



## Designing and calculating the strength of tank containers

### Article info

#### Type of article:

Original research paper

#### DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2023.vn.3.2.1-10>

#### \*Corresponding author:

E-mail address:

mvthamdmtx@utc.edu.vn

**Received:** 25/04/2023

**Accepted:** 19/05/2023

**Published:** 28/06/2023

Tham Van Mai\*

University of Transport and Communications, Ha Noi, Viet Nam

**Abstract:** Tank containers are used widely worldwide but not in Vietnam railways. The article introduces the design and strength calculation of tank containers for Vietnam railways. The study applies Altair SimSolid software to calculate the strength of tank containers according to the QCVN 38:2015/BGTVT National technical regulation on testing and manufacturing of containers in transport vehicles. The article optimizes the structure and selects suitable materials for manufacturing based on the technological conditions in Vietnam. After the design process, the strength calculations were performed for 9 load cases according to the calculation regulations. The calculated results show that the tank containers can withstand various loading conditions. This research can be applied to the manufacturing of tank containers for Vietnam railways.

**Keywords:** Tank container; Tank car; Special-purpose freight car.

## Thiết kế, tính toán độ bền công ten nơ kiểu xi téc

### Thông tin bài viết

#### Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

#### DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2023.vn.3.2.1-10>

#### \*Tác giả liên hệ:

Địa chỉ E-mail:

mvthamdmx@utc.edu.vn

**Ngày nộp bài:** 25/04/2023

**Ngày chấp nhận:** 19/05/2023

**Ngày đăng bài:** 28/06/2023

Mai Văn Thắm\*

Trường Đại học Công nghệ GTVT, Hà Nội, Việt Nam

**Tóm tắt:** Công ten nơ kiểu xi téc là loại được sử dụng phổ biến trên thế giới nhưng chưa được sử dụng nhiều trên đường sắt Việt Nam. Bài báo giới thiệu về thiết kế và tính toán độ bền cho công ten nơ kiểu xi téc sử dụng cho đường sắt Việt Nam. Bài báo ứng dụng phần mềm Altair SimSolid tính toán độ bền theo các điều kiện trong QCVN 38:2015/BGTVT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về kiểm tra và chế tạo công ten nơ vận chuyển trên các phương tiện vận tải. Bài báo đã thiết kế tối ưu về kết cấu cũng như lựa chọn vật liệu chế tạo phù hợp với điều kiện công nghệ chế tạo tại các Việt Nam. Sau khi thiết kế tiến hành tính toán độ bền cho 9 trường hợp tải trọng tác dụng theo qui định tính toán. Kết quả tính toán độ bền của công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền ở các chế độ tải trọng. Kết quả nghiên cứu bài báo có thể ứng dụng chế tạo các công ten nơ kiểu xi téc sử dụng trên đường sắt Việt Nam.

**Từ khóa:** Công ten nơ kiểu xi téc; Toa xe xi téc; Toa xe chuyên dùng.

### 1. Giới thiệu

Với nhu cầu vận chuyển hàng hóa nhanh từ kho đến kho. Việc vận chuyển hàng hóa là chất lỏng bằng đường sắt thường sử dụng toa xe xi téc (ký hiệu là P), loại toa xe này có thùng xe là một thùng kín có phần ống là hình trụ, hai phần đầu dạng chỏm cầu. Thùng xe của toa xe xi téc được gắn chặt lên hai giá chuyển hướng, do vậy hàng hóa dạng chất lỏng phải chờ đến ga đường sắt để cấp vào thùng kín, khi toa xe đến ga cuối thì sẽ lấy hàng từ toa xe xi téc để vận chuyển đi tiếp tới nơi nhận hàng. Điều này sẽ làm mất rất nhiều thời gian cho công đoạn nạp, xả hàng. Do vậy phương thức này hiện nay không mang tính linh hoạt, không cơ động trong xếp dỡ nên khó cạnh tranh được với phương thức vận tải ô tô chờ bồn chứa đang sử dụng có thể vận chuyển từ kho đến kho.

Công ten nơ kiểu xi téc thì sẽ rất cơ động, hàng hóa sẽ được nạp vào tại nơi nhận, rồi vận chuyển theo đường bộ dưới dạng công ten nơ, đưa tới đường sắt thì xếp lên toa xe hàng mặt bằng

chờ công ten nơ, đến ga cuối thì dỡ xuống xe ô tô chờ công ten nơ và cuối cùng đến nơi nhận thì mới xả hàng. Việc này sẽ rút ngắn được thời gian vận chuyển, cơ động và linh hoạt [1-4].

Các nước trên thế giới cũng đã nghiên cứu thiết kế, tính toán độ bền và đã chế tạo, sử dụng loại công ten nơ kiểu xi téc [5-9]. Tại Việt Nam các loại toa xe này được liệt kê vào nhóm toa xe chuyên dùng [10], hiện nay trên đường sắt Việt Nam mới đưa vào sử dụng rất ít công ten nơ kiểu xi téc, ngoài ra khổ đường sắt của Việt Nam, cơ sở hạ tầng, điều kiện vận dụng cũng khác so với nước ngoài do vậy việc nghiên cứu thiết kế, sản xuất công ten nơ kiểu xi téc phù hợp với đường sắt, đường bộ Việt Nam là rất cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

### 2. Thiết kế, tính toán độ bền công ten nơ kiểu xi téc

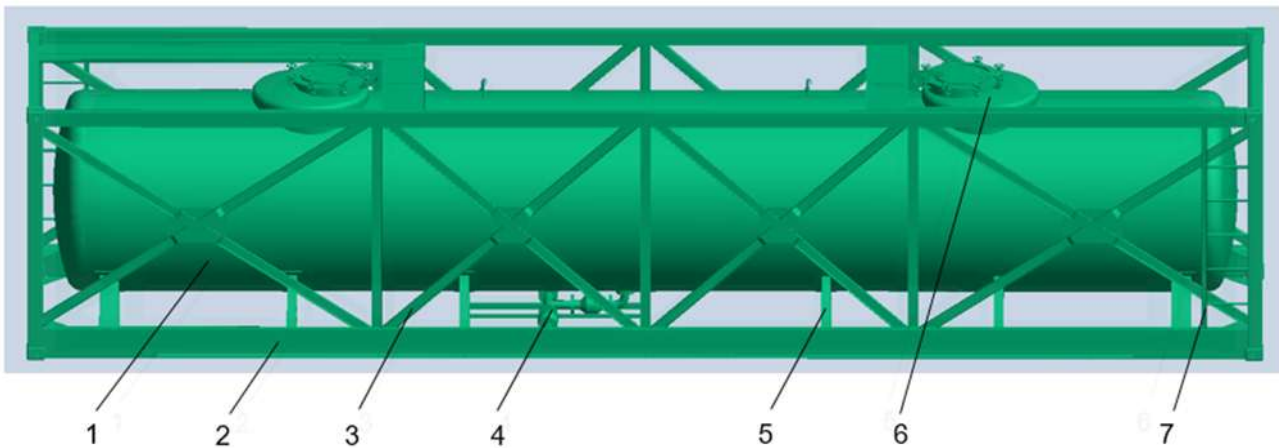
#### 2.1. Thiết kế tổng thể công ten nơ kiểu xi téc

Ở các nước trên thế giới, việc thiết kế toa xe xi téc, công ten nơ kiểu xi téc đều ứng dụng các

phần mềm để mô phỏng, tính toán, tối ưu hóa kết cấu trước khi đưa vào chế tạo. Vật liệu chế tạo thân xi téc ở nước ngoài chủ yếu sử dụng là thép không gỉ loại AISI 304 (EN 1.4301); AISI 201 (EN 1.4372); Vật liệu chế tạo khung ngoài bằng loại thép các bon cường độ cao tạo ra sản phẩm toa xe xi téc, công ten nơ kiểu xi téc có tuổi thọ cao, ít gây tác hại đến con người.

Ở Việt Nam việc thiết kế, chế tạo công ten nơ kiểu xi téc là lĩnh vực hoàn toàn mới từ khâu thiết kế, sử dụng vật liệu, tối ưu hóa kết cấu, chế tạo nên tác giả đã tham khảo các loại công ten nơ kiểu xi téc trên thế giới, từ đó ứng dụng phần mềm Catia

để thiết kế, tối ưu hóa kết cấu và đã thiết kế được công ten nơ kiểu xi téc có kết cấu công ten nơ kiểu xi téc gồm thân xi téc 1 là một thùng kín gồm có phần ống hình trụ, hai phần đầu dạng chỏm cầu, được chế từ thép cường độ cao S700MC; Thân xi téc được liên kết với 7 gối đỡ 5; Các gối đỡ được hàn với khung thép 2, để tăng độ cứng vững cho khung thép bố trí các xà chéo phụ; Phía dưới thân xi téc có hệ thống van xả hàng, phía trên có 02 nắp nạp hàng. Ngoài ra bố trí thang lên, lối đi phía trên cho người thao tác khi nạp hàng vào xi téc. Kết cấu tổng thể công ten nơ kiểu xi téc được thể hiện như Hình 1.



1. Thân xi téc; 2. Khung thép; 3. Xà chéo phụ; 4. Van xả hàng; 5. Gối đỡ;  
6. Nắp nạp hàng; 7. Thang lên xuống.

**Hình 1.** Kết cấu tổng thể công ten nơ kiểu xi téc

Kích thước thân công ten nơ kiểu xi téc thiết kế giống như một công ten nơ 40 feet nên có chiều dài 12.192 mm, chiều cao 2.591 mm và chiều rộng 2.438 mm. Tự nặng của thân công ten nơ kiểu xi téc là 7,5 tấn, tải trọng công ten nơ kiểu xi téc chở được là 33,64 tấn. Tổng thể tích xi téc là 41,4 m<sup>3</sup>, thể tích chuyên chở là 40 m<sup>3</sup>. Thanh dọc, thanh ngang sử dụng thép hình chữ I 150x125x8,5mm, cột góc 140x140x5mm. Thân xi téc được gia công bằng thép tấm dày 5mm bằng công nghệ lốc, hàn ghép, chỏm cầu xi téc được gia công từ thép tấm dày 6mm bằng công nghệ lốc. Thân xi téc được lắp ghép tổng thành bằng phương pháp hàn tạo thành một hệ khung không gian khép kín, có kết cấu cứng vững, có tính ổn định cao.

## 2.2. Tính toán độ bền công ten nơ kiểu xi téc

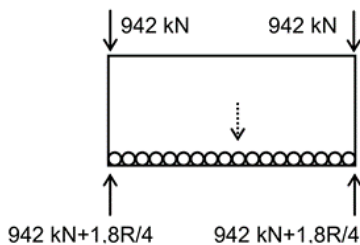
Sau khi thiết kế thì bài báo sử dụng phần mềm Altair Simsolid để tính toán độ bền. Phần mềm này là phần mềm phân tích kết cấu giúp cho quá trình thiết kế một cách nhanh chóng, cho phép phân tích các bộ phận hình học phức tạp và các cụm chi tiết lớn một cách hiệu quả, chính xác. Simsolid có ưu điểm là loại bỏ hoàn toàn việc đơn giản hóa hình học và chia lưới, phân tích các bộ phận phức tạp và các tổ hợp lớn, cho kết quả nhanh chóng.

Theo QCVN38:2015/BGTVT [11] việc thử độ bền phải được kiểm tra với các trường hợp theo qui định. QCVN38:2015/BGTVT là quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về kiểm tra và chế tạo công ten nơ vận chuyển trên các phương tiện vận tải. Quy chuẩn này quy định về các yêu cầu an toàn kỹ thuật

liên quan đến thiết kế, chế tạo, sửa chữa, cải tạo, nhập khẩu, khai thác sử dụng và các yêu cầu về quản lý, kiểm tra, chứng nhận đối với các công ten nơ vận chuyển trên các phương tiện vận tải đường bộ, đường thủy, đường sắt. Đối với loại công ten nơ kiểu xi téc mà bài báo thiết kế sẽ thử độ bền được qui định tại bảng 6 về tải trọng và lực dùng để thử cho 9 trường hợp dưới đây.

**2.2.1. Thử xếp chồng**

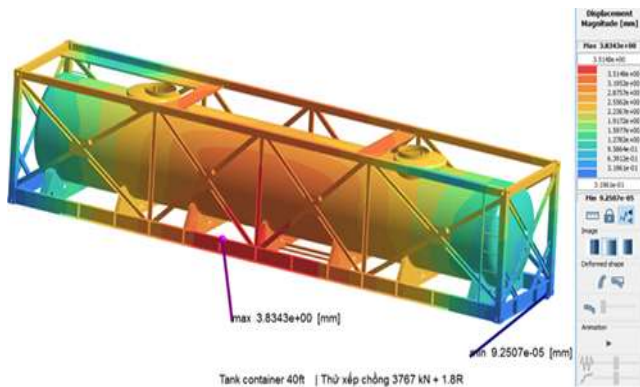
Sơ đồ lực với trường hợp thử xếp chồng được thể hiện như hình 2. Trong đó: R là tổng khối lượng cho phép lớn nhất của công ten nơ và hàng hóa trong đó,  $R = 299.009 \text{ N}$ ;  $1,8R = 538.216 \text{ N}$ .



**Hình 2.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử xếp chồng

Ứng dụng phần mềm Altair SimSolid, đặt lực như sơ đồ hình 2, đặt lực tại vị trí 4 góc phía trên, tại mỗi góc giá trị lực là 942 kN, hướng xuống dưới. Kết quả tính toán chuyển vị, ứng suất của xi téc kiểu công ten nơ thể hiện như hình 3 và hình 4.

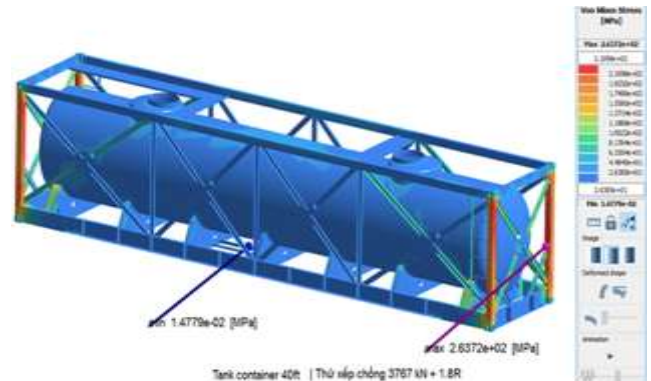
Qua hình 3 thấy rằng chuyển vị lớn nhất ở vị trí giữa thanh dọc phía dưới, có giá trị là 3,8343mm, vị trí có chuyển vị nhỏ nhất là ở góc dưới phía sau bên phải, có giá trị là  $9,2507 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$ .



**Hình 3.** Chuyển vị ở trường hợp thử xếp chồng

Từ biểu đồ ứng suất trên hình 4 thấy rằng ứng suất lớn nhất ở giữa cột đứng phía sau bên phải, có giá trị là  $\sigma_{\max} = 263,72 \text{ MPa}$ . Chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch}$

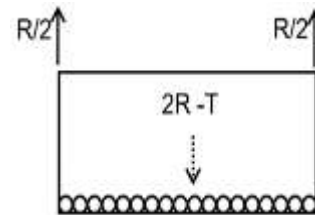
$= 325 \text{ MPa}$ . Như vậy,  $\sigma_{\max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử xếp chồng kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.



**Hình 4.** Ứng suất ở trường hợp thử xếp chồng

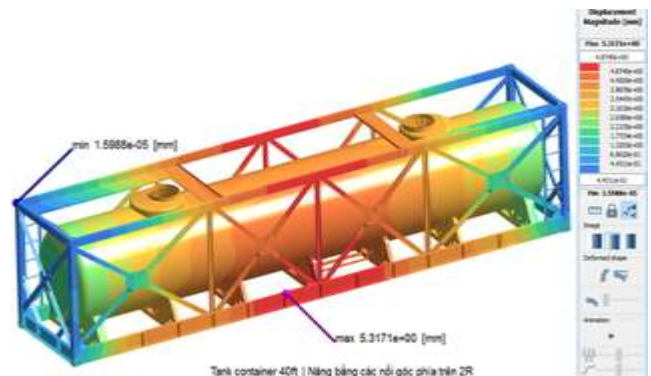
**2.2.2. Nâng bằng các nối góc phía trên**

Sơ đồ lực với trường hợp thử nâng bằng các nối góc phía trên được thể hiện trên hình 5. Trong đó  $R = 299.009 \text{ N}$ ;  $2R = 598.018 \text{ N}$ ; T là khối lượng của công ten nơ không có hàng,  $T = 51.993 \text{ N}$ .



**Hình 5.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử nâng bằng các nối góc phía trên

Kết quả tính chuyển vị trên hình 6 thấy rằng chuyển vị lớn nhất ở vị trí trên thanh dọc phía dưới, có giá trị là 5,3171mm, vị trí có chuyển vị nhỏ nhất là ở góc trên phía sau bên trái, có giá trị là  $1,5988 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$ .

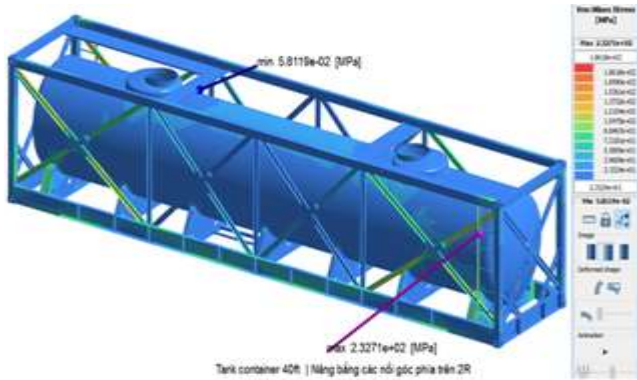


**Hình 6.** Chuyển vị ở trường hợp thử nâng bằng các nối góc phía trên

Kết quả tính ứng suất trên hình 7 thấy rằng ứng suất lớn nhất ở thanh đứng bên trái của thang



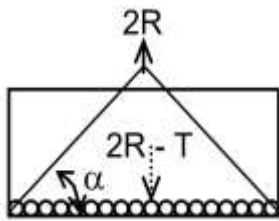
lên xuống, có giá trị là  $\sigma_{max} = 232,71$  MPa. Chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử nâng bằng các nối góc phía trên của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.



**Hình 7.** Ứng suất ở trường hợp thử nâng bằng các nối góc phía trên

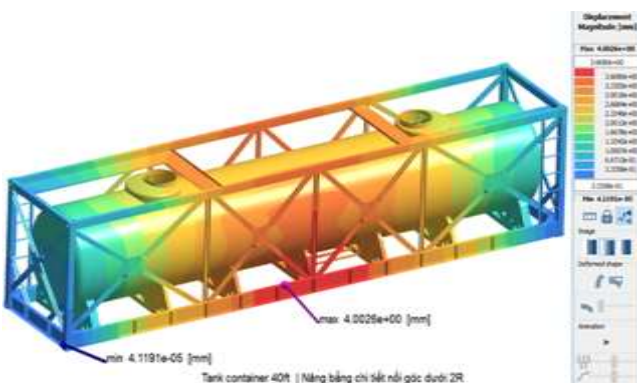
**2.2.3. Nâng bằng chi tiết nối góc dưới**

Sơ đồ lực với trường hợp thử nâng bằng chi tiết nối góc dưới được thể hiện trên hình 8. Trong đó  $\alpha$  là góc so với phương nằm ngang,  $\alpha = 30^\circ$ .



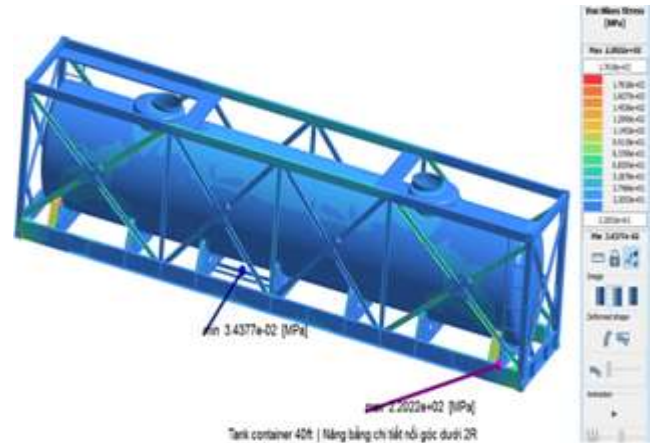
**Hình 8.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử nâng bằng chi tiết nối góc dưới

Qua hình 9 thấy rằng chuyển vị lớn nhất ở vị trí trên thanh dọc phía dưới, có giá trị là 4,0026mm, vị trí có chuyển vị nhỏ nhất là ở góc dưới phía trước bên trái, có giá trị là 4,1191.e-5mm.



**Hình 9.** Chuyển vị ở trường hợp thử nâng bằng chi tiết nối góc dưới

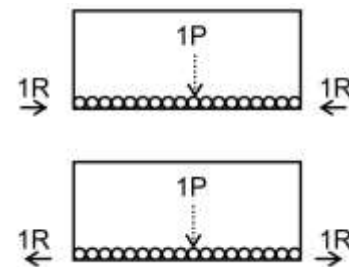
Qua hình 10 thấy rằng ứng suất lớn nhất ở thanh đứng bên trái của thang lên xuống, có giá trị là  $\sigma_{max} = 220,22$  MPa. Chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử nâng bằng chi tiết nối góc dưới của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.



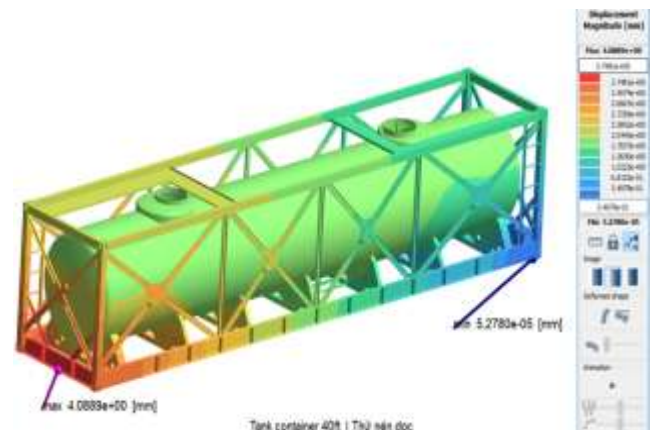
**Hình 10.** Ứng suất ở trường hợp nâng bằng chi tiết nối góc dưới

**2.2.4. Thử kéo nén dọc**

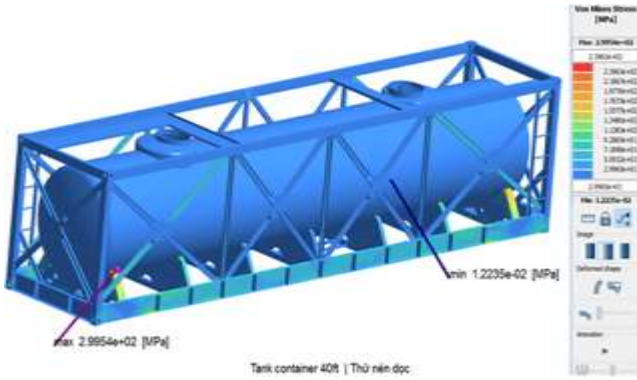
Sơ đồ lực với trường hợp thử kéo nén dọc được thể hiện trên hình 11. Trong đó P là hiệu số giữa khối lượng cho phép lớn nhất của công ten nơ và khối lượng bì.



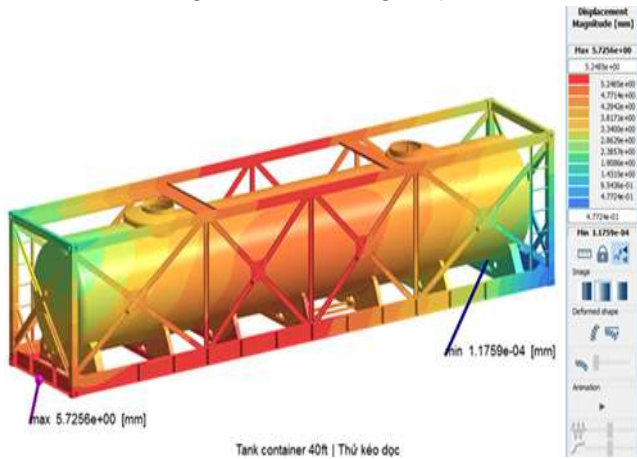
**Hình 11.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử nén dọc



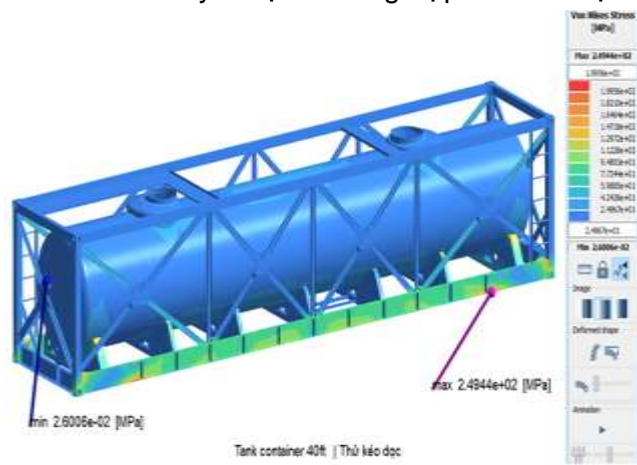
**Hình 12.** Chuyển vị ở trường hợp thử nén dọc



Hình 13. Ứng suất ở trường hợp thử nén dọc



Hình 14. Chuyển vị ở trường hợp thử kéo dọc



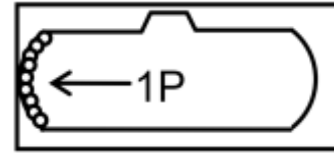
Hình 15. Ứng suất ở trường hợp thử kéo dọc

Kết quả tính chuyển vị, ứng suất trong trường hợp thử nén dọc, trường hợp thử kéo dọc thể hiện trên hình 12, hình 13, hình 14 và hình 15. Trường hợp thử nén dọc ứng suất lớn nhất ở gối đỡ ngoài cùng bên trái, có giá trị là  $\sigma_{max} = 299,54$  MPa. Trường hợp thử kéo dọc ứng suất lớn nhất ở thanh dọc dưới phía bên phải, có giá trị là  $\sigma_{max} = 249,44$  MPa. Các chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử nén dọc và

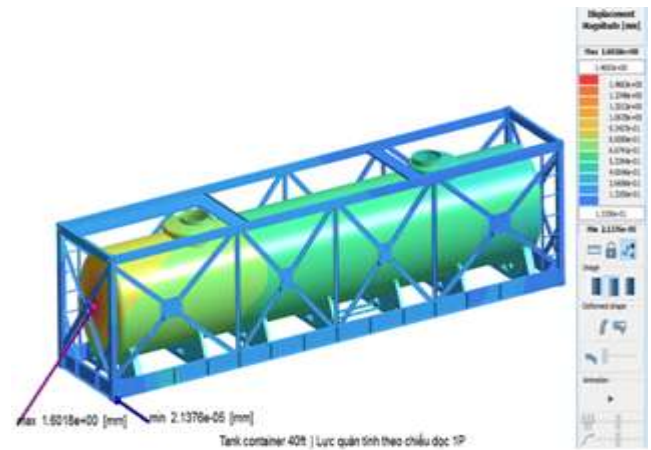
thử kéo dọc của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.

2.2.5. Lực quán tính theo chiều dọc

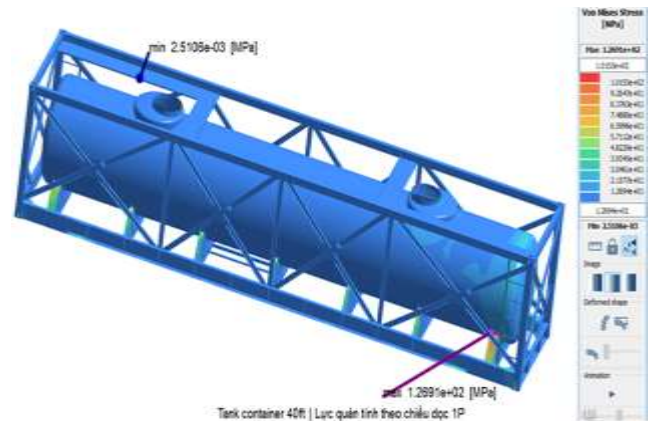
Sơ đồ lực với trường hợp thử lực quán tính theo chiều dọc được thể hiện trên hình 16.



Hình 16. Sơ đồ đặt lực trường hợp thử lực quán tính theo chiều dọc



Hình 17. Chuyển vị ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều dọc



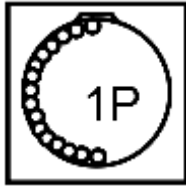
Hình 18. Ứng suất ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều dọc

Hình 17, Hình 18 là kết quả tính toán chuyển vị, ứng suất trong trường hợp thử lực quán tính theo chiều dọc. Ứng suất lớn nhất ở gối đỡ ngoài cùng bên phải, có giá trị là  $\sigma_{max} = 126,91$  MPa. Chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều dọc của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.



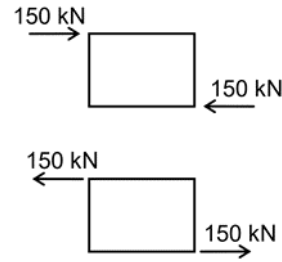
**2.2.6. Lực quán tính theo chiều ngang**

Sơ đồ lực với trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang được thể hiện trên hình 19.

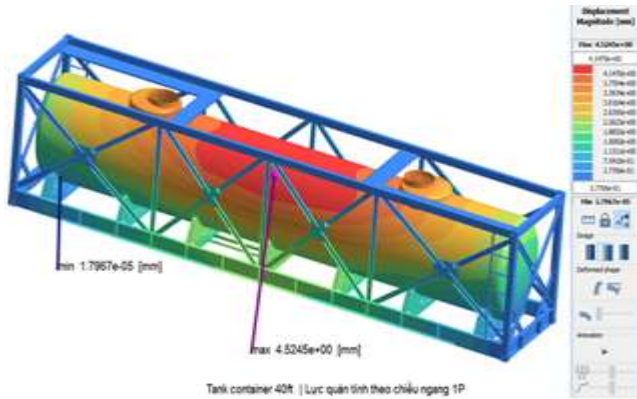


**Hình 19.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang

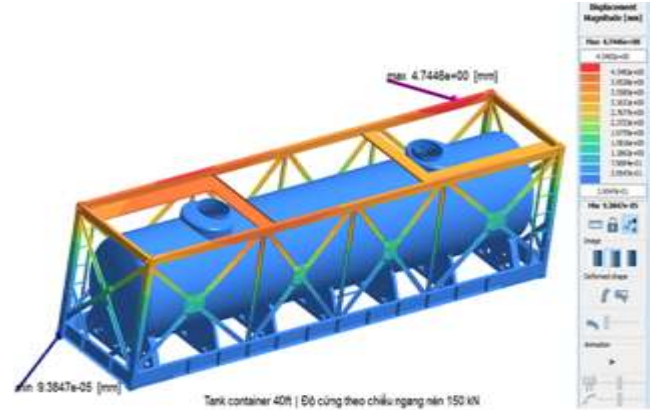
chiều ngang được thể hiện trên hình 22.



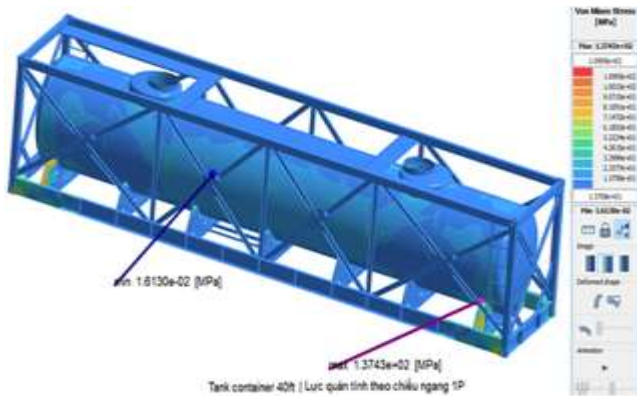
**Hình 22.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử độ cứng theo chiều ngang



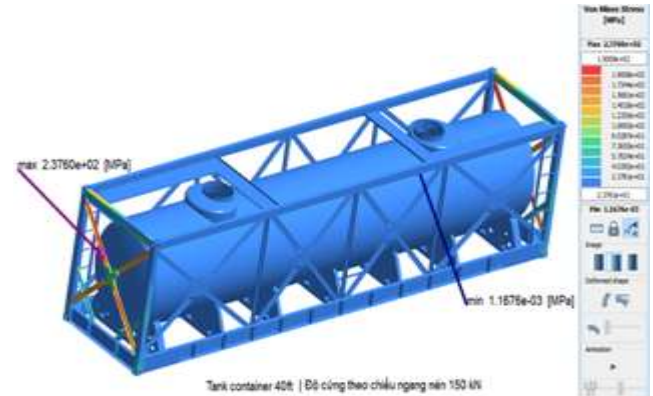
**Hình 20.** Chuyển vị ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang



**Hình 23.** Chuyển vị ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, nén một bên



**Hình 21.** Ứng suất ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang

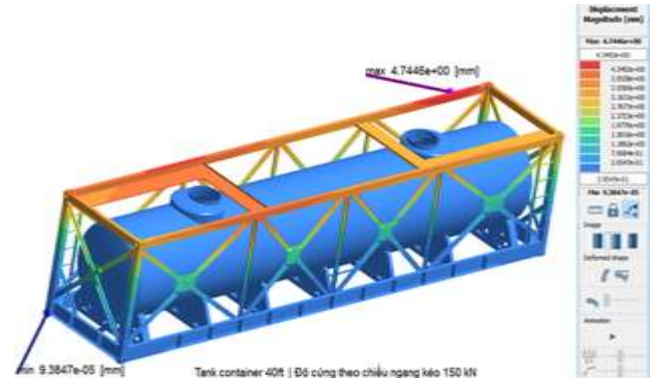


**Hình 24.** Ứng suất ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, nén một bên

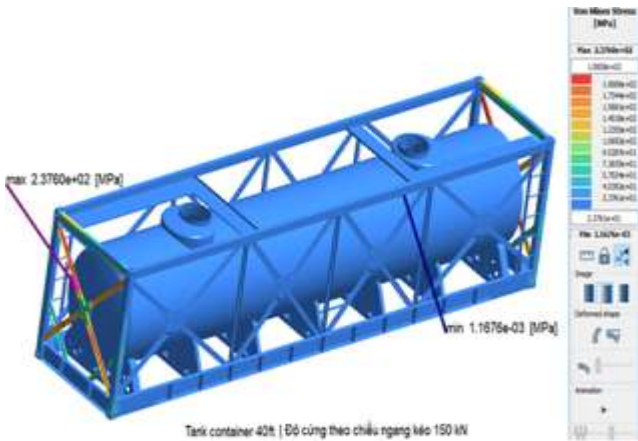
Hình 20, hình 21 là kết quả tính toán chuyển vị, ứng suất trong trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang. Ứng suất lớn nhất ở góì đỡ ngoài cùng bên phải, có giá trị là  $\sigma_{max} = 137,43$  MPa. Chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.

**2.2.7. Độ cứng theo chiều ngang**

Sơ đồ lực với trường hợp thử độ cứng theo



**Hình 25.** Chuyển vị ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, kéo một bên

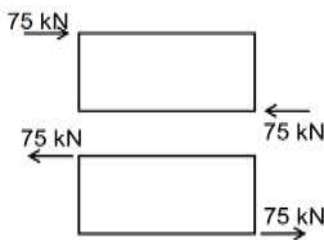


**Hình 26.** Ứng suất ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, kéo một bên

Hình 23, hình 24, hình 25 và hình 26 là kết quả tính toán chuyển vị, ứng suất lần lượt trong trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang nén một bên và kéo một bên. Trong trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, nén một bên thì ứng suất lớn nhất ở thanh chéo phía đầu ngoài bên trái, có giá trị là  $\sigma_{max} = 237,6$  MPa. Trong trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, kéo một bên thì ứng suất lớn nhất ở thanh chéo phía đầu ngoài bên trái, có giá trị  $\sigma_{max} = 237,6$  MPa. Các chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử lực quán tính theo chiều ngang, nén một bên và kéo một bên của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.

**2.2.8. Thử độ cứng dọc**

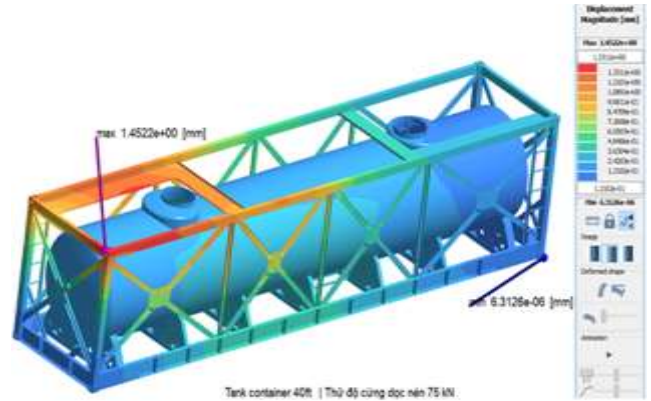
Sơ đồ lực với trường hợp thử độ cứng dọc được thể hiện trên hình 27.



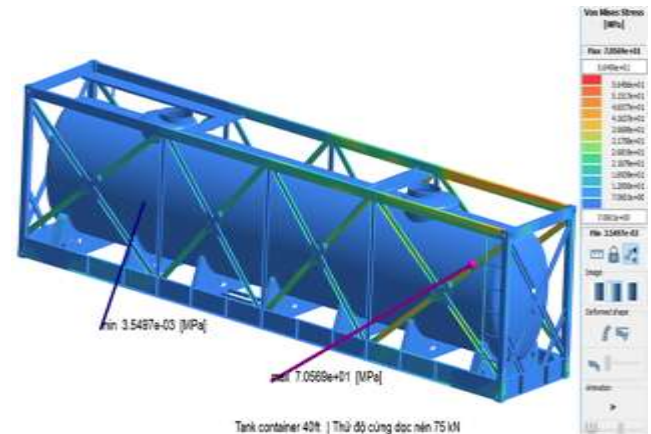
**Hình 27.** Sơ đồ đặt lực trường hợp thử độ cứng dọc

Hình 28, hình 29, hình 30 và hình 31 là kết quả tính toán chuyển vị, ứng suất lần lượt trong trường hợp thử độ cứng dọc nén và kéo. Trong trường hợp thử độ cứng dọc nén thì ứng suất lớn nhất ở thanh chéo phía mặt ngoài bên phải ngoài cùng, có giá trị là  $\sigma_{max} = 70,569$  MPa. Trong trường

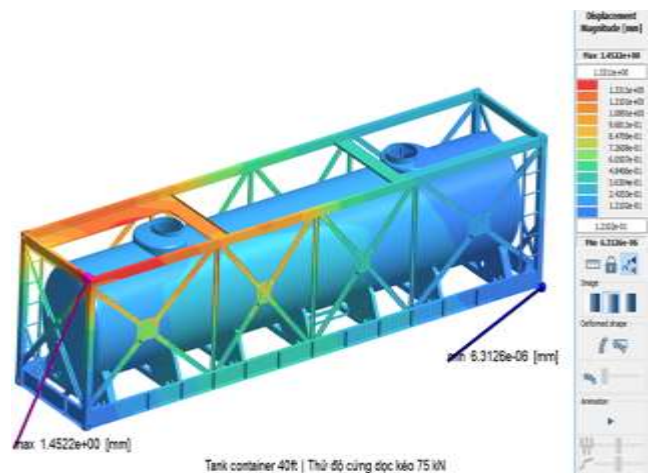
hợp thử độ cứng dọc kéo thì ứng suất lớn nhất ở thanh chéo phía mặt ngoài bên phải ngoài cùng, có giá trị  $\sigma_{max} = 70,569$  Mpa. Các chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử độ cứng dọc nén và kéo của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.



**Hình 28.** Chuyển vị ở trường hợp thử độ cứng dọc nén

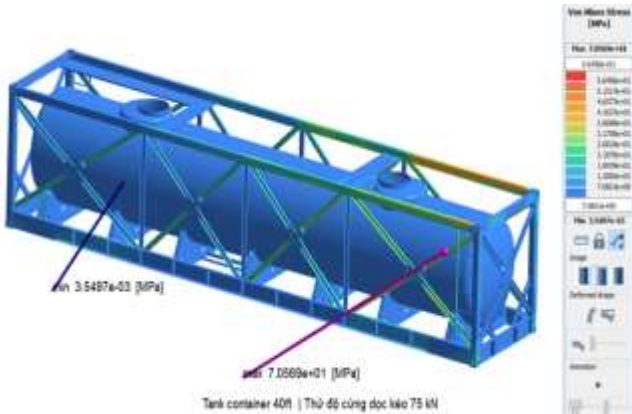


**Hình 29.** Ứng suất ở trường hợp thử độ cứng dọc nén



**Hình 30.** Chuyển vị ở trường hợp thử độ cứng dọc kéo

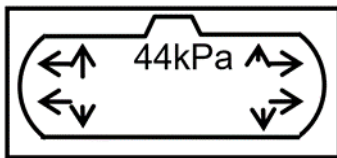




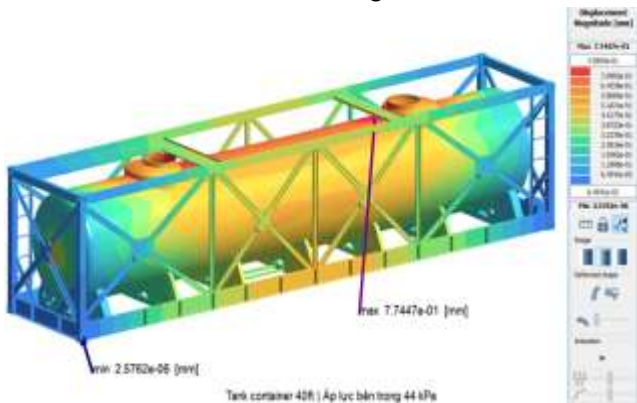
Hình 31. Ứng suất ở trường hợp thử độ cứng dọc kéo

2.2.9. Áp lực bên trong

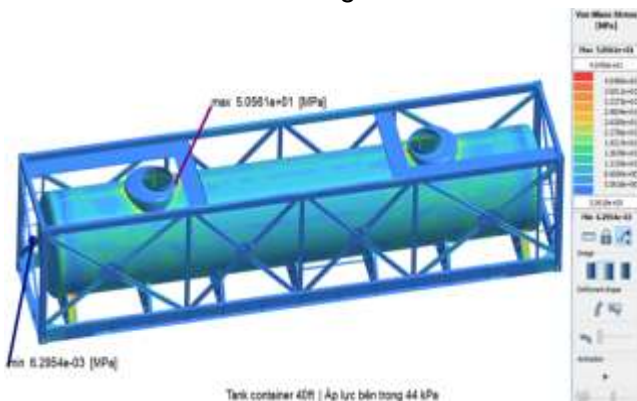
Sơ đồ lực với trường hợp thử áp lực bên trong được thể hiện trên hình 32.



Hình 32. Sơ đồ đặt lực trường hợp thử áp lực bên trong



Hình 33. Chuyển vị ở trường hợp thử áp lực bên trong



Hình 34. Ứng suất ở trường hợp thử áp lực bên trong

Kết quả tính toán chuyển vị, ứng suất trong trường hợp thử áp lực bên trong được thể hiện trên hình 33 và hình 34. Ứng suất lớn nhất ở chỗ liên kết nắp hàng và thân xi téc phía bên trái, có giá trị là  $\sigma_{max} = 50,561$  MPa. Chi tiết này được làm bằng thép SM490A có ứng suất chảy  $\sigma_{ch} = 325$  MPa. Như vậy,  $\sigma_{max} < \sigma_{ch}$  nên ở trường hợp thử áp lực bên trong của kết cấu công ten nơ kiểu xi téc đảm bảo độ bền.

3. Kết luận

Bài báo đã thiết kế tổng thể được công ten nơ kiểu xi téc cho đường sắt Việt Nam. Đã tính toán độ bền với chín trường hợp theo qui định trong QCVN 38:2015/BGTVT. Qua tính toán độ bền thấy rằng ở trường hợp thử kéo nén dọc có ứng suất lớn nhất  $\sigma_{max} = 299,54$  Mpa, tuy nhiên ứng suất này vẫn bé hơn ứng suất chảy của vật liệu chế tạo. Như vậy qua tính toán kiểm tra độ bền ở các trường hợp thì kết cấu của công ten nơ kiểu xi téc đều đảm bảo độ bền.

Kết quả nghiên cứu của bài báo có thể ứng dụng để sản xuất các loại công ten nơ kiểu xi téc sử dụng cho đường sắt Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] Miamlin, S.V.; Kebal, Y.V.; Kondratiuk, S.M (2012). Advanced designs of tank containers for transportation of light oil products, ammonia and hydrocarbon gases. Railw. Transp. Ukr, 2, 44-46.
- [2] Fomin, O.V.; Burlutsky, O.V.; Fomina, Y.V (2015). Development and application of cataloging in structural design of freight car building. Metall. Min. Ind. 2, 250-256.
- [3] DSTU 7598-2014. Freight Cars (2014). General Requirements for the Calculation and Design of New and Modernized 1520 mm Gauge Cars (Non-Self-Propelled); State Enterprise “Ukrainian Science and Preceding Institute of Carriage Building”: Kremenchuk, Ukraine.
- [4] Freight wagons (2015). General requirements for designing new and improved wagons (non-self-propelled) for a 1520mm gauge. DSTU 7598, p.162.
- [5] Zamecnik, J.; Jagelcak, J (2015). Evaluation of

- wagon impact tests by various measuring equipment and influence of impacts on cargo stability. *Communications*, 17, 21–27.
- [6] Lovskaya, A.; Ryibin, A (2016). The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision. *East.-Eur. J. Enterp. Technol*, 3, 4–8.
- [7] Fomin, O.; Lovska, A.; Radkevych, V.; Horban, A.; Skliarenko, I.; Gurenkova, O (2019). The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARPJ. Eng. Appl. Sci.* 14, 3747–3752.
- [8] Iwnicki, S.; Stichel, S.; Orlova, A.; Hecht, M (2015). Dynamics of railway freight vehicles. *Veh. Syst. Dyn.* 53, 995–1033.
- [9] Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies. Part 2: Freight wagons. EN 12663-2 (BSI, Bulgaria, 2010), p. 54
- [10] V.H.Lê, V.T.Mai, T.H.T.Vũ (2021). *Toa xe chuyên dùng*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [11] Bộ Giao thông vận tải (2015). QCVN 38:2015/BGTVT Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về kiểm tra và chế tạo công-te-nơ vận chuyển trên các phương tiện vận tải.