hệ thống gặp sự cố sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của cả hệ thống, thậm chí có thể khiến hệ thống dừng hoạt

động. Với hệ thống nối tiếp, cường độ hỏng của hệ thống bằng tổng cường độ hỏng của các phần tử:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

Trong đó:  $\lambda_i$  là cường độ hỏng của thành phần thứ  $i$

- Cường độ phục hồi:

Cường độ phục hồi  $\mu(t)$  tại thời điểm  $t$  của thành phần là mật độ thời gian phục hồi có điều kiện ở thời điểm  $t$  tính từ lúc thành phần bắt đầu dừng hoạt động với điều kiện là tới thời điểm  $t$  thành phần còn chưa được phục hồi xong.

$$\mu(t) = \frac{h(t)}{1 - H(t)}$$

Trong đó:  $h(t)$  là mật độ của thời gian hồi phục,  $H(t)$  là hàm phân phối tương ứng

Cường độ phục hồi của hệ nối tiếp được xác định:

$$\mu_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}$$

$$\text{Với: } \gamma_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$$

$\mu_i$  - Cường độ hồi phục của thành phần thứ  $i$

$$\mu_i = \frac{\lambda_i}{\tau_i}$$

$\tau_i$  - Thời gian phục hồi của thành phần thứ  $i$

- Xác suất làm việc không hỏng:

Giả sử thời điểm  $t=0$  thiết bị bắt đầu làm việc và sau khoảng thời gian  $T$  ngẫu nhiên, nó bị hỏng lần đầu. Thời gian làm việc.

Chỉ tiêu cơ bản của tính không hỏng là xác suất làm việc không hỏng (hay còn gọi là độ tin cậy, theo nghĩa hẹp)

$$R(t) = P(T > t)$$

Xác suất làm việc không hỏng phụ thuộc vào thời điểm  $t$  đang xét.  $R(t)$  còn được gọi là hàm tin cậy  $R(t) = e^{-\lambda t}$

Xác suất làm việc không hỏng của hệ thống sau khoảng thời gian  $t$  tính từ lúc bắt đầu làm việc:

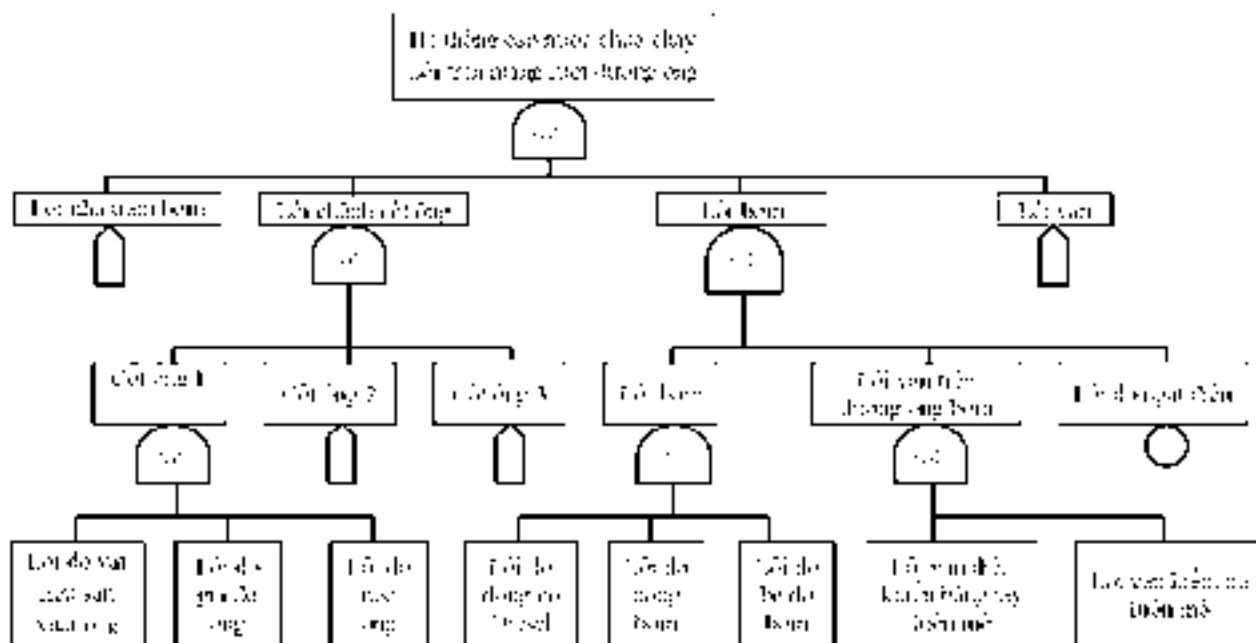
$$R_s(t_0) = e^{-\lambda_s t_0}$$

$\lambda_s$  - cường độ hỏng của hệ thống

- Kỳ vọng thời gian làm việc không hỏng:

Kỳ vọng thời gian làm việc không hỏng (tuổi thọ) của hệ thống phụ thuộc vào cường độ hỏng của hệ

$$E(T_s) = \frac{1}{\lambda_s}$$



Hình 4. Ví dụ về sơ đồ cây sự cố lỗi

- Kỳ vọng thời gian phục hồi của hệ:

Kỳ vọng thời gian phục hồi của hệ thống phụ thuộc vào cường độ phục hồi của hệ:

$$E(\tau_s) = \frac{1}{\mu_s}$$

$\mu_s$  - cường độ phục hồi của hệ thống

- Hệ số sẵn sàng:

Hệ số sẵn sàng là xác suất để hay thiết bị dưới điều kiện của một quá trình ngẫu nhiên dừng( sau một thời gian khai thác đủ lớn) đang ở trạng thái có khả năng làm việc.

$$S = \lim_{t \rightarrow \infty} (S_t)$$

Trong đó  $S(t)$  là hàm sẵn sàng

Hệ số sẵn sàng của hệ thống được xác định:

$$S_t = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}$$

-Hệ số không sẵn sàng của hệ

$$K_s = 1 - S_s$$

#### 4.2. Chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống chữa cháy bằng nước

Các chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống được xác định bằng cách tổng hợp độ tin cậy của các thành phần thiết bị trong hệ thống. Chỉ tiêu độ tin cậy của thành phần thiết bị được tính dựa trên cường độ hỏng và cường độ hồi phục. Thực tế cho thấy, số liệu thu thập về hoạt động của các thiết bị trong hệ thống chữa cháy bằng nước tại Việt Nam không nhiều. Nhiều cơ sở chưa thực hiện hoặc có thực hiện nhưng không đầy đủ các quy định, chế độ kiểm tra bảo dưỡng thiết bị cũng như cả hệ thống, dẫn đến thông tin trong sổ nhật ký theo dõi hệ thống của cơ sở không nhiều, hoặc có nhưng không đầy đủ thông tin để đánh giá. Ngoài ra vì nhiều lý do, khi kiểm tra cơ sở, cán bộ kiểm tra thường yêu cầu cơ sở thử hoạt động của hệ thống chữa cháy vách tường mà ít yêu cầu thử hoạt động của hệ thống chữa cháy bằng nước tự động. Do

đó thông tin để đánh giá hoạt động của hệ thống chữa cháy bằng nước tự động là càng hạn chế hơn.

Như vậy dữ liệu để phân tích độ tin cậy, đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống chữa cháy bằng nước tại Việt Nam rất hạn chế. Do đó hiện tại khi phân tích để xác định chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy của hệ thống chữa cháy bằng nước, chỉ có thể sử dụng bộ dữ liệu nhỏ. Với số lượng mẫu thường nhỏ, không đủ xây dựng một luật phân phối liên tục, nên chỉ có thể dùng cách ước lượng các điểm rời rạc để xác định cường độ hỏng của một thiết bị trong hệ thống chữa cháy bằng nước ở Việt Nam. Khi đó, cường độ hỏng của thiết bị được xác định:

$$\lambda_i = \frac{\sum_{i=1}^n T b_i}{\sum_{i=1}^n T b_i \cdot t_i}$$

Trong đó:  $T b_i$  là thiết bị gặp sự cố

$t$  là thời gian xảy ra sự cố của thiết bị

Một vấn đề quan trọng khác khi xác định chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống chữa cháy bằng nước, đó là lựa chọn sự cố lỗi( hỏng) làm cơ sở xác định. Sự cố được lựa chọn phải là sự cố điển hình, xảy ra thường xuyên và ảnh hưởng không nhỏ đến hoạt động của cả hệ thống. Với bộ dữ liệu nhỏ thì phương pháp phổ biến nhất hiện nay là phân tích dựa trên sơ đồ cây (hay sơ đồ cây lỗi). Một ví dụ về sự cố lỗi trên mạng đường ống của một hệ thống cấp nước chữa cháy dưới dạng sơ đồ cây lỗi.

Căn cứ trên sơ đồ cây lỗi có thể thấy nguyên nhân chủ yếu dẫn đến sự cố mạng đường ống của hệ thống cấp nước chữa cháy trên là do lỗi bơm và lỗi chênh cốt đặt ống. Chỉ tiêu độ tin cậy mạng lưới đường ống của hệ thống trên có thể được xác định dựa trên chỉ tiêu độ tin cậy của hai thành phần đó.

#### 5. Kết luận

Như vậy, các chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống là các thông số được định lượng, giúp người quản lý hoặc phụ trách cơ

sở đánh giá khả năng làm việc của hệ thống (chỉ tiêu xác suất làm việc không hỏng, hệ số sẵn sàng), dự kiến được thời điểm sửa chữa (chỉ tiêu thời gian làm việc, thời gian phục hồi). Để có được đủ dữ liệu xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống chữa cháy bằng nước, các cơ sở cũng như đơn vị quản lý cần chặt chẽ hơn trong việc yêu cầu thực hiện đầy đủ các chế độ kiểm tra, bảo dưỡng vận hành hệ thống theo quy định và thông tin phải được lưu lại trong nhật ký theo dõi hoặc biên bản kiểm tra. Điều này giúp tăng hiệu quả hoạt động và tuổi thọ của hệ thống./.

#### Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hữu Lộc. Độ tin cậy trong thiết kế kỹ thuật. NXB đại học quốc gia TP.Hồ Chí Minh – 2002.
2. TCVN 7336-2003. Phòng cháy chữa cháy. Hệ thống Sprinkler tự động. Yêu cầu thiết kế và lắp đặt.
3. Markaryan A.Y. The equation of the main characteristic of the rotary pump, Reports of NAS, 2002, vol.102, N 2, Armenian.
4. Wiliam E Koffel, P.E. Reliability of Automatic Sprinkler System, Fire Protection Engineering, 2005.

## Xác định khả năng chịu lực của dầm nhôm hợp kim...

(Tiếp theo trang 46)

- Mô men chịu lực danh nghĩa của cấu kiện dầm

$$\begin{aligned} M_{b,Rd} &= \chi_{LT} \alpha W_{eff} f_0 / \gamma_{M1} \\ &= 0,19521 \times 0,2 \times 68337,05 \times 220 \\ &= 3541125,71 \text{ Nmm} = 3,541 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### 4. So sánh và thảo luận

Thông qua việc thực hành tính toán các cấu kiện dầm nhôm hợp kim theo các tiêu chuẩn khác nhau, một số nhận xét có thể thấy như sau:

- Về vật liệu, giới hạn chảy chịu nén của vật liệu nhôm theo tiêu chuẩn Australia và Hoa Kỳ được xác định lấy bằng 0,9 lần so với giới hạn chảy khi chịu kéo, trong khi đó hai giá trị này được lấy như nhau theo tiêu chuẩn Châu Âu.

- Cách thức xác định các giá trị độ mảnh cấu kiện hay độ mảnh cấu kiện danh nghĩa của Tiêu chuẩn Australia và Hoa Kỳ khá tương đồng với nhau đều thông qua việc xác định các hệ số Bc, Cc, Dc bằng cách sử dụng các bảng tra. Phương pháp tính của hai tiêu chuẩn này có những sự tương đồng nhất định trong thiết kế.

- Tiêu chuẩn Châu Âu lại tiếp cận theo một cách thức khác hoàn toàn so với hai tiêu chuẩn của Australia và Hoa Kỳ. Tiêu chuẩn này dùng phương pháp chiều dày hữu hiệu trong thiết kế để xác định khả năng chịu lực của tiết diện, sau đó được nhân với hệ số ảnh hưởng của mất ổn định tổng thể liên quan đến các thành phần độ mảnh của cấu kiện.

Tương tự như các tính toán trên, bài báo đưa ra các tính toán cho một số cấu kiện sử dụng tiết diện C25025 với các chiều dài khác nhau, và tập hợp lại trong Bảng 1 dưới đây.

**Bảng 1. Kết quả tính toán một số cấu kiện dầm nhôm tiết diện C25025 với các chiều dài khác nhau theo các tiêu chuẩn (Đơn vị: kNm)**

| Cấu kiện     | Tiêu chuẩn Australia | Tiêu chuẩn Hoa Kỳ | Tiêu chuẩn Châu Âu |
|--------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| C25025-4,23m | 4,227                | 3,869             | 3,541              |
| C25025-5,0m  | 2,839                | 2,531             | 2,435              |
| C25025-6,0m  | 2,208                | 1,923             | 1,919              |
| C25025-7,0m  | 1,676                | 1,413             | 1,478              |

Bảng 1 cho thấy kết quả tính toán của các tiêu chuẩn cũng khá tương đồng nhau, đặc biệt là theo Tiêu chuẩn Hoa Kỳ và Châu Âu, còn kết quả đưa ra cao hơn một chút khi dùng Tiêu chuẩn Australia.

#### 5. Kết luận

Bài báo đã trình bày các phương pháp xác định khả năng chịu lực của dầm nhôm hợp kim bị phá hoại do mất ổn định tổng thể theo các tiêu chuẩn hiện hành của Australia, Hoa Kỳ và Châu Âu. Các quy định và chỉ dẫn sơ bộ đã được trình bày ngắn gọn trong bài báo giúp cho người được có thể nắm bắt được các điểm chính trong thiết kế cấu kiện dầm nhôm hợp kim theo các tiêu chuẩn hiện hành trên. Các ví dụ cụ thể được thực hiện giúp cho người đọc có thể làm theo phục vụ cho quá trình nghiên cứu cũng như thiết kế loại cấu kiện này. Các so sánh về phương pháp tính toán của các tiêu chuẩn cũng được đưa ra thảo luận và nhận xét./.

#### Tài liệu tham khảo

1. L.A.T. Huynh, C.H. Pham, and K.J.R. Rasmussen, "Mechanical Properties of Cold-rolled Aluminium Alloy 5052 Channel Sections," in Proceeding of 8th International Conference on Steel and Aluminium Structures, pp. 670–684, 2016.
2. L.A.T. Huynh, C.H. Pham, and K.J.R. Rasmussen, "Mechanical properties and residual stresses in cold-rolled aluminium channel sections," Engineering Structures, vol. 199, 109562, 2019.
3. AS/NZS1664.1:1997, Australian / New Zealand Standard. Part 1: Limit state design. Homebush NSW 2140, 1997.
4. Aluminum Association, Aluminum Design Manual. Washing DC, 2015.
5. European Committee for Standardization, Eurocode 9: Design of aluminium structures-Part 1-4: Cold-formed structural sheeting. European Standard, 2007.
6. V.V. Nguyen, G.J. Hancock, and C.H. Pham, "Development of the Thin-Wall-2 for Buckling Analysis of Thin-Walled Sections Under Generalised Loading," in Proceeding of 8th International Conference on Advances in Steel Structures, 2015.
7. European Committee for Standardization, Eurocode 9: Design of aluminium structures. Part 1-1: General structural rules. European Standard, 2007.