



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2026.vn.6.1.1-8>

***Corresponding author:**

Email address:

lemanhds@utt.edu.vn

Received: 20/09/2025

Received in Revised Form:
17/12/2025

Accepted: 20/12/2025

Live Loads from Heavy-Duty Electric Trucks and Modeling Directions for Road Bridge Design

Manh Van Le

University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc, Thanh Liet, Hanoi, Vietnam

Abstract: This paper presents an analysis and evaluation of the live loads generated by heavy-duty electric vehicles (HDEV) currently in operation. A comparison is made with the live load models specified in the TCVN 11823-2017 standard. Based on the assessment of the impact of these vehicles on bridge structures, the study proposes directions for developing appropriate live load modeling methods tailored to actual traffic conditions. The findings provide a comprehensive overview of bridge design live loads and support structural design and load-rating assessments for road bridges.

Keywords: Live load, electric vehicles, Heavy-duty electric vehicles, HDEVs, Live load modeling.



Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

DOI:
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2026.vn.6.1.1-8>

***Tác giả liên hệ:**
Địa chỉ Email:
lemanhds@utt.edu.vn

Ngày nộp bài: 20/09/2025
Ngày nộp bài sửa: 17/12/2025
Ngày chấp nhận: 20/12/2025

Hoạt tải xe tải điện hạng nặng và định hướng phát triển mô hình hoạt tải cầu đường bộ

Lê Văn Mạnh

Bộ môn Cầu Hầm / Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, 54 Triều Khúc, Thanh Liệt, Hà Nội, Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo này trình bày phân tích và đánh giá hoạt tải do các xe tải điện hạng nặng gây ra lên cầu đường bộ trong điều kiện khai thác thực tế, đồng thời so sánh với các hoạt tải thiết kế quy ước như HL93 (TCVN 11823-2017) và H30 (22TCN 18-79). Nghiên cứu xem xét phân bố tải trọng trục, cấu hình đoàn xe, khoảng cách giữa các xe và chiều dài đường ảnh hưởng, qua đó đánh giá chi tiết tác động của chúng đến nội lực trong kết cấu cầu. Thông qua việc khảo sát các mẫu xe tải điện điển hình, bao gồm những mẫu mới xuất hiện trên thị trường trong nước và quốc tế, nghiên cứu chỉ ra các sai khác đáng kể về hiệu ứng tải so với các giả định thiết kế tiêu chuẩn, đặc biệt đối với cầu nhịp lớn. Trên cơ sở các kết quả này, bài báo đề xuất các hướng dẫn xây dựng mô hình hoạt tải mới phản ánh điều kiện giao thông thực tế và xu hướng gia tăng phổ biến của xe tải điện hạng nặng. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cách hiểu toàn diện về hoạt tải thiết kế cầu, hỗ trợ cả quá trình thiết kế và đánh giá khả năng chịu lực của công trình..

Từ khóa: Hoạt tải, Xe điện, Xe điện hạng nặng, HDEV, Mô hình hoạt tải.

1. Giới thiệu

Những định hướng này đang từng bước thay đổi cách tiếp cận của các kỹ sư và nhà thiết kế công trình giao thông, đặc biệt trong thiết kế kết cấu cầu đường – nơi chịu ảnh hưởng trực tiếp từ sự thay đổi về cấu hình và tải trọng của các loại phương tiện. Trong số các phương tiện đang được khuyến khích sử dụng, xe tải điện hạng nặng là đối tượng cần được đặc biệt quan tâm do sở hữu đặc tính tải trọng và phân bố lực khác biệt so với xe sử dụng động cơ đốt trong. Cụ thể, xe tải điện hạng nặng thường có khối lượng bản thân lớn hơn đáng kể do tích hợp hệ thống pin, dẫn đến sự thay đổi trong phân bố tải trọng trục và hoạt tải tác động lên kết cấu cầu. Thực tiễn này đặt ra yêu cầu cần xem xét lại các mô hình hoạt tải thiết kế cầu hiện hành, đồng thời đánh giá lại khả năng chịu lực của công

trình trong bối cảnh khai thác dài hạn, phù hợp với định hướng thiết kế cầu có tuổi thọ 100 năm và phát triển bền vững.

Một hướng tiếp cận thiết thực là tiến hành phân loại và mô hình hóa hoạt tải thực tế do xe tải điện hạng nặng gây ra khi lưu thông, có xét đến các yếu tố như phân bố tải trọng trục, cấu hình đoàn xe, tốc độ khai thác và điều kiện vận hành. Đây sẽ là cơ sở quan trọng để điều chỉnh hoặc xây dựng mô hình hoạt tải thiết kế mới, phù hợp với thực tiễn giao thông đang có sự chuyển dịch mạnh mẽ theo xu hướng điện hóa và chuyển đổi xanh.

2. Phân tích đánh giá và mô hình tải trọng xe tải điện

2.1. Tải trọng xe

Từ góc nhìn dự báo và quản lý kỹ thuật, các phương tiện giao thông điện trong tương lai có thể

được phân loại theo tổng tải trọng để phục vụ việc điều chỉnh tiêu chuẩn thiết kế công trình giao thông theo EU directives [1] và dựa trên các xe tải điện hạng nặng hiện nay có thể phân loại thành 3 nhóm sau:

Xe tải điện hạng nặng: Tổng trọng lượng từ 12 đến 40 tấn, gồm các dòng xe tải điện chuyên dụng và xe sơ mi. Nhóm này sẽ là đối tượng chính gây tác động lớn đến hệ thống cầu đường nếu không được kiểm soát chặt.

Xe tải điện trung bình: Xe chở hàng có tổng trọng lượng trên 3,5 tấn nhưng không vượt quá 12 tấn.

Xe tải điện nhẹ: Xe chuyên chở hàng hóa có tổng trọng lượng tối đa không vượt quá 3,5 tấn, phục vụ vận chuyển hàng hóa quy mô nhỏ, giao hàng nhanh, logistics nội đô.

Việc phân nhóm và đánh giá sớm đặc điểm tải trọng của xe điện là yêu cầu cấp thiết để phục vụ việc cập nhật tiêu chuẩn thiết kế cầu đường trong giai đoạn chuyển đổi năng lượng. Đây cũng là cơ sở để xây dựng mô hình hoạt tải mới, góp phần nâng cao tuổi thọ công trình, đảm bảo an toàn giao thông, và tối ưu hóa chi phí đầu tư công trong tương lai.

Trong tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ Việt Nam TCVN 11823:2017 [2], mô hình hoạt tải HL93 vẫn đang được sử dụng phổ biến. Hoạt tải này được xây dựng để đại diện cho phần lớn các cấu hình xe tải hạng nặng lưu thông trên cầu hiện nay và vì thế được coi là mô hình tải trọng chuẩn trong

thiết kế cầu. Ngoài ra, tiêu chuẩn TCVN 12882:2020 [3] và TCVN 14478:2025 [4] về đánh giá tải trọng cầu đường bộ cũng quy định một nhóm mô hình xe hợp pháp có thể lưu thông mà không cần xin phép, bao gồm xe [3] (3 trục Hình 1), xe [3-S2] (5 trục Hình 2) và xe [3-3] (6 trục Hình 3), với hình dạng và thông số được thể hiện trong Hình 1, 2, 3. Các mô hình này được lựa chọn nhằm phản ánh đặc trưng của những loại xe tải trung và nặng thường gặp trên hệ thống cầu đường bộ. Tuy nhiên, kết quả khảo sát thực tế cho thấy tải trọng của các mô hình trong tiêu chuẩn thường thấp hơn nhiều so với các phương tiện đang khai thác. Chẳng hạn, xe [3-S2] theo tiêu chuẩn có tổng tải trọng trục khoảng 289,25 kN (tương đương 29,5 tấn), trong khi theo Thông tư 46/2015/TT-BGTVT thì tổng tải trọng xe này cho phép 40 tấn. TCVN 12882:2020 cũng nhấn mạnh rằng việc lựa chọn các mô hình xe hợp pháp chủ yếu phục vụ công tác kiểm tra khả năng chịu tải trong quá trình khai thác; nếu kết quả không đạt thì cầu sẽ phải cấm biển hạn chế tải trọng. Trong khi đó, ở giai đoạn thiết kế ban đầu vẫn phải áp dụng hoạt tải HL93 với phạm vi bao quát rộng hơn, nhưng việc tham khảo thêm các mô hình trục xe cũng hữu ích cho việc xem xét tác động của các loại xe tải điện đang dần xuất hiện trên thực tế. Để có thể hiểu rõ hơn về các loại xe tải điện hạng nặng (gồm nhóm xe tải điện siêu nặng và xe tải điện nặng), ta xem xét tải trọng trục của các loại xe đã có trên thị trường và đang trong quá trình thử nghiệm.

Bảng 1. Tải trọng đầu kéo xe tải điện (HDEV) [5]

Hãng / mẫu xe	Loại Diesel (kg)	Loại HDEV (kg)	Thay đổi (kg)
Daf XF 4*2	7.258	9.995	+2.737
Volvo FH 4*2	6.855	9.880	+3.025
MAN TGX 4*2	7.277	10.286	+3.009
Iveco S-Way 4*2	6.981	12.140	+5.159

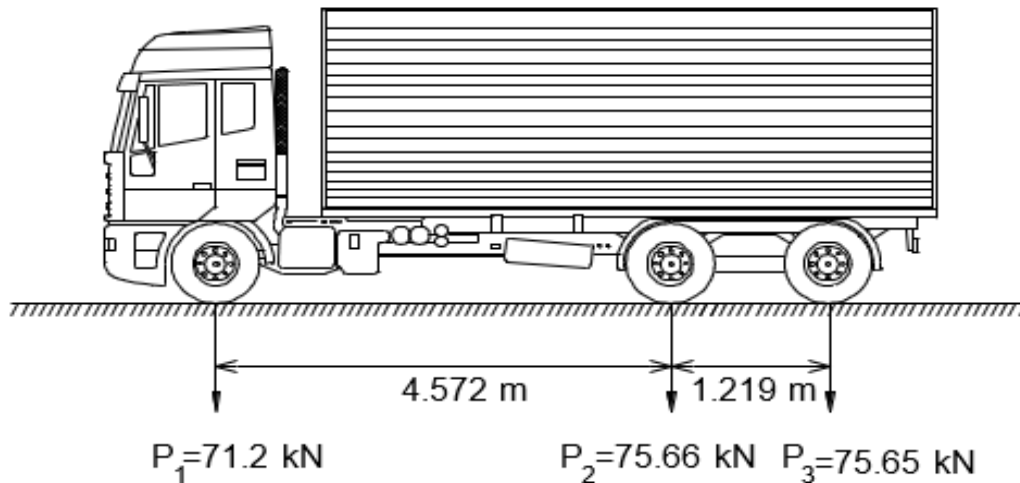
Theo kết quả công bố trong Bảng 1, với tầm hoạt động từ 300 km đến 500 km như các hãng xe hiện nay đưa ra, tải trọng phần đầu kéo của xe điện tăng thêm từ khoảng 2,7 tấn đến trên 5 tấn. Nguyên nhân của sự gia tăng này có nhiều yếu tố, song thành phần chiếm tỷ trọng lớn nhất chính là hệ thống pin. Khối lượng bổ sung chủ yếu được

phân bố lên hai trục trước của đầu kéo. Tuy nhiên, tại một số quốc gia, đặc biệt là khu vực châu Âu [1], quy định chỉ cho phép cộng thêm tối đa 2 tấn vào tổng trọng lượng xe trong trường hợp phương tiện chạy điện (HDEV). Do đó, tải trọng hàng hóa chuyên chở buộc phải giảm tương ứng để đảm bảo tổng tải trọng không vượt quá giới hạn 42 tấn.

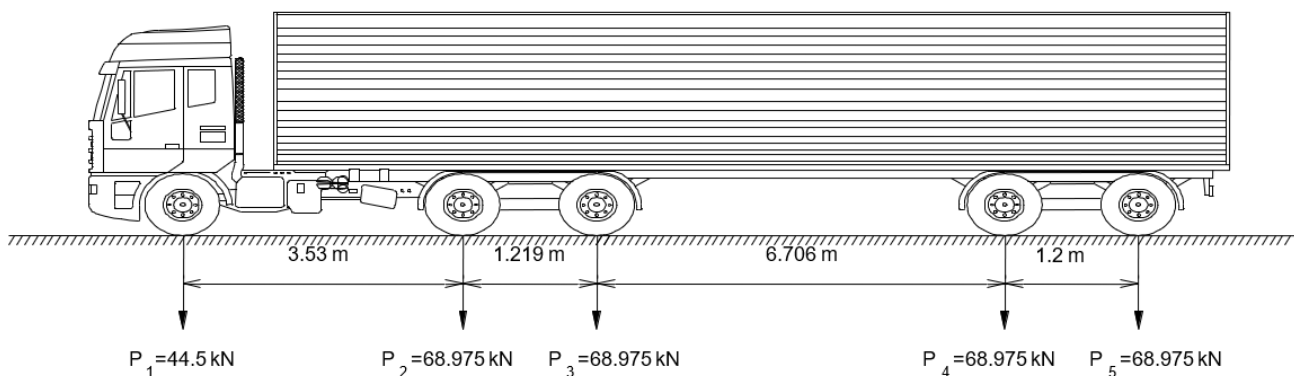
Chính vì vậy theo đề xuất từ Ủy ban châu Âu (được nêu trong phân tích của Transport & Environment (2025), xe tải điện không phát thải (ZEV) với cấu hình 5 hoặc 6 trục có thể được phép có Tổng tải trọng tổ hợp (MCW) lên đến 44 tấn và tải trọng trục

dẫn động tối đa 12,5 tấn [6].

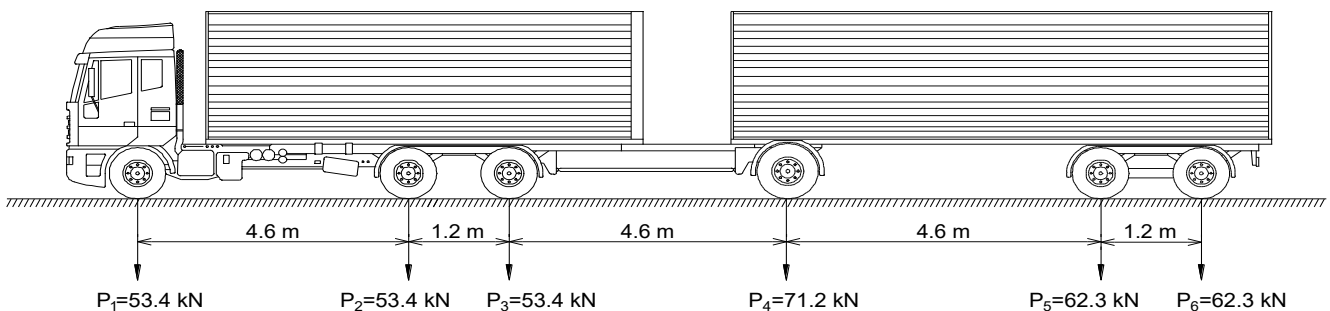
Hiện có rất ít thông số kỹ thuật chi tiết của các xe tải điện hạng nặng thương mại được công bố rộng rãi. Tuy nhiên ta có thể xem xét 2 trường hợp xe ở Mỹ và Châu Âu.



Hình 1. Xe [3]



Hình 2. Xe [3-S2]



Hình 3. Xe [3-3]

Xét đến nhóm xe tải điện hạng nặng ở Mỹ, một đại diện tiêu biểu là Tesla Semi (Hình 4) phiên bản Long Range (~800 km), được phép hoạt động tại Mỹ với tổng khối lượng toàn bộ (bao gồm cả xe và hàng hóa) là 82 000 lb (~37,195 tấn) [7]. Mức tải trọng này được chấp thuận theo quy định của

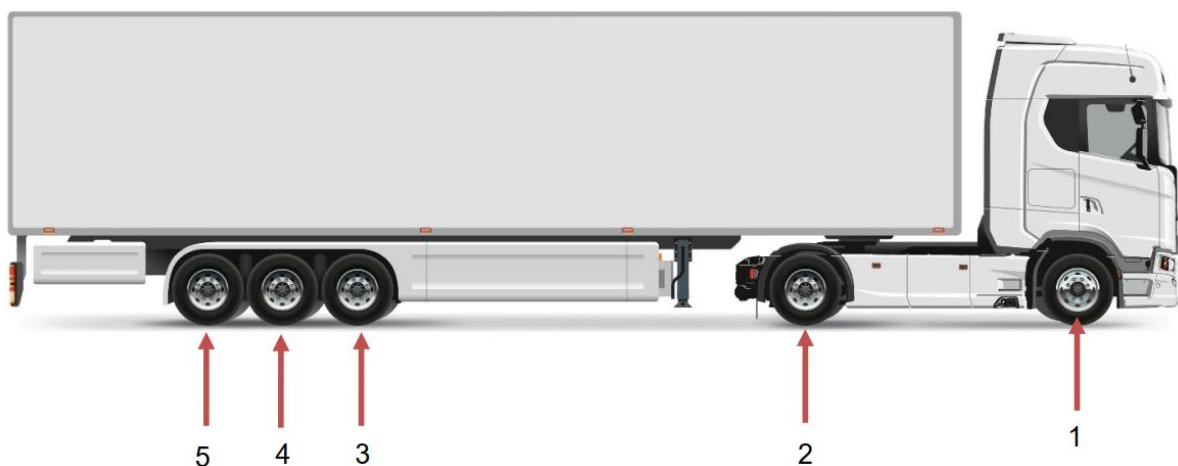
Mỹ, cho phép xe điện vận chuyển khối lượng lớn hơn so với xe diesel truyền thống. Mẫu xe này có cấu hình 5 trục (3 trục rơ-moóc + 2 trục đầu kéo), tương ứng với mô hình xe [3-S2] đã được đề cập. Tesla Semi bắt đầu được khai thác tại Mỹ từ năm 2022.



Hình 4. Xe Tesla Semi

Do nhiều nguyên nhân, các thông số phân bố tải trọng trục của Tesla Semi chưa được công bố công khai một cách chi tiết. Tuy nhiên, nếu lấy tổng tải toàn bộ bằng 82.000 lb ($\approx 37,2$ tấn) và giả định Tesla Semi tuân thủ phân bố tải hợp pháp, một phương án phân bố khả thi là: $P1 = 55,9$ kN, $P2 = 76,0$ kN, $P3 = 76,0$ kN, $P4 = 78,5$ kN, $P5 = 78,5$ kN. Theo [8], khoảng cách giữa các trục của mẫu này

tương đương với bố trí trục của mô hình [3-S2]. Với các thông số nhận được như trên, ta có thể tiến hành các phép tính mô hình tải trọng và xác định cấp tải trọng do xe tải điện hạng nặng gây ra lên kết cấu cầu, lấy Tesla Semi làm ví dụ minh họa cho nhóm xe HDEV 5 trục. Dưới đây là một mô hình tải trọng khác xem xét ở Châu Âu là mô hình xe đầu kéo 5 trục (Hình 5) với tải trọng trục.



Hình 5. Xe đầu kéo 5 trục theo EU

Dựa trên kết quả tham khảo về tính toán tải trọng các trục của xe đầu kéo 5 trục với tổng tải trọng xe và hàng hóa là 44 tấn (xe tải điện hạng nặng thế hệ thứ 1 (Gen-1) theo nghiên cứu [4]),

các tải trọng tương ứng trên từng trục lần lượt là: $P1 = 8.838$ tấn; $P2 = 12.217$ tấn; $P3 = 7.651$ tấn; $P4 = 7.651$ tấn; $P5 = 7.651$ tấn. Khoảng cách giữa các trục được sử dụng trong tính toán dựa trên

dòng xe Volvo FH 4×2 được đề cập ở Bảng 1 trước đó, cụ thể: khoảng cách giữa trục 1 và trục 2 là 3,8 mét; giữa trục 2 và trục 3 là 4,2 mét; còn khoảng cách giữa trục 3 và trục 4 cũng như giữa trục 4 và trục 5 đều là 1,31 mét.

2.2. Cơ sở vật lý mô hình tải trọng

Khi xét đến nội lực Q trong các bộ phận kết cấu cầu, phát sinh từ đoàn xe có tải trọng tiêu chuẩn và khoảng cách bố trí xe đã xác định, việc áp dụng phương pháp đường ảnh hưởng cho phép xác định nội lực này theo công thức:

$$Q = \eta \sum P_i y_i \quad (1)$$

Trong đó:

P_i - Tải trọng trục;

y_i - Tung độ của đường ảnh hưởng;

η - Hệ số phân bố ngang;

Như vậy khi xét đến hệ số xung kích (1+IM) và hệ số tải trọng γ , thì công thức (1) có thể viết dưới dạng:

Trong các tiêu chuẩn thiết kế, cấp nội lực từ tải trọng quy ước được xác định thông qua tổ hợp gồm tải trọng phân bố đều và tải trọng trục bánh xe. Các tải trọng này được sử dụng thay thế cho đoàn xe thực tế và được tính toán bằng cách lấy nội lực gây ra bởi tải trọng trục của phương tiện giao thông thực tế chia cho nội lực tương ứng do tải trọng đơn vị gây ra, theo công thức sau:

$$K = \frac{\sum P_i y_i}{(Q_{1p} + Q_{1q})}$$

(3)

Trong đó " Q " " $1p$ " là tải trọng tập trung và " Q " " $1q$ " là tải trọng phân bố đều của tải trọng đơn vị.

Giá trị của cấp nội lực K phụ thuộc trực tiếp vào thành phần đoàn xe lưu thông trên cầu, bao gồm phân bố tải trọng giữa các trục, khoảng cách giữa các xe, cùng với chiều dài và dạng của đường ảnh hưởng. Thực tế cho thấy, khi sử dụng chính xác giá trị K xác định từ tải trọng thực, quy đổi về tải trọng đơn vị phù hợp với chiều dài và dạng đường ảnh hưởng, có thể tính toán chính xác nội lực do tải trọng thực gây ra. Mối quan hệ này được thể hiện rõ trong công thức (4) dưới đây:

$$Q = \eta K (Q_{1p} + Q_{1q}) = \eta \frac{\sum P_i y_i}{Q_{1p} + Q_{1q}} (Q_{1p} + Q_{1q}) = \eta \sum P_i y_i$$

(4)

Về nguyên tắc, mọi tải trọng thực đều có thể quy đổi thành tải trọng phân bố đều trên chiều dài đường ảnh hưởng, hoặc kết hợp với tải trọng tập trung tại các trục bánh xe để phản ánh sát hơn đặc tính thực tế.

2.3. Đối chiếu so sánh xe tải điện hạng nặng và hoạt tải trong tiêu chuẩn thiết kế đã và đang sử dụng tại trong thiết kế công trình cầu tại Việt Nam

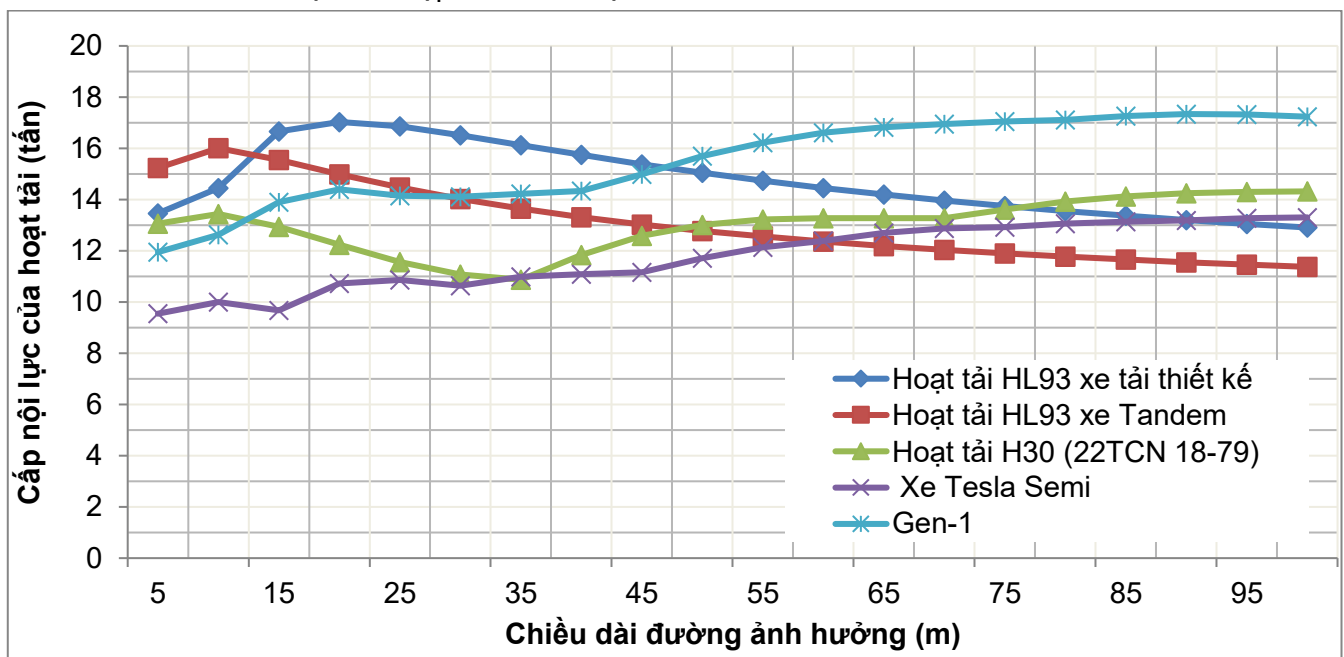
Trong bối cảnh giao thông đường bộ ngày càng trở nên đa dạng và phức tạp, việc xác định tải trọng cho phép của cầu cần được tiếp cận một cách toàn diện, thay vì chỉ dựa trên các giả định truyền thống về hoạt tải. Các yếu tố như mật độ phương tiện, thành phần giao thông, phân làn và khoảng cách an toàn giữa các xe có ảnh hưởng trực tiếp đến nội lực sinh ra trong kết cấu cầu. Đặc biệt, với sự xuất hiện ngày càng phổ biến của các phương tiện thế hệ mới — tiêu biểu là xe tải điện hạng nặng — có đặc điểm tải trọng và phân bố trục khác biệt đáng kể, việc xem xét, đánh giá lại các hoạt tải tiêu chuẩn hiện hành là điều cần thiết. Tiến hành đối chiếu so sánh các trường hợp cụ thể với hai đại diện của dòng xe tải điện hạng nặng: Tesla Semi (Mỹ) và một mẫu Gen-1 theo tiêu chuẩn Châu Âu. Các thông số kỹ thuật của hai loại xe này được đối chiếu với hoạt tải H30 (theo tiêu chuẩn 22TCN 18-79) và HL93 (theo tiêu chuẩn TCVN 11823-2017). Mô hình đoàn xe được xây dựng với nhiều xe có cấu hình giống nhau, di chuyển liên tiếp qua cầu tại các vị trí gây nội lực bất lợi nhất, nhằm đánh giá chính xác ảnh hưởng của hoạt tải trong điều kiện khai thác thực tế.

Bên cạnh các yếu tố như khoảng cách trục và tải trọng trục, khoảng cách giữa các xe trong đoàn cũng là một thông số quan trọng cần được đưa vào mô hình phân tích. Theo tiêu chuẩn TCVN 11823-2017, đối với xe HL93 được quy định xếp 1 xe và tải trọng làn; trong khi đó, tiêu chuẩn 22TCN 18-79 [9] quy định khoảng cách giữa các xe H30 là

10 m. Để mô phỏng tình huống thực tế khi đoàn xe somi rơ-moóc di chuyển với tốc độ thấp, nghiên cứu giả định vận tốc khai thác là 10 km/h — được xem là ngưỡng tối thiểu để đảm bảo an toàn vận hành. Dựa trên quy tắc 4 giây được sử dụng phổ biến trong các quy chuẩn giao thông [10], khoảng cách giữa trục sau của xe trước và trục trước của xe sau trong đoàn được lựa chọn là 10 m. Kết quả phân tích trong Hình 6.

Biểu đồ Hình 6 được thiết lập nhằm xác định

cấp nội lực của hoạt tải, dựa trên mô men lớn nhất tại mặt cắt giữa nhịp giản đơn do các đoàn xe tạo ra M_{max} và mô men quy ước MA_1 , theo công thức cơ sở $K = M_{max} / MA_1$. Từ biểu đồ, có thể nhận thấy rằng giữa các loại xe tải (HL93 thiết kế, HL93 xe tandem, H30 theo 22TCN 18-79, Xe Tesla Semi và Gen-1) tồn tại sự khác biệt đáng kể về cấp nội lực, và sự thay đổi này tuân theo đúng nguyên lý cơ học: cấp nội lực thay đổi theo chiều dài của đường ảnh hưởng.



Hình 6. Biểu đồ cấp nội lực của hoạt tải

Cụ thể, trong khoảng chiều dài ảnh hưởng từ 10 m đến 30 m, cấp nội lực do tải trọng HL-93 đạt giá trị lớn nhất, đồng thời xuất hiện sự sai khác giữa xe tải thiết kế và xe Tandem. Hiện tượng này cho thấy rằng ở các nhịp cầu ngắn, kết cấu thường chỉ chịu tác dụng của một xe tại mỗi thời điểm; do đó sự khác biệt về cấu hình trục và phân bố tải trọng giữa hai mô hình xe chưa tạo ra sự chênh lệch đáng kể về cấp nội lực. Tuy nhiên, khi chiều dài đường ảnh hưởng tăng lên trên 30m, đặc biệt từ 40m trở đi, sự khác biệt giữa các loại xe tải trở nên rõ rệt hơn. Trong đó, mô hình xe điện hạng nặng Gen-1 cho thấy giá trị cấp nội lực cao vượt trội so với tất cả các loại xe còn lại, cho thấy tải trọng lớn và/hoặc sự phân bố tải trọng đặc biệt của xe này gây ra tác động mạnh hơn đến kết cấu, nhất là ở các nhịp cầu dài, nơi nhiều trục bánh xe cùng

tác dụng lên kết cấu cùng lúc. Đối với xe Tesla Semi, trong vùng nhịp ngắn (chiều dài đường ảnh hưởng dưới khoảng 30–35 m), cấp nội lực luôn nằm ở nhóm thấp nhất trong các loại hoạt tải xét đến. Tuy nhiên, khi chiều dài đường ảnh hưởng tăng lên, đặc biệt từ khoảng 60–65 m trở đi, đường đặc trưng của Tesla Semi tăng dần và cắt lên trên đường HL93 xe Tandem, dù vẫn thấp hơn hoạt tải HL93 xe tải thiết kế và hoạt tải H30 theo 22TCN 18-79. Diễn biến này cho thấy cấu hình nhiều trục giúp giảm tác động bất lợi cho kết cấu.

3. Kết luận

Kết quả phân tích cho thấy sự xuất hiện của các mô hình tải trọng mới, đặc biệt là các xe tải điện hạng nặng, có thể gây ra những thay đổi đáng kể đối với nội lực trong kết cấu cầu. Trong đó, mô

hình xe Gen-1 tạo ra cấp nội lực cao nhất trên toàn bộ miền chiều dài đường ảnh hưởng, vượt trội so với các loại hoạt tải truyền thống như HL93 hay H30 (22TCN 18-79). Điều này cho thấy khi các xe điện có tải trọng lớn và nhiều trục cùng tác dụng lên kết cấu, nội lực sinh ra có thể vượt quá khả năng chịu lực thiết kế ban đầu, làm tăng nguy cơ hư hỏng, giảm tuổi thọ khai thác và ảnh hưởng đến an toàn công trình, đặc biệt với các cầu có nhịp dài. Đối với xe Tesla Semi, cấp nội lực nhìn chung không vượt quá HL93 xe tải thiết kế, và chỉ tăng lên đáng kể ở khu vực nhịp dài, nơi cấu hình nhiều trục phát huy ảnh hưởng. Mặc dù không gây bất lợi nghiêm trọng như Gen-1, xe Tesla Semi vẫn có thể tạo ra mức độ nội lực đáng kể hơn so với HL93 xe Tandem, do đó cần được đánh giá trong bối cảnh lưu lượng lớn hoặc khi khai thác trên các cầu dài. Từ các kết quả trên, có thể thấy rằng sự thay đổi trong xu hướng phát triển phương tiện, đặc biệt là sự gia tăng của các xe điện hạng nặng, đòi hỏi phải đánh giá lại mô hình tải trọng thiết kế cho cầu đường hiện hữu. Việc nghiên cứu bổ sung hoặc cập nhật hoạt tải tiêu chuẩn, cũng như áp dụng các biện pháp quản lý và kiểm soát tải trọng phù hợp, là cần thiết nhằm đảm bảo an toàn công trình trong giai đoạn chuyển dịch sang hệ thống vận tải xanh trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

- [1] European Parliament and Council. (2015). Directive (EU) 2015/719 of 29 April 2015 amending Council Directive 96/53/EC laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorised dimensions in national and international traffic and the maximum authorised weights in international traffic. *Official Journal of the European Union*, L 115, 1–10. Available from EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2015/719/oj/eng>.
- [2] TCVN 11823:2017 - Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ.
- [3] TCVN 12882:2020 - Đánh giá tải trọng khai thác cầu đường bộ.
- [4] TCVN 14478:2025 - Tiêu chuẩn Kiểm định cầu đường bộ
- [5] I. Knight, E. O'Brien. (2025). The infrastructure and payload impacts of different options for regulating gross and axle weights. Prepared for Transport & Environment. AVS Project Ref: AVS_255 ZEV W&D.
- [6] European Parliament. (2024). Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Council Directive 96/53/EC laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorised dimensions and weights in national and international traffic (Document A9-0047/2024). European Parliament.
- [7] U.S. Department of Energy. (2015). Natural gas vehicle and electric vehicle weight exemption. Alternative Fuels Data Center. <https://afdc.energy.gov/laws/11682>.
- [8] Tesla Semi Gets Refreshed Before Volume Production Ever Begins. Car and Driver. (2025). Retrieved from <https://www.caranddriver.com/news/a69308214/tesla-semi-refreshed-details/>
- [9] 22TCN 18-79 - Quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn
- [10] X. Wu, S. Fu (2023). Research on Safe Following Distance on an Expressway Based on Braking Process Analysis. *Applied Science*. 13(2), 1110. <https://doi.org/10.3390/app13021110>