

TCVN xxx: 202X

Xuất bản lần 1

**ỨNG DỤNG ĐƯỜNG SẮT – CƠ SỞ HẠ TẦNG –
THAM SỐ THIẾT KẾ TUYẾN CHO ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ**

Railway applications - Infrastructure - Track alignment design parameters - Urban rail

Mục lục

LỜI NÓI ĐẦU	4
1. PHẠM VI ÁP DỤNG	5
2. TÀI LIỆU VIỆN DẪN.....	5
3. THUẬT NGỮ VÀ ĐỊNH NGHĨA.....	5
4. KÍ HIỆU VÀ VIẾT TẮT.....	9
5. QUY ĐỊNH CHUNG	10
5.1 Bối cảnh.....	10
5.2 Phân loại tuyến đường sắt.....	11
5.3 Đặc điểm của tuyến.....	11
6. CÁC GIỚI HẠN CHO KHỔ ĐƯỜNG SẮT DANH ĐỊNH 1 435 MM VÀ 1 000 MM	13
6.1 Bán kính đường cong nằm R	13
6.2 Siêu cao áp dụng D	13
6.3 Siêu cao thiếu I	14
6.4 Siêu cao thừa E	15
6.5 Chiều dài đoạn vuốt siêu cao LD và/hoặc đường cong chuyển tiếp trên mặt bằng LK	15
6.5.1 Quy định chung.....	15
6.5.2 Chiều dài đoạn vuốt siêu cao dạng tuyến tính và/hoặc đường clothoid.....	16
6.6. Độ dốc vuốt siêu cao dD/ds	16
6.7 Tốc độ biến đổi siêu cao dD/dt	16
6.8 Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu dI/dt	17
6.9 Chiều dài đoạn có siêu cao không đổi nằm giữa hai đoạn vuốt siêu cao tuyến tính (Li).....	17
6.10 Biến đổi đột ngột của độ cong bằng.....	18
6.11 Biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI	18
6.12 Chiều dài giữa hai điểm biến đổi đột ngột của độ cong bằng Lc	18
6.13 Chiều dài giữa hai điểm biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu Ls	19
6.14 Độ dốc dọc tuyến p	20
6.15 Chiều dài của đoạn dốc dọc không đổi Lg	21
6.16 Bán kính đứng Rv	21
6.17. Chiều dài đường cong đứng Lv	22
6.18. Biến đổi đột ngột của độ dốc dọc tuyến Δp	23
PHỤ LỤC A	24
PHỤ LỤC B	33

Lời nói đầu

TCVN xxxx:202x được biên soạn trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn DIN EN 17536:2023

TCVN xxxx:202x do Trường đại học Công nghệ Giao thông Vận tải biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Ứng dụng đường sắt – cơ sở hạ tầng – tham số thiết kế tuyến cho đường sắt đô thị

Railway applications - Infrastructure - Track alignment design parameters - Urban rail

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các quy tắc và giới hạn đối với các tham số thiết kế tuyến đường, bao gồm cả đoạn đường trong khu vực ghi và giao cắt. Một số tham số này là hàm số theo vận tốc. Ngoài ra, đối với một số tuyến đường hiện có, tiêu chuẩn này quy định các quy tắc và giới hạn để xác định tốc độ cho phép liên quan đến tham số tuyến đường.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho mạng lưới đường sắt đô thị không kết nối với mạng lưới đường sắt quốc gia.

Các tuyến của mạng lưới đường sắt đô thị có kết nối vào mạng đường sắt quốc gia không thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này. Các tuyến này được quy định trong tiêu chuẩn TCVN 13342.

Trong phạm vi của tiêu chuẩn này, mạng lưới đường sắt đô thị bao gồm:

- Mạng lưới được thiết kế có đường riêng và tách biệt với giao thông đường bộ và đường dành cho người đi bộ.
- Mạng lưới (một phần) không tách biệt với giao thông đường bộ và đường dành cho người đi bộ, có làn đường đi chung.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các hệ thống đường sắt sử dụng bánh thép chạy trên ray thép để bằng hoặc ray thép có rãnh. Các hệ thống đường sắt có kết cấu đặc thù (ví dụ: đường sắt răng cưa, đường sắt leo núi và các loại hình đường sắt kéo bằng cáp khác) không thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này xác định các tham số, quy định các quy tắc và giới hạn cho khổ đường sắt danh định 1435 mm với tốc độ cho phép lên đến 120 km/h. Đối với các khổ đường sắt danh định khác, tiêu chuẩn này quy định các nguyên tắc quy đổi được sử dụng để xác định các giới hạn.

2. Tài liệu viện dẫn

Không có tài liệu viện dẫn nào trong tài liệu này.

3. Thuật ngữ và định nghĩa

Trong phạm vi của tiêu chuẩn này, sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau đây.

3.1.

Khổ đường sắt (track gauge)

Khoảng cách ngắn nhất giữa hai má trong của đường ray

3.2.

Khổ đường sắt danh định (nominal track gauge)

Giá trị duy nhất xác định khổ đường sắt nhưng có thể khác với khổ đường sắt thiết kế

3.3.

Giới hạn (limit)

Giá trị thiết kế không được vượt quá

CHÚ THÍCH 1: Những giá trị này đảm bảo rằng chi phí bảo trì đường ray và độ thoải mái của hành khách nằm trong mức hợp lý.

CHÚ THÍCH 2: Đối với một số tham số nhất định, Tiêu chuẩn này quy định cả giới hạn thông thường và giới hạn ngoại lệ. Giới hạn ngoại lệ chỉ được sử dụng trong trường hợp đặc biệt và có thể yêu cầu chế độ bảo trì tương ứng cũng như phải được kiểm tra đối chiếu với phương tiện địa phương.

3.4.

Đoạn tuyến (alignment element)

Đoạn đường ray có phương dọc, phương ngang hoặc siêu cao tuân theo một mô tả toán học duy nhất dưới dạng hàm số của lý trình

CHÚ THÍCH: Trừ khi có quy định khác, các tham số thiết kế tuyến đường được xác định đối với tim đường, và khoảng cách theo phương dọc đối với tim đường được xác định trong hình chiếu bằng.

3.5.

Lý trình (chainage)

Khoảng cách theo phương dọc dọc theo hình chiếu bằng của tim đường

3.6.

Độ cong (curvature)

Đạo hàm của góc chuyển hướng của đường cong theo lý trình.

CHÚ THÍCH 1: Theo hướng của lý trình, độ cong là dương (+) khi đường cong rẽ phải và là âm (-) khi đường cong rẽ trái. Độ lớn của độ cong tại một điểm trên đường cong tương ứng với nghịch đảo của bán kính đường cong nằm tại điểm đó.

3.7.

Đường cong tròn (circular curve)

Đường cong có độ cong không đổi trên toàn bộ chiều dài

3.8.

Đường cong chuyển tiếp (transition curve)

Đường cong mà tại đó độ cong biến đổi theo lý trình trên suốt chiều dài.

CHÚ THÍCH 1: Đường cong clothoid (đôi khi xấp xỉ dưới dạng một đa thức bậc ba, "parabol bậc ba") thường được sử dụng làm đường cong chuyển tiếp, tạo ra sự biến đổi tuyến tính của độ cong. Trong một số trường hợp, độ cong được làm mượt ở hai đầu nối đường cong chuyển tiếp. Một đường cong chuyển tiếp cũng có thể được ghép từ chuỗi các đoạn cong tròn ngắn với bán kính thay đổi theo từng bước.

CHÚ THÍCH 2: Có thể sử dụng các dạng đường cong chuyển tiếp khác, mà với những dạng đó sẽ thể hiện biến đổi phi tuyến của độ cong.

CHÚ THÍCH 3: Thông thường, không sử dụng đường cong chuyển tiếp cho trắc dọc.

3.9.**Đường cong ngược chiều (reverse curve)**

Chuỗi các đoạn tuyến cong, bao gồm các đoạn tuyến có độ cong theo các hướng ngược nhau

3.10.**Mặt phẳng chạy (running plane)**

Mặt phẳng tiếp tuyến với bề mặt chạy của cả hai đầu ray tại mặt cắt ngang

3.11.**Độ dốc dọc tuyến (track gradient)**

Giá trị tuyệt đối của đạo hàm cao độ đường ray theo lý trình

3.12.**Siêu cao (cant)**

Sự chênh lệch cao độ giữa hai ray trên mặt cắt ngang đường ray.

CHÚ THÍCH 1: Được đo trên e , chiều dài cơ sở để đo siêu cao.

3.13.**Siêu cao áp dụng (applied cant)**

tham số thiết kế cho siêu cao

3.14.**Siêu cao cân bằng (equilibrium cant)**

Giá trị siêu cao ở vận tốc nhất định mà tại đó hợp lực của phương tiện tác dụng vuông góc với mặt phẳng đi qua hai đỉnh ray (mặt phẳng chạy tàu).

3.15.**Siêu cao thiếu (cant deficiency)**

Độ chênh lệch giữa siêu cao áp dụng và siêu cao cân bằng, khi giá trị siêu cao cân bằng lớn hơn siêu cao áp dụng.

CHÚ THÍCH 1: Khi có siêu cao thiếu, sẽ xuất hiện lực ngang không cân bằng trên mặt phẳng chạy tàu. Hợp lực sẽ dồn về phía ray lưng của đường cong.

3.16.**Siêu cao thừa (cant excess)**

Độ chênh lệch giữa siêu cao áp dụng và siêu cao cân bằng, khi giá trị siêu cao cân bằng nhỏ hơn siêu cao áp dụng.

CHÚ THÍCH 1: Khi có siêu cao thừa, sẽ xuất hiện lực ngang không cân bằng trên mặt phẳng chạy tàu. Hợp lực sẽ dồn về phía ray bụng của đường cong.

CHÚ THÍCH 2: Siêu cao trên đoạn đường thẳng dẫn đến siêu cao thừa, tạo ra lực ngang dồn về phía ray thấp hơn.

3.17.**Đoạn vuốt siêu cao (cant transitions)**

Đoạn tuyến có siêu cao thay đổi theo lý trình

CHÚ THÍCH 1: Thông thường, đoạn vuốt siêu cao trùng với đường cong chuyển tiếp.

CHÚ THÍCH 2: Thường sử dụng đoạn vuốt siêu cao có sự biến đổi siêu cao tuyến tính. Trong một số trường hợp, siêu cao được làm mượt ở đầu và cuối của đoạn vuốt siêu cao.

CHÚ THÍCH 3: Có thể sử dụng các dạng đoạn vuốt siêu cao khác, thể hiện sự biến đổi phi tuyến tính của siêu cao.

3.18.

Độ dốc vuốt siêu cao (cant gradient)

Giá trị tuyệt đối của đạo hàm siêu cao theo lý trình.

3.19.

Đường ray xoắn ốc (helical track)

Đoạn đường ray có độ dốc dọc kết hợp với độ cong bằng (horizontal curvature)

CHÚ THÍCH 1: Sự kết hợp này tạo ra một đoạn đường ray bị xoắn, mặc dù siêu cao áp dụng không thay đổi dọc theo đường ray.

3.20.

Độ dốc vuốt siêu cao áp dụng (resulting cant gradient)

Độ dốc vuốt siêu cao tương đương cho đoạn đường ray xoắn ốc (cộng với độ dốc vuốt siêu cao đồng thời, nếu có), tạo ra cùng một độ xoắn góc như độ dốc vuốt siêu cao trên đoạn đường ray phẳng

3.21.

Độ xoắn góc (angular twist)

Đạo hàm của góc lật (xoay quanh trục dọc) theo chiều dài dọc tuyến, được đo theo hệ tọa độ có cùng phương với đoạn đường ray nghiêng trên đoạn dốc dọc

3.22.

Tốc độ biến đổi siêu cao (rate of change of cant)

Giá trị tuyệt đối của đạo hàm siêu cao theo thời gian (do tốc độ phương tiện gây ra)

3.23.

Tốc độ biến đổi của siêu cao thiếu và/hoặc siêu cao thừa (rate of change of cant deficiency and/or cant excess)

Giá trị tuyệt đối của đạo hàm theo thời gian của siêu cao thiếu và/hoặc siêu cao thừa (do tốc độ phương tiện gây ra)

4. Kí hiệu và viết tắt

Số TT	Kí hiệu	Diễn giải	Đơn vị
1	dD/dS	Độ dốc vuốt siêu cao	mm/m
2	$(dD/dS)_r$	Độ dốc siêu cao tương đương	mm/m
3	dD/dt	Độ biến đổi của siêu cao	mm/s
4	dI/dt	Độ biến đổi của siêu cao thiếu (và/hoặc thừa)	mm/s
5	D	Siêu cao áp dụng	mm
6	D_{EQ}	Siêu cao cân bằng	mm
7	e	Giá trị cơ sở để đo siêu cao	mm
8	E	Siêu cao thừa	mm
9	g	Gia tốc trọng trường	m/s ²
10	I	Siêu cao thiếu	mm
11	L_c	Chiều dài giữa hai điểm biến đổi đột ngột của đường cong	m
12	L_D	Chiều dài của đoạn vuốt siêu cao	m
13	L_g	Chiều dài của đường ray dốc liên tục	m
14	L_K	Chiều dài của đường cong chuyển tiếp	m
15	L_i	Chiều dài của các đoạn tuyến giữa hai siêu cao chuyển tiếp tuyến tính	m
16	L_S	Chiều dài giữa hai điểm biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu	m
17	L_V	Chiều dài của đường cong đứng	m
18	ρ	Độ dốc đường ray	-
19	q_E	Hệ số tính toán siêu cao cân bằng	mm.m/(km/h) ²
20	q_N	Hệ số tính toán chiều dài của đoạn vuốt dốc siêu cao hoặc chiều dài đường cong chuyển tiếp với độ dốc siêu cao và độ cong biến đổi tương ứng	-
21	q_{Rv}	Hệ số tính toán bán kính đứng	m/(km/h) ²
22	q_s	Hệ số tính toán chiều dài giữa các điểm biến đổi đột ngột của siêu cao hạt	m/(km/h)
23	q_V	Hệ số chuyển đổi đơn vị cho tốc độ của phương tiện	(km/h)/(m/s)
24	R	Bán kính của đường cong nằm	m
25	R_v	Bán kính của đường cong đứng	m
26	$(R_v)_r$	Bán kính cong đứng tương đương	m
27	s	Khoảng cách theo phương dọc tuyến	m
28	t	Thời gian	s
29	T_A	Độ xoắn góc (angular twist)	rad/m
30	V	Vận tốc	km/h
31	lim	(chỉ số) Giới hạn	-
32	r	Chỉ số cho các tham số tương đương của các phép tính trong không gian ba chiều	-
33	R, lim	Giới hạn bổ sung áp dụng cho các đường cong bán kính nhỏ	-

5. Quy định chung

5.1 Bối cảnh

Tiêu chuẩn này quy định các quy tắc và giới hạn cho thiết kế tuyến đường. Những giới hạn này giả định rằng các tiêu chuẩn về việc kiểm định phương tiện, xây dựng và bảo trì đường ray được đáp ứng (các dung sai trong xây dựng và vận hành không được quy định trong tiêu chuẩn này). Các yêu cầu kỹ thuật liên quan đến tính chất cơ học của các bộ phận ghi và giao cắt cũng như các hệ thống phụ trợ, được quy định trong các tiêu chuẩn liên quan.

Tiêu chuẩn này không phải một hướng dẫn thiết kế. Các giới hạn thông thường không được đặt ra để sử dụng làm các giá trị thiết kế thông lệ. Tuy nhiên, các giá trị thiết kế phải nằm trong giới hạn được nêu trong tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này xem xét đến các điều kiện không gian chật hẹp cấu hình phức tạp của tuyến đường trong môi trường đô thị, bằng cách phân loại tuyến thành các loại A và B (xem mục 5.2). Do mối quan hệ chặt chẽ giữa các giới hạn về tuyến và các hạn chế động học của phương tiện, các phương tiện địa phương thường được thiết kế riêng cho mạng lưới tương ứng và ngược lại. Nguyên nhân chính cho điều này có thể là do thiếu các tiêu chuẩn Châu Âu trong lĩnh vực đường sắt đô thị, một tình trạng mà tiêu chuẩn này hướng tới việc giải quyết lâu dài.

Các giới hạn trong tiêu chuẩn này dựa trên kinh nghiệm thực tiễn của các mạng lưới Đường sắt Đô thị Châu Âu. Các giới hạn được áp dụng tại những nơi cần cân bằng giữa hiệu suất vận hành tàu (bao gồm an toàn) và mức độ tiện nghi, bảo trì phương tiện và đường ray và chi phí xây dựng.

Nên tránh việc sử dụng các giá trị thiết kế sát với giá trị giới hạn thông thường; cần phải có giãn cách cần thiết với các giới hạn đó. Thường tồn tại mâu thuẫn giữa yêu cầu khoảng giãn cách cho tham số này với tham số khác; các mâu thuẫn này cần được phân bổ hợp lý trên tất cả các tham số thiết kế, có thể bằng cách áp dụng khoảng giãn cách an toàn liên quan đến tốc độ.

Đối với một vài tham số, tiêu chuẩn này cũng quy định các giới hạn ngoại lệ ít nghiêm ngặt hơn so với giới hạn thông thường. Những giới hạn này chỉ nên được áp dụng trong các trường hợp đặc biệt và có thể yêu cầu chế độ bảo trì kèm theo, cũng như kiểm định khả năng tương thích với phương tiện địa phương. Cần hạn chế sử dụng các giới hạn ngoại lệ (thay vì giới hạn thông thường) cho nhiều tham số tại cùng một vị trí. Việc sử dụng các giá trị thiết kế ngoài các giới hạn thông thường phải được ghi chép rõ ràng.

Các giới hạn vận hành về tốc độ và siêu cao thiếu phải được áp dụng cho các phương tiện cụ thể dựa trên các tham số cho phép của chúng. Giới hạn tốc độ tàu phải được tính toán từ các giới hạn tuyến phụ thuộc vào tốc độ bằng cách giải phương trình tìm tốc độ phương tiện V , theo các mục 6.3, 6.4, 6.7, 6.8, 6.11, 6.13 và 6.16. Do các phần khác nhau của phương tiện có thể nằm trên các đoạn tuyến với giới hạn tốc độ khác nhau, nên giới hạn tốc độ nghiêm ngặt nhất dọc theo toàn bộ chiều dài đoàn tàu sẽ luôn được áp dụng. Tốc độ cũng có thể bị hạn chế vì các lý do khác ngoài tuyến đường, ví dụ như tầm nhìn hạn chế hoặc các quy tắc vận hành.

Các giới hạn này được quy định cho hoạt động khai thác thông thường. Trong trường hợp tiến hành chạy thử nghiệm, ví dụ để xác định ứng xử động học của phương tiện (thông qua giám sát liên tục phản ứng của phương tiện), việc vượt quá các giới hạn (đặc biệt về siêu cao thiếu) cần được cho phép và tùy thuộc vào cơ quan có thẩm quyền quyết định các biện pháp phù hợp.

LƯU Ý: Tương tự như các tiêu chuẩn và tham số kỹ thuật về tuyến đường sắt khác, tiêu chuẩn này sử dụng tốc độ phương tiện V được biểu diễn bằng km/h.

5.2 Phân loại tuyến đường sắt

Hệ thống đường sắt đô thị là các hệ thống đường sắt địa phương có tính chất khác nhau. Các yêu cầu đối với cơ sở hạ tầng phải liên quan đến các loại phương tiện sẽ được sử dụng trên mạng lưới. Hệ thống đường sắt đô thị khổ đường danh định 1 435 mm bao gồm hai loại tuyến được định nghĩa như sau:

- Loại A1435 - các tuyến cho các loại tàu metro có khổ đường danh định 1 435 mm
- Loại B1435 - các tuyến cho các loại tàu điện (Tram) có khổ đường danh định 1 435 mm

Bảng 1 chỉ ra các tham số cố định cho Tuyến Loại A1435 và B1435.

Bảng 1 – Các tham số cố định cho Tuyến Loại A1435 và B1435

Tham số	Loại Tuyến	
	A1435	B1 435
khổ đường sắt danh định [mm]	1 435	1 435
e , giá trị cơ sở để đo siêu cao [mm]	1500	1500
q_E , hệ số tính toán siêu cao cân bằng [mm·m/(km/h) ²]	11,8	11,8

Đối với các khổ đường sắt danh định khác, các giới hạn phụ thuộc vào khổ đường (6.2, 6.3, 6.4, 6.6, 6.7, 6.8 và 6.9) phải được quy định dựa trên các giá trị giới hạn của các tuyến loại A1435 và B1435 áp dụng các hệ số chuyển đổi (xem Phụ lục A).

Việc chuyển đổi được thực hiện bằng cách nhân giới hạn tương ứng với tỉ số $W = \frac{e_1}{e}$, trong đó e_1 là giá trị cơ sở để đo siêu cao của khổ đường sắt đang xét. Tuy nhiên, với độ dốc vượt siêu cao (6.6), giới hạn được tính bằng cách nhân với $W^2 \cdot (e + 500\text{mm})^2 / (e_1 + 500\text{mm})^2$.

Giả định rằng tất cả các phương tiện đã được kiểm định và phê duyệt theo các tiêu chuẩn liên quan đối với loại tuyến đang xét.

5.3 Đặc điểm của tuyến

Hướng tuyến xác định vị trí hình học của đường. Hướng tuyến được chia ra thành bình đồ và trắc dọc.

Bình đồ là hình chiếu của đường tim đường ray trên mặt phẳng bằng. Bình đồ bao gồm một chuỗi các đoạn tuyến, mỗi đoạn tuân theo một mô tả toán học cụ thể dựa trên chiều dài dọc theo hình chiếu bằng (đường lý trình). Các yếu tố bình đồ được kết nối tại các tiếp điểm, nơi hai yếu tố được kết nối có cùng tọa độ và phương. Các yếu tố bình đồ được xác định trong **Bảng 2**.

Bảng 2 – Các yếu tố bình đồ

Đoạn tuyến	Đặc điểm
Đường thẳng	Không có độ cong bằng
Đường cong tròn	Độ cong bằng liên tục không đổi
Đường cong chuyển tiếp, (bổ sung thêm parabol bậc 3) dạng clothoid ^a	Độ cong bằng biến đổi tuyến tính theo lý trình
Đường cong liên hợp	Một chuỗi các đường cong tròn ngắn mà độ cong tăng hoặc giảm theo từng bước
^a Tiêu chuẩn TCVN 13342 (EN) cung cấp thông tin chi tiết về các loại đường cong chuyển tiếp thay thế có thể được sử dụng trong thiết kế tuyến hình.	

Hầu hết các ghi hiện đại có dạng hình học tiếp tuyến, nơi mà đoạn ghi bắt đầu với một đoạn tuyến tiếp tuyến với đoạn đường thẳng. Tuy nhiên, các thiết kế ghi hướng có thể bắt đầu với sự chuyển đổi đột ngột về phương ngang ở đầu lưỡi ghi. Khi một ghi được đặt trên độ dốc khác không, đường cong đứng và/hoặc siêu cao, sẽ khiến hình học bằng của đoạn ghi lệch nhẹ so với các yếu tố trong **Bảng 2**

Trắc dọc xác định cao độ đường ray là một hàm của lý trình (chiều dài dọc theo hình chiếu bằng của đường tim đường ray). Các đoạn trắc dọc được kết nối tại tiếp điểm nơi hai yếu tố có cùng độ cao và độ dốc p (với một vài ngoại lệ). Các yếu tố trắc dọc được xác định trong **Bảng 3**.

Bảng 3 – Các yếu tố trắc dọc

Đoạn tuyến	Đặc điểm
Đường ray dốc liên tục	Không có độ cong đứng
Đường cong đứng dạng parabol	Đạo hàm độ dốc dọc tuyến theo lý trình là một hằng số
Đường cong đứng dạng tròn	Đạo hàm góc đứng theo chiều dài dốc đường ray là một hằng số

LƯU Ý: Đường cong đứng bắt đầu hoặc kết thúc tại các ghi có siêu cao và giao cắt có siêu cao có thể là hàm đa thức bậc cao hơn hàm parabol.

Siêu cao áp dụng D của đường ray là độ chênh lệch chiều cao của hai ray chạy. Siêu cao có thể được thực hiện bằng cách nâng một ray lên cao hơn và giữ nguyên ray còn lại ở một cao độ của mặt cắt dọc, hoặc bằng một quy luật xác định trước nâng một ray lên cao và hạ thấp ray còn lại. Siêu cao có thể được coi là một chuỗi các yếu tố liên kết tại các tiếp điểm, nơi hai yếu tố có cùng độ lớn của siêu cao áp dụng. (Tại một điểm tiếp tuyến siêu cao, đoạn ray cao vẫn giữ nguyên trước và sau tiếp điểm). Các yếu tố siêu cao áp dụng được xác định trong **Bảng 4**.

Bảng 4 – Các yếu tố siêu cao

Đoạn tuyến	Đặc điểm
Siêu cao không đổi	siêu cao không đổi suốt đoạn tuyến
Đoạn vượt siêu cao, tuyến tính ^a	siêu cao biến đổi tuyến tính theo lý trình
^a Tiêu chuẩn EN 13803 (tương đương TCVN 13342:2021) cung cấp thông tin chi tiết về các loại đoạn vượt siêu cao thay thế có thể được sử dụng trong thiết kế tuyến hình.	

Đoạn vượt siêu cao thường được thực hiện trên đường cong chuyển tiếp, nhưng có thể có ngoại lệ.

Các phương ngang và đứng trong thiết kế bình đồ tuyến được hiểu là các hướng trong hệ tọa độ gắn với mặt đất. Khi đoạn tuyến có độ dốc dọc và/hoặc siêu cao áp dụng, các phương ngang và/hoặc đứng (được cảm nhận bởi phương tiện và thành phần đường ray) sẽ thay đổi. Những thay đổi này có thể ảnh hưởng đáng kể đối với giá trị bán kính đường cong đứng (trong trường hợp kết hợp giữa đường cong bán kính nhỏ và giá trị siêu cao lớn) và độ xoắn góc/ độ dốc vượt siêu cao (đường ray xoắn ốc với độ dốc dọc lớn và đường cong bán kính nhỏ). **Phụ lục B** đưa ra các công thức để định lượng các ảnh hưởng này.

Tất cả các giới hạn trong **Điều 6** đều được áp dụng, do đó phạm vi cho phép của một tham số, ví dụ như bán kính đường cong nằm R , có thể bị giới hạn thêm do giá trị được chọn của các tham số khác. Ví dụ, tại một vị trí nhất định trên đoạn tuyến, phạm vi cho phép cho bán kính đường cong nằm R có thể bị giới hạn bởi siêu cao áp dụng D , giới hạn về siêu cao thiếu I , độ dốc dọc đường ray p , bán kính đường cong đứng R_v , và/hoặc đặc điểm của các đoạn tuyến liền kề.

6. Các giới hạn cho khổ đường sắt danh định 1 435 mm và 1 000 mm

6.1 Bán kính đường cong nằm R

Trong tiêu chuẩn này, bán kính có giá trị dương ở cả đường cong rẽ phải và đường cong rẽ trái.

Giới hạn dưới cho bán kính đường cong nằm không phụ thuộc vận tốc (R_{lim}) được xác định trong **Bảng 5**.

Bảng 5 – Giới hạn dưới cho bán kính đường cong nằm R_{lim}

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m] ^a	50	25
Giới hạn ngoại lệ [m] ^a	42	16
^a Có thể áp dụng giới hạn dưới nghiêm ngặt hơn cho bán kính dọc ke ga, nhằm thu hẹp khoảng trống giữa sân phương tiện và ke ga.		

Sự kết hợp bán kính đường cong nằm R và độ dốc dọc tuyến p ảnh hưởng đến độ dốc vượt siêu cao tương đương $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$, và sự kết hợp bán kính đường cong nằm R và siêu cao áp dụng D ảnh hưởng đến bán kính cong đứng tương đương $(R_v)_r$, xem **Phụ lục B**.

Tiêu chuẩn này không quy định giới hạn trên cho bán kính đường cong nằm. Không nên dùng bán kính đường cong nằm lớn hơn 99999 m.

6.2 Siêu cao áp dụng D

Trong tiêu chuẩn này, siêu cao áp dụng trên đường cong nằm có giá trị dương nếu ray lạng cao hơn ray bệ. Đối với Loại tuyến A1435 và B1435, giá trị cơ sở để đo siêu cao e là 1 500 mm.

CHÚ THÍCH 1: Siêu cao âm là không thể tránh khỏi ở các ghi và giao cắt trên đường chính tuyến có siêu cao mà tại đó ghi cong của ghi theo hướng ngược với tuyến chính và, trong trường hợp nhất định, trên đoạn đường chính tuyến tiếp giáp với đường ghi có siêu cao. Do độ nghiêng mặt đường, siêu cao âm có thể được áp dụng trên đường ray chung đường đô thị. Siêu cao âm cũng có thể được sử dụng trên các đường tạm.

Giới hạn trên cho siêu cao áp dụng D_{lim} không phụ thuộc bán kính đường cong nằm R được xác định trong **Bảng 6**.

Bảng 6 – Giới hạn trên cho siêu cao áp dụng D_{lim}

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm] ^a	150	150
Giới hạn ngoại lệ [mm] ^a	165	165
^a Có thể áp dụng giới hạn trên cho siêu cao nghiêm ngặt hơn tại khu vực dọc ke ga, nhằm thuận tiện cho việc lên tàu và xuống tàu của hành khách.		

Sự kết hợp bán kính đường cong nằm R và siêu cao áp dụng D ảnh hưởng đến bán kính cong đứng tương đương $(R_v)_r$, xem **Phụ lục B**.

Giới hạn trên cho siêu cao áp dụng $D_{R,lim}$ (phụ thuộc bán kính đường cong nằm) là một hàm của bán kính đường cong nằm R được xác định trong **Bảng 7**.

Bảng 7 – Giới hạn trên cho siêu cao áp dụng $D_{R,lim}$ là một hàm của bán kính đường cong nằm R

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm] ^a	$R / 1,6m$	$(R + 24m) / 1,6m$
Giới hạn ngoại lệ [mm]	Như giới hạn ngoại lệ trong Bảng 6	Như giới hạn ngoại lệ trong Bảng 6
^a Giới hạn này có thể được nâng lên nếu có các biện pháp đảm bảo an toàn, ví dụ như lắp đặt ray dẫn hướng.		

LƯU Ý 2: Siêu cao lớn trên đường cong có bán kính nhỏ (nơi mà góc tiếp xúc của bánh xe là lớn) làm tăng nguy cơ trật bánh khi phương tiện di chuyển ở vận tốc thấp. Trong những điều kiện này, lực thẳng đứng của bánh xe tác dụng lên ray lưng giảm đáng kể, đặc biệt khi đường ray bị xoắn càng làm giảm lực hơn.

6.3 Siêu cao thiếu I

Đối với các giá trị đã cho trước của bán kính R và siêu cao D , và vận tốc V , siêu cao thiếu I được xác định theo Công thức (1):

$$I = D_{EQ} - D = q_E \cdot \frac{V^2}{R} - D \quad (1)$$

trong đó

D_{EQ} siêu cao cân bằng [mm]
 $q_E = 11,8 \text{ mm.m/(km/h)}^2$ đối với khổ đường sắt danh định 1 435 mm (Với giả định sử dụng giá trị cơ sở để đo siêu cao là 1500 mm)

LƯU Ý 1: Với siêu cao âm D , siêu cao thiếu I sẽ cao hơn siêu cao cân bằng D_{EQ} .

Giới hạn trên cho siêu cao thiếu I_{lim} được xác định trong **Bảng 8**.

Bảng 8 – Giới hạn trên cho siêu cao thiếu I_{lim}

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm]	100	100
Giới hạn ngoại lệ [mm]	150	150

Tùy thuộc vào đặc điểm của các yếu tố cụ thể trên đường ray, ví dụ như kết cấu đường ray không đá ba lát trực tiếp lên cầu, đường ray có mối nối, các đoạn đường chịu ảnh hưởng rất mạnh của gió ngang, v.v., có thể cần hạn chế thêm siêu cao thiếu I cho phép. Không được thiết lập trước các quy tắc liên quan đến các hạn chế này vì chúng sẽ phụ thuộc vào thiết kế của các yếu tố trên đường ray.

LƯU Ý 2: Siêu cao thiếu I gần như tỉ lệ thuận với gia tốc ngang (lateral acceleration) không được bù. 1 m/s^2 gia tốc ngang không bù tương đương xấp xỉ 153 mm siêu cao thiếu đối với các tuyến loại A1435 và B1 435 xem **Phụ lục C**. Giá trị lớn của siêu cao thiếu I có liên hệ đến sự không thoải mái của hành khách.

6.4 Siêu cao thừa E

Trên một đoạn đường cong nằm có siêu cao thiếu I (xác định theo Công thức (1)) là giá trị âm, thì siêu cao thừa E được xác định theo Công thức (2).

$$E = -I \quad (2)$$

Trên ghi có siêu cao, trên đường ray chính liền kề với ghi và giao cắt có siêu cao, và trên đường ray chung đường bộ, có thể có siêu cao áp dụng D trên đoạn đường ray thẳng. Siêu cao cũng có thể được áp dụng trên các đoạn đường ray thẳng tạm thời. Trên một đoạn đường ray thẳng có siêu cao, có siêu cao thừa E được xác định theo Công thức (3):

$$E = D \quad (3)$$

Giới hạn trên cho siêu cao thừa E giống với giới hạn trên cho siêu cao thiếu I , xem **Bảng 8**. Giới hạn cho siêu cao thừa E áp dụng đối với một đoạn đường ray nhất định hoặc với phần chậm nhất của một đoạn tàu điện (tram) vận hành thông thường.

LƯU Ý: Giá trị E cao làm giảm lực bán tĩnh (quasi-static) theo phương thẳng đứng giữa bánh xe và ray tác dụng lên ray lưng.

Các yêu cầu về biến đổi của siêu cao thiếu I (mục 6.5, 6.8, 6.11, và 6.13) đều áp dụng cả cho biến đổi của siêu cao thừa E .

6.5 Chiều dài đoạn vượt siêu cao L_D và/hoặc đường cong chuyển tiếp trên mặt bằng L_K

6.5.1 Quy định chung

Thông thường đoạn vượt siêu cao nên trùng với đoạn đường cong chuyển tiếp. Tuy nhiên, trong một số trường hợp cần thiết phải bố trí đoạn vượt siêu cao trên đường cong tròn và đường thẳng. Tương tự, ưu tiên sử dụng đường cong chuyển tiếp, trong một số trường hợp bắt buộc, tại nơi mà không có siêu cao hoặc siêu cao áp dụng không đổi.

Giới hạn cho đoạn vượt siêu cao và đường cong chuyển tiếp là như sau:

- giới hạn dưới không phụ thuộc vận tốc cho chiều dài đường cong chuyển tiếp $L_{K,\text{lim}}$ được xác định trong **Bảng 9**;
- giới hạn trên cho độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$ được xác định trong mục 6.6;
- giới hạn trên cho tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ được xác định trong mục 6.7;
- giới hạn trên cho tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ được xác định trong mục 6.8.

Bảng 9 – Giới hạn dưới cho chiều dài đường cong chuyển tiếp $L_{K,\text{lim}}$		
Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m]	10	10
Giới hạn ngoại lệ [m]	0	0

Đường cong chuyển tiếp rất ngắn có thể là cần thiết trong các ghi hoặc tại các đường liền kề ghi.

6.5.2 Chiều dài đoạn vuốt siêu cao dạng tuyến tính và/hoặc đường clothoid

Đối với đoạn vuốt siêu cao dạng tuyến tính và/hoặc đường clothoid, độ dốc vuốt siêu cao $\frac{dD}{ds}$, tốc độ biến đổi siêu cao $\frac{dD}{dt}$ và tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\frac{dI}{dt}$ có thể được tính toán theo Công thức (4), (5) và (6):

$$\frac{dD}{ds} = \frac{\Delta D}{L_D} \quad (4)$$

$$\frac{dD}{dt} = \frac{V}{q_V} \cdot \frac{\Delta D}{L_D} \quad (5)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V}{q_V} \cdot \frac{\Delta I}{L_K} \quad (6)$$

trong đó

ΔD sự biến đổi siêu cao áp dụng trên chiều dài L_D , được xác định trong **Phụ lục D**,

ΔI sự biến đổi siêu cao thiếu trên chiều dài L_K , được xác định trong **Phụ lục D**,

V vận tốc tính bằng km/h,

$q_V = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$.

Công thức (6) giả thiết mọi đoạn vuốt siêu cao trùng với đường cong chuyển tiếp, $L_K = L_D$, và các Công thức (4), (5), (6) giả thiết rằng các tính chất toán học là không đổi trên chiều dài này. Ngoài ra, đường cong chuyển tiếp và đoạn vuốt siêu cao phải được phân thành các phần có tính chất không đổi, mỗi phần được xét riêng lẻ.

6.6. Độ dốc vuốt siêu cao dD/ds

Giới hạn trên cho độ dốc vuốt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$ được xác định trong **Bảng 10**.

Bảng 10 – Giới hạn trên cho độ dốc vuốt siêu cao và độ dốc vuốt siêu cao tương đương

$\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm/m]	2,5	2,5
Giới hạn ngoại lệ [mm/m]	3,33	3,33

Độ dốc vuốt siêu cao tương đương $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$ cũng phụ thuộc vào sự kết hợp giữa bán kính đường cong nằm R và độ dốc tuyến p . Xem **Phụ lục B**. Các giới hạn trong **Bảng 10** cũng áp dụng cho (giá trị tuyệt đối của) độ dốc vuốt siêu cao tương đương $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$.

6.7 Tốc độ biến đổi siêu cao dD/dt

Giới hạn trên cho tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đoạn vuốt siêu cao được xác định trong **Bảng 11**.

Bảng 11 – Giới hạn trên cho tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm/s]	50	50
Giới hạn ngoại lệ [mm/s]	70	70

6.8 Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu dI/dt

Giới hạn trên cho tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ được xác định trong **Bảng 12**.

Bảng 12 – Giới hạn trên cho tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm/s]	55	55
Giới hạn ngoại lệ [mm/s]	110	110

Khi một đường cong chuyển tiếp có chiều dài không đạt tiêu chuẩn theo tiêu chí $\frac{dI}{dt}$, thì tiêu chí này phải được thay bằng tiêu chí mà sự biến đổi siêu cao thiếu trên chiều dài phải nhỏ hơn giới hạn trên cho biến đổi đột ngột siêu cao thiếu ΔI , được xác định trong mục **6.11**.

LƯU Ý: Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\frac{dI}{dt}$ gần như tỉ lệ thuận với độ biến đổi của gia tốc ngang (lateral jerk) không bù. 1m/s^3 độ biến đổi của gia tốc ngang không bù tương đương với xấp xỉ 153 mm/s tốc độ biến đổi siêu cao thiếu đối với loại tuyến A1435 và B1 435, xem **Phụ lục C**. Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\frac{dI}{dt}$ có giá trị lớn có liên hệ đến sự (không) thoải mái của hành khách và có thể làm tăng đáng kể lực bánh xe-đường ray.

6.9 Chiều dài đoạn có siêu cao không đổi nằm giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính (L_i)

Giới hạn dưới cho chiều dài đoạn siêu cao không đổi nằm giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính $L_{i,\text{lim}}$ được xác định trong **Bảng 13**.

Bảng 13 - Giới hạn dưới cho chiều dài đoạn siêu cao không đổi giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính $L_{i,\text{lim}}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m]	10	6
Giới hạn ngoại lệ [m] ^a	0	0
^a Tránh sử dụng giới hạn ngoại lệ cho chiều dài đoạn giữa hai đoạn vượt siêu cao với tổng mức thay đổi của tốc độ biến đổi siêu cao lớn hơn giới hạn trên trong Bảng 11.		

Nếu có thể, chỉ nên nối hai đường cong tròn ngược bằng đường cong chuyển tiếp mà không có đường ray thẳng trung gian.

6.10 Biến đổi đột ngột của độ cong bằng

Sự biến đổi đột ngột của độ cong có thể xảy ra tại đường liền kề với ghi và giao cắt (thường xuyên có trong các mạng lưới xe điện (tram), tại đoạn tuyến có vận tốc thấp (ví dụ đường nhánh ...) hoặc tại đoạn tuyến có các sai lệch nhỏ trong một chiều dài hạn chế. Hiện tượng này là không thể tránh khỏi trên ít nhất một đường trong ghi. Trong hầu hết các trường hợp khác, nên sử dụng đường cong chuyển tiếp, xem mục 6.5.

Đối với biến đổi đột ngột của độ cong có những giới hạn như sau:

- giới hạn trên cho biến đổi đột ngột siêu cao thiếu ΔI_{lim} được xác định trong mục 6.11;
- giới hạn dưới cho chiều dài đoạn giữa hai biến đổi đột ngột của độ cong $L_{c,lim}$ trong mục 6.12;
- giới hạn dưới cho chiều dài đoạn giữa hai biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu $L_{c,lim}$ trong mục 6.13.

6.11 Biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI

Một biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu xảy ra khi có sự biến đổi đột ngột của độ cong. Một tiếp điểm với biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu gây ra xáo trộn động lực học của phương tiện.

Độ lớn biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu được xác định theo quy tắc ký hiệu quy định trong **Phụ lục D**.

Giới hạn trên cho biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI_{lim} được xác định trong **Bảng 14**.

Bảng 14 - Giới hạn trên cho biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI_{lim}

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm]	100	100
Giới hạn ngoại lệ [mm]	130	130

LƯU Ý: Độ biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI gần như tỉ lệ thuận với độ biến đổi đột ngột của gia tốc ngang không bù. 1m/s^2 độ biến đổi đột ngột của gia tốc ngang không bù tương đương với xấp xỉ 153 mm độ biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu đối với loại tuyến A1435 và B1435, xem **Phụ lục C**. Độ biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI có giá trị lớn có liên hệ đến sự (không) thoải mái của hành khách và có thể làm tăng đáng kể lực bánh xe-đường ray và ảnh hưởng an toàn trật bánh xe.

Phương tiện có phần thân toa xe kéo dài quá trục xoay của giá chuyển hướng (ví dụ: phương tiện có phần đầu dài kết hợp với khoảng cách giữa các bộ giá chuyển hướng ngắn) sẽ chịu tác động khuếch đại của độ biến đổi gia tốc ngang xảy ra ở điểm biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu, cũng như tăng lực tương tác ngang giữa bánh xe và đường ray. Điều này càng ảnh hưởng nhiều với các phương tiện có hệ thống giá chạy được kết nối cứng (ví dụ: phương tiện đa trục). Đối với các loại phương tiện này, giới hạn trên trong **Bảng 14** nên được giảm xuống.

Tại các khu vực bên ngoài ghi và giao cắt, các giá trị thiết kế cho tốc độ biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (nếu được sử dụng) phải thấp hơn nhiều so với giới hạn trên trong **Bảng 14**.

6.12 Chiều dài giữa hai điểm biến đổi đột ngột của độ cong bằng L_c

Bên cạnh bán kính cong tối thiểu trong **Bảng 5**, biến đổi đột ngột của độ cong ảnh hưởng đến động học của phương tiện, liên quan đến giá chuyển hướng, khớp nối, lõi đi liên toa và góc xoay đầu đằm móc

nối, khi di chuyển qua biến đổi độ cong. Ở góc độ thấp hơn, các ảnh hưởng tương tự cũng có thể xảy ra với đường cong chuyển tiếp có chiều dài dưới tiêu chuẩn hoặc với chuỗi các đường cong tròn có độ cong khác nhau (đôi khi được dùng thay thế các đường cong chuyển tiếp).

Bảng 15 xác định các giới hạn tối thiểu thông thường cho chiều dài L_c của đường thẳng trung gian tại nơi các bán kính đường cong nằm tuân theo các Giới hạn thông thường trong **Bảng 5**. Các giới hạn được áp dụng khi các đường cong tròn nối tiếp có chiều dài lớn (dài hơn phương tiện). Giả thiết rằng hệ thống truyền động (Running gear), khớp nối, dầm nối và lối đi liên toa (nếu có) được thiết kế để phù hợp các tổ hợp tuyến hình này.

Bảng 15 – Giới hạn tối thiểu đối với chiều dài L_c của đoạn thẳng trung gian giữa hai đường cong tròn dài có hướng cong ngược nhau và có bán kính cong nằm ở mức giới hạn thông thường.

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m]	7	7
Giới hạn ngoại lệ [m]	0	0

Khi các bán kính đường cong nằm lớn hơn các giới hạn thông thường ở **Bảng 5**, **Phụ lục E** xác định các giới hạn tối thiểu nối lồng cho chiều dài của đường thẳng trung gian giữa hai đường cong có hướng cong ngược nhau.

Các giá trị trong **Phụ lục E** được xác định dựa trên mức độ chênh lệch của độ văng đầu toa giữa các phương tiện được nối với nhau. Độ văng đầu toa là độ lệch hình học d_{ga} tại phần đầu phương tiện, được định nghĩa trong các tiêu chuẩn như EN 15273-1.

Khi một đoạn tuyến trung gian là bắt buộc nhưng không phải đoạn thẳng, cần thực hiện tính toán chi tiết để kiểm tra độ lớn L của chênh lệch độ văng đầu toa xe.

Khi có một hoặc hai đường cong bán kính nhỏ có chiều dài ngắn và các đoạn tuyến liền kề trước đường cong thứ nhất và/hoặc sau đường cong thứ hai có bán kính lớn hơn, chiều dài của đoạn tuyến trung gian có thể được rút ngắn sau khi thực hiện kiểm tra đặc biệt.

LƯU Ý: Đối với phương tiện dạng sơ-mi rơ-moóc và phương tiện có giá chuyển hướng trung tâm, các chuỗi đường cong ngắn có thể gây ảnh hưởng, vì các Giới hạn thông thường trong **Bảng 15** có thể trùng với các góc xoay nghiêng bất lợi nhất.

Không có giới hạn ngoại lệ được quy định trong tiêu chuẩn này vì chúng sẽ phụ thuộc vào đặc điểm của phương tiện địa phương.

6.13 Chiều dài giữa hai điểm biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu L_s

Sự xáo trộn động lực học của phương tiện do một biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI sẽ được giảm dần theo thời gian.

Các giới hạn dưới phụ thuộc vận tốc đối với chiều dài của đoạn tuyến trung gian giữa hai biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu $L_{s,lim}$ được xác định theo Công thức (7) và **Bảng 16**.

$$L_{s,lim} = q_{s,lim} \Delta V \quad (7)$$

trong đó

$q_{s,lim}$ là hệ số [m/(km/h)] được xác định trong **Bảng 16** và

V là vận tốc đoàn tàu [km/h].

Bảng 16 – Giới hạn dưới của hệ số $q_{s,lim}$ xác định chiều dài tối thiểu giữa hai tiếp điểm với biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ($L_{s,lim}$)

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m/(km/h)]	0,20	0,20
Giới hạn ngoại lệ [m/(km/h)]	0,10	0,10

LƯU Ý: Trong các ghi và giao cắt, hoặc trên các ghi chéo, chiều dài giữa hai biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu có thể bao gồm nhiều hơn một đoạn tuyến trung gian.

Đoạn tuyến trung gian thường là một đoạn tuyến với siêu cao thiếu (hoặc siêu cao thừa) không đổi. Với siêu cao thiếu không không đổi, tốc độ biến đổi siêu cao thiếu (hoặc siêu cao thừa) không được vượt quá giới hạn trên trong mục **6.8**.

Giới hạn dưới $L_{s,lim}$ không áp dụng khi tổng biến đổi siêu cao thiếu trên hai (hoặc nhiều hơn) tiếp điểm không vượt quá giới hạn trên trong mục **6.11**. Độ lớn của tổng biến đổi siêu cao thiếu được xác định theo quy tắc dấu trong **Phụ lục D**.

6.14 Độ dốc dọc tuyến p

Giá trị tuyệt đối của độ dốc dọc tuyến p phải được giới hạn do lực kéo sẵn có liên quan đến khối lượng đoàn tàu, cũng như hiệu suất phanh của đoàn tàu. **Bảng 17** xác định giới hạn trên cho giá trị tuyệt đối của độ dốc đường ray.

Bảng 17 – Giới hạn trên cho độ dốc dọc tuyến p_{lim}

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm/m] ^a	40	50
Giới hạn ngoại lệ [mm/m] ^{ab}	60	100 ^b
<p>^a Có thể áp dụng giới hạn trên nghiêm ngặt hơn cho đường ray dốc dọc ke ga, ví dụ nhằm thuận tiện nhằm thuận tiện cho việc lên tàu và xuống tàu của hành khách.</p> <p>^b Độ dốc dọc tuyến gần với giới hạn ngoại lệ chỉ khả thi trong các điều kiện phù hợp (ví dụ: dẫn động tất cả các bánh, hiệu suất phanh cao, gia tốc thấp, chiều dài ngắn của đoạn dốc tối đa, ưu tiên độ dốc xuống, không gian đủ cho khoảng cách phanh dài, kéo móc phương tiện, v.v.).</p>		

Sự kết hợp bán kính đường cong nằm R và độ dốc dọc tuyến p (tức các đoạn đường ray xoắn ốc) ảnh hưởng đến độ dốc vượt siêu cao tương đương $(\frac{dD}{ds})_r$, xem **Phụ lục B**.

Các đường ga lưu đỗ tàu lý tưởng nên thiết kế nằm ngang.

Đối với các vị trí dừng và vị trí lưu đỗ tàu, độ dốc dọc tuyến liên quan là độ dốc trung bình của đường ray trên toàn bộ chiều dài đoàn tàu, không phải giá trị cực đại cục bộ.

6.15 Chiều dài của đoạn dốc dọc không đổi L_g

Thường sẽ có một đoạn tuyến có độ dốc dọc không đổi giữa hai đường cong đứng.

Các đường cong đứng theo hướng ngược nhau (lõm và lồi) nên được bố trí cách nhau bằng các đoạn dốc trung gian dài, nhằm đảm bảo động học của phương tiện không gây ảnh hưởng đáng kể đến khoảng sáng gầm cũng như góc nghiêng theo phương dọc của các khớp nối và bộ truyền động.

Tuy nhiên, có thể cần ghép nối trực tiếp hai đường cong đứng với nhau, ví dụ như tại các ghi.

Giới hạn dưới cho chiều dài của đoạn dốc dọc không đổi $L_{g,lim}$ được xác định trong **Bảng 18**.

Bảng 18 – Giới hạn dưới cho chiều dài đường ray dốc không đổi $L_{g,lim}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m]	10	6
Giới hạn ngoại lệ [m]	0	0

6.16 Bán kính đứng R_v

Đường cong đứng thường được thiết kế dạng parabol (đa thức bậc hai) hoặc dạng đường cong tròn. Đường cong đứng thường được thiết kế không có đường cong chuyển tiếp. Do đó, trong tiêu chuẩn này, không có tiêu chí thiết kế cho đường cong chuyển tiếp trong trắc dọc.

LƯU Ý 1: Đường cong đứng trên đường rẽ của ghi có siêu cao có thể là một đa thức bậc cao hơn parabol.

Bán kính đứng tính toán $(R_v)_r$ cũng phụ thuộc vào sự kết hợp bán kính đường cong nằm R và siêu cao áp dụng D . Xem **Phụ lục B**. Các giới hạn trong **Bảng 19, 20 và 21** cũng áp dụng cho bán kính đứng tính toán $(R_v)_r$.

Ghi nên được lắp đặt tại các vị trí đường ray bằng phẳng, trên đoạn tuyến có độ dốc không đổi hoặc tại khu vực có bán kính đứng lớn. Các giới hạn dưới không phụ thuộc vận tốc đối với bán kính đứng $R_{v,lim}$ được quy định trong **Bảng 19**.

Bảng 19 – Giới hạn dưới cho bán kính đứng và bán kính đứng tính toán $R_{v,lim}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Chung, Giới hạn thông thường [m]	1 000	1 000
Chung, giới hạn ngoại lệ [m]	5 00	3 00
Tại đoạn vượt siêu cao, Giới hạn thông thường [m]	2 000	2 000
Tại đoạn vượt siêu cao, giới hạn ngoại lệ [m]	5 00	3 00
Ghi, đường cong lồi, Giới hạn thông thường [m]	5 000	5 000
Ghi, đường cong lõm, Giới hạn thông thường [m]	3 000	3 000
Ghi, giới hạn ngoại lệ [m]	1 000	1 000

LƯU Ý 2: Việc sử dụng các bán kính đứng đặc biệt sẽ ảnh hưởng đáng kể đến khoảng sáng gầm của các phương tiện sản phẩm, cũng như đến góc nghiêng dọc của các khớp nối và bộ truyền động. Tùy thuộc vào động học của phương tiện, việc đi vào/ra khỏi một đường cong đứng, cũng như các kết hợp cụ thể của các đường cong thẳng đứng, có thể có tác động nghiêm trọng hơn so với khi toàn bộ phương tiện nằm hoàn toàn trong đường cong đứng.

Khi ghi được lắp đặt trên đường cong đứng, phải đảm bảo rằng các bộ phận di động nằm trên tấm trượt. Giới hạn dưới cho bán kính đứng $R_{v,lim}$ là một hàm của bán kính đường cong nằm R được định tại **Bảng 20**.

Bảng 20 – Giới hạn dưới cho bán kính đứng $R_{v,lim}$ là một hàm của bán kính đường cong nằm R

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m]	5 000m / R	3 000m / R
Giới hạn ngoại lệ [m]	Như giới hạn ngoại lệ trong Bảng 19	Như giới hạn ngoại lệ trong Bảng 19

LƯU Ý 3: Sự kết hợp đường cong nằm và đường cong đứng ảnh hưởng đến khoảng hở trong của phương tiện, ví dụ tại các khớp nối hoặc tại khu vực tiếp giáp giữa giá chuyển hướng và thân toa xe. Đặc biệt, các góc của phần thân xe phía trên tại các khớp nối có dao động dọc (pitching articulations) sẽ dịch chuyển lại gần nhau hơn trong trường hợp tuyến kết hợp như vậy, từ đó làm hạn chế khả năng kết hợp giữa đường cong nằm và cong đứng. Điều này cũng áp dụng cho các bộ giảm chấn/khớp nối, v.v.

Bán kính đường cong đứng cho cả đường chính (plain track) và ghi phải tuân theo giới hạn dưới phụ thuộc vận tốc được xác định trong Công thức (8) và **Bảng 21**.

$$R_v \geq q_{Rv,lim} \cdot V^2 \quad (8)$$

Bảng 21 – Giới hạn dưới cho hệ số bán kính đứng $q_{Rv,lim}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [$m/(km \cdot h)^2$]	0,40	0,40
Giới hạn ngoại lệ [$m/(km \cdot h)^2$]	0,13	0,13

Tiêu chuẩn này không quy định giới hạn trên cho bán kính đứng. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn hiện hành có thể có giới hạn trên, liên quan đến khả năng của phần mềm thiết kế tuyến để xử lý các giá trị số rất lớn hoặc liên quan đến các khía cạnh thực tiễn khác. Không nên dùng bán kính đường cong đứng lớn hơn 99.999 m.

6.17. Chiều dài đường cong đứng L_v

Giới hạn dưới cho chiều dài đường cong đứng $L_{v,lim}$ được xác định trong **Bảng 22**.

Bảng 22 – Giới hạn dưới cho chiều dài đường cong đứng $L_{v,lim}$

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [m]	10	6
Giới hạn ngoại lệ [m]	0	0

6.18. Biến đổi đột ngột của độ dốc dọc tuyến Δp

Hai đoạn tuyến có độ dốc dọc không đổi thông thường không được nối trực tiếp với nhau mà không có đường cong đứng trung gian. Trong các trường hợp bị giới hạn không gian, có thể có biến đổi đột ngột của độ dốc dọc đường ray, ký hiệu là Δp . Độ lớn của biến đổi đột ngột độ dốc dọc tuyến Δp được xác định theo các quy tắc dấu quy định trong **Phụ lục D** (mang tính bắt buộc).

LƯU Ý: Nên sử dụng một đường cong đứng ngắn thay vì để xảy ra sự thay đổi đột ngột về độ dốc dọc tuyến.

Giới hạn trên cho biến đổi đột ngột độ dốc dọc tuyến Δp_{lim} được xác định trong **Bảng 23**.

Bảng 23 – Giới hạn trên cho biến đổi đột ngột độ dốc dọc tuyến trên đường chính (plain track)
(Δp_{lim})

Loại tuyến	A1435	B1435
Giới hạn thông thường [mm/m]	1,25	1,25
Giới hạn ngoại lệ [mm/m]	2,5	2,5

Bên trong bộ ghi được đặt tại vị trí tiếp tuyến mà tại đó có biến đổi đột ngột của độ dốc vượt siêu cao, sẽ xuất hiện sự thay đổi đột ngột tương ứng về độ dốc dọc tuyến đối với nhánh rẽ. Tuy nhiên, ảnh hưởng này có thể được bỏ qua vì đã được tính đến trong giới hạn trên của độ dốc vượt siêu cao.

Hai biến đổi đột ngột về độ dốc tuyến không nên bố trí quá gần nhau. Tuy nhiên, có thể chấp nhận việc bố trí này trên đường rẽ giữa hai cụm ghi. Khoảng cách giữa hai biến đổi đột ngột về độ dốc tuyến nên lớn hơn chiều dài của một đường cong đứng có bán kính quy định tại mục **6.16**, tạo ra cùng một tổng về thay đổi độ dốc tuyến.

Phụ lục A

(Quy định)

Các quy tắc chuyển đổi các giá trị tham số đối với các khổ đường sắt danh định khác với khổ đường 1 435 mm

A.1 Tổng quan

Phụ lục này quy định các quy tắc cần áp dụng để chuyển đổi các giá trị và giới hạn trong tiêu chuẩn đối với khổ đường sắt danh nghĩa khác 1 435 mm.

Đối với tất cả các khổ đường sắt, một tham số quan trọng là e , đại diện cho giá trị cơ sở để đo siêu cao. Đối với các khổ đường sắt khác 1 435 mm, cần xác định một tham số e_1 phù hợp với mạng lưới thực tế.

Từ quan điểm đo đạc, có thể thực tế hơn nếu xác định một giá trị xấp xỉ bằng khổ đường sắt cộng với chiều rộng đầu ray của loại ray được sử dụng phổ biến nhất. Giá trị số của e_1 cũng sẽ được sử dụng trong trường hợp có mở rộng khổ ray hoặc khi sử dụng các loại ray khác.

A.2 Kí hiệu và viết tắt

Trừ khi có chỉ dẫn khác, các ký hiệu và viết tắt trong Bảng A.1 sẽ được áp dụng cho Phụ lục A.

Bảng A.1 — Ký hiệu và viết tắt

STT	Ký hiệu	Diễn giải	Đơn vị
34	a_i, a_{i1}	gia tốc ngang bán tĩnh tại cao độ mặt đường ray, nhưng song song với sàn toa xe	m/s ²
35	a_q, a_{q1}	Gia tốc ngang không được bù trong mặt phẳng chạy	m/s ²
36	b	Chiều dài cơ sở của phương tiện	m
37	B, B_1	Khoảng cách ngang giữa các điểm treo lò xo tại một trục bánh xe	mm
38	$da_i/d_t, da_{i1}/d_t$	tốc độ biến thiên của gia tốc ngang bán tĩnh tại cao độ mặt đường ray, song song với sàn phương tiện	m/s ³
39	$dD/dS, dD_1/dS$	Độ dốc vuốt siêu cao	mm/m
40	$dD/dt, dD_1/dt$	tốc độ thay đổi của siêu cao	mm/s
41	$dI/dt, dI_1/dt$	tốc độ thay đổi của siêu cao thiếu	mm/s
42	D, D_1	Siêu cao áp dụng	mm
43	e, e_1	Giá trị cơ sở để đo siêu cao	mm
44	E, E_1	Siêu cao thừa	mm
45	H_s	lực ngang bán tĩnh do một trục bánh tác dụng lên đường ray	N
46	h_g	Chiều cao từ mặt trên của ray đến trọng tâm của xe	m
47	I, I_1	Siêu cao thiếu	mm
48	K, K_1	Hệ số độ cứng của hệ thống treo	N/m
49	$q_E, (q_E)_1$	Hệ số tính toán siêu cao cân bằng	mm·m/[(km/h) ²]
50	Q_N	lực thẳng đứng danh định bánh xe/ray	N
51	s_r	Hệ số mềm khi lắc, tương đương với hệ số mềm s quy định trong EN 15273-1	-
52	u	sự thay đổi của siêu cao áp dụng giữa các trục bánh được liên kết bởi hệ thống treo	-
53	W	Tỉ số e_1/e	-
54	$\Delta a_i, \Delta a_{i1}$	sự thay đổi đột ngột của gia tốc ngang bán tĩnh Δa_i	m/s ²
55	$\Delta D, \Delta D_1$	sự thay đổi siêu cao áp dụng trong đoạn chuyển tiếp	mm
56	$\Delta I, \Delta I_1$	Sự thay đổi siêu cao thiếu (và/hoặc siêu cao thừa) trong đoạn chuyển, hoặc tại vị trí thay đổi đột ngột bán kính cong	mm
57	$\Delta Q, \Delta Q_1$	Gia tăng lực bán tĩnh thẳng đứng giữa bánh xe và ray	N
58	φ, φ_1	Vận tốc quay	rad/s

Các tham số trong Bảng A.1 được ký hiệu với chỉ số 1 là các giá trị được chuyển đổi tương ứng cho khổ đường sắt danh nghĩa khác 1 435 mm.

A.3 Các giả thiết cơ bản và quy tắc tương đương

A.3.1 Quy định chung

Các điều kiện được xây dựng dựa trên cùng một tiêu chí đối với các khái niệm sau:

- Lực tác dụng lên đường ray và an toàn;
- Các khía cạnh kinh tế của việc bảo trì đường ray;
- Độ êm thuận chạy tàu và hệ số mềm khi lắc.

Giả thiết rằng :

- Hệ thống đường ray và chất lượng đường ray là tương đương đối với các khổ đường sắt danh định khác;
- Thành phần của phương tiện và sự bố trí trục bánh xe của chúng là tương đương; khối lượng, vị trí của trọng tâm, lò xo và giảm chấn; các giới hạn an toàn giống nhau được áp dụng đối với nguy cơ trật bánh;
- Cùng mức độ an toàn liên quan đến lực dịch chuyển đường ray sẽ đạt được bằng cách sử dụng các giá trị tương đương đối với H_s , và trong trường hợp trật bánh và lật toa, bằng cách sử dụng các giá trị lực thẳng đứng giảm tương đương, ΔQ , tác động lên bánh xe (là bánh xe dẫn hướng trong trường hợp trật bánh);
- Cùng mức độ mỗi đường ray sẽ đạt được nếu các giá trị H_s và Q được giữ nguyên;
- Cùng mức độ êm thuận cho hành khách sẽ đạt được nếu các giá trị của a_i , $\frac{da_i}{dt}$ và Δa_i được giữ nguyên.

A.3.2 Công thức cơ bản

Công thức (A.1) xét đến ảnh hưởng của siêu cao thiếu I đến Lực ngang bán tĩnh giữa một trục bánh và đường ray H_s :

$$H_s = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{I}{e} \quad (A.1)$$

Công thức (A.2) xấp xỉ ảnh hưởng của siêu cao thiếu I đến gia tăng lực thẳng đứng bán tĩnh bánh xe/đường ray ΔQ :

$$\Delta Q = 2 \cdot Q_N \cdot I \cdot \frac{h_g}{e^2} = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{a_q}{g} \cdot \frac{h_g}{e} \quad (A.2)$$

Trong trường hợp có siêu cao thừa, I được thay bằng E trong các Công thức (A.1) và (A.2) (xem 6.4).

Công thức (A.3) xấp xỉ ảnh hưởng của sự thay đổi chênh cao ray u đến gia tăng lực thẳng đứng bán tĩnh bánh xe/đường ray ΔQ :

$$\Delta Q = K \cdot \frac{u}{4} \cdot \left(\frac{B}{e}\right)^2 \quad (A.3)$$

Các Công thức (A.4) và (A.5) xấp xỉ ảnh hưởng của siêu cao thiếu I đến gia tốc ngang không, tương ứng tại mặt phẳng đường ray và bên trong thân xe,:

$$a_q = g \cdot \frac{I}{e} \quad (A.4)$$

$$a_i = (1 + s_r) \cdot a_q \quad (A.5)$$

A.3.3 Dữ liệu cơ bản

Giá trị của các tham số cho các khổ đường sắt danh định khác với 1 435 mm sẽ được ký hiệu bằng chỉ số 1. Mỗi hệ thống mạng lưới phải xem xét đến các giá trị cục bộ của e_1 và B_1 .

Một hệ số chuyển đổi thường dùng là W , được xác định theo Công thức (A.6):

$$W = \frac{e_1}{e} \quad (\text{A.6})$$

A.4 Quy tắc chuyển đổi chi tiết

A.4.1 Quy định chung

Các tiêu mục sau đây quy định quy tắc chuyển đổi cần được áp dụng, đối với từng tham số thiết kế tuyến đường.

A.4.2 Siêu cao D_1 (6.2)

Công thức (A.7) xác định mối quan hệ giữa vận tốc V , bán kính cong nằm R , siêu cao áp dụng D và siêu cao thiếu I :

$$q_e \cdot \frac{V^2}{R} = D + I \quad (\text{A.7})$$

Hệ số q_e dùng để tính siêu cao cân bằng có thể được xác định từ Công thức (A.8) và (A.9):

$$(q_e)_1 = \frac{e_1}{(q_v)^2 \cdot g} \quad (\text{A.8})$$

$$q_e = \frac{e}{(q_v)^2 \cdot g} \quad (\text{A.9})$$

Trong đó:

$$q_v = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s) và}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Kết hợp các công thức (A.8) và (A.9) cho ra Công thức (A.10), công thức này phải được sử dụng cùng với các giá trị tương ứng của siêu cao áp dụng và siêu cao thiếu cho giá trị khổ đường sắt danh định đã được hiệu chỉnh, D_1 và I_1 :

$$(q_e)_1 = W \cdot q_e \quad (\text{A.10})$$

a. An toàn:

- 1) Lực dịch chuyển đường ray: Không áp dụng.
- 2) Trật bánh và lật tàu: Các lực thẳng đứng giảm ΔQ tác dụng lên ray cao (trong trường hợp tàu đang dừng hoặc chạy với vận tốc thấp) có thể được tính toán theo Công thức (A.11) và (A.12):

$$\Delta Q_1 = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{D_1}{e_1} \cdot \frac{h_g}{e_1} \quad (\text{A.11})$$

$$\Delta Q = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{D}{e} \cdot \frac{h_g}{e} \quad (\text{A.12})$$

Giả thiết cùng một mức giảm lực thẳng đứng bánh xe/đường ray, $\Delta Q_1 = \Delta Q$, và cùng một góc lắc ngang của mặt phẳng đường ray, $D_1/e_1 = D/e$, thì áp dụng Công thức (A.13):

$$D_1 = W \cdot D \quad (\text{A.13})$$

Giới hạn siêu cao như một hàm của bán kính cong nằm R được xác định bởi Công thức (A.14):

$$D_{1R,\text{lim}} = W \cdot D_{R,\text{lim}} \quad (\text{A.14})$$

b. Tiêu chí mỗi đường ray:

- 1) Lực thẳng đứng bổ sung tác dụng lên ray thấp (vận tốc thấp) ΔQ có thể được ước tính theo các Công thức (A.11) và (A.12). Do đó, Công thức (A.13) được áp dụng cho tiêu chí này.
- 2) Lực ngang bán tĩnh do một trục bánh xe tác động lên đường ray (vận tốc thấp) H_S có thể được tính toán bằng các Công thức (A.15) và (A.16):

$$H_{S1} = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{D_1}{e_1} \quad (\text{A.15})$$

$$H_S = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{D}{e} \quad (\text{A.16})$$

Giả thiết Lực ngang bán tĩnh như nhau, $H_{S1} = H_S$, thì Công thức (A.17) áp dụng:

$$D_1 = W \cdot D \quad (\text{A.17})$$

c. Độ êm thuận của tàu chạy đối với hành khách:

Gia tốc ngang trong thân xe (vận tốc thấp) a_i có thể được tính toán bằng Công thức (A.18) và (A.19):

$$a_{i1} = (1 + s_{r1}) \cdot a_{q1} = (1 + s_{r1}) \cdot g \cdot \frac{D_1}{e_1} \quad (\text{A.18})$$

$$a_{i1} = (1 + s_r) \cdot a_q = (1 + s_r) \cdot g \cdot \frac{D}{e} \quad (\text{A.19})$$

Giả thiết gia tốc ngang trong thân xe là như nhau, $a_{i1} = a_i$, thì áp dụng Công thức (A.20):

$$D_1 = \frac{1+s_r}{1+s_{r1}} \cdot W \cdot D \quad (\text{A.20})$$

Với $s_r = s_{r1}$, Công thức (A.20) có thể đơn giản thành công thức (A.21):

$$D_1 = W \cdot D \quad (\text{A.21})$$

d. Quy tắc chuyển đổi giá trị:

Các giới hạn bình thường và giới hạn ngoại lệ của siêu cao áp dụng, không phụ thuộc vào bán kính cong nằm, D_{lim} trong mục 6.2 phải được nhân với hệ số W .

Các giới hạn bình thường của siêu cao áp dụng là hàm của bán kính cong nằm, $D_{R,\text{lim}}$ trong mục 6.2 sẽ được nhân với W^2 .

Đối với các đường ray dọc theo ke ga hành khách, bất kỳ giới hạn bổ sung về siêu cao cũng sẽ là

$$\frac{1+s_r}{1+s_{r1}} \cdot W \cdot D. \text{ Với } s_{r1} = s_r, \text{ giới hạn đó sẽ là: } W \cdot D$$

A.4.3 Siêu cao thiếu I_1 (6.3)

Siêu cao thiếu đối với khổ đường sắt danh định khác 1 435 mm, I_1 có thể được tính toán bằng Công thức (A.22):

$$I_1 = (q_{e1}) \cdot \frac{V^2}{R} - D_1 = W \cdot I \quad (\text{A.22})$$

a) An toàn:

1) lực ngang bán tĩnh do bánh xe tác dụng lên đường ray H_S (lực dịch chuyển đường ray) có thể được tính toán bằng các Công thức (A.23) và (A.24):

$$H_{S1} = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{I_1}{e_1} \quad \text{Kiểm tra HS1} \quad (\text{A.23})$$

$$H_S = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{I}{e} \quad (\text{A.24})$$

Giả thiết lực ngang bán tĩnh là như nhau, $H_{S1} = H_S$, áp dụng Công thức (A.25):

$$I_1 = W \cdot I \quad (\text{A.25})$$

2) Trật bánh và lật đổ:

Nguy cơ trật bánh và lật được giả định là được loại trừ bằng cùng tiêu chí như với các lực ngang bán tĩnh, do đó áp dụng các Công thức (A.22), (A.23) và (A.24) cho tiêu chí này.

b) Tiêu chí mỗi đường ray:

Cùng một mức độ mỗi được áp dụng cho các giá trị giống nhau của H_S , do đó cũng áp dụng các Công thức (A.22), (A.23) và (A.24) cho tiêu chí này.

c) Sự thoải mái khi của hành khách đi tàu

Gia tốc ngang trong thân xe a_i có thể được tính toán bằng các Công thức (A.26) và (A.27):

$$a_{i1} = (1 + s_{r1}) \cdot a_q = (1 + s_{r1}) \cdot g \cdot \frac{I_1}{e_1} \quad (\text{A.26})$$

$$a_i = (1 + s_r) \cdot a_q = (1 + s_r) \cdot g \cdot \frac{I}{e} \quad (\text{A.27})$$

Giả thiết gia tốc ngang trong thân xe là như nhau, $a_{i1} = a_i$, thì áp dụng Công thức (A.28):

$$I_1 = \frac{1+s_r}{1+s_{r1}} \cdot W \cdot I \quad (\text{A.28})$$

Với $s_r = s_{r1}$, Công thức (A.27) có thể được đơn giản thành Công thức:

$$I_1 = W \cdot I \quad (\text{A.29})$$

d) Quy tắc chuyển đổi giá trị:

Giới hạn bình thường và giới hạn ngoại lệ đối với siêu cao thiếu I_{lim} trong mục 6.3 được nhân với hệ số W .

A.4.4 Siêu cao thừa E_1 (6.4)

Siêu cao thừa được xác định theo công thức (A.30) trên đường cong nằm và Công thức (A.31) trên đoạn đường thẳng:

$$E_1 = -I_1 \quad (\text{A.30})$$

$$E_1 = D_1 \quad (\text{A.31})$$

Tham số này chủ yếu ảnh hưởng đến sự mỏi đường ray và cụ thể là sự gia tăng lực thẳng đứng tác dụng lên ray thấp hơn ΔQ . Tuy nhiên, nó cũng ảnh hưởng đến lực ngang H_s và gia tốc ngang của thân xe a_i .

Quy tắc chuyển đổi giá trị:

Giới hạn thông thường và giới hạn ngoại lệ đối với siêu cao thừa trong mục 6.4 phải được nhân với hệ số W .

A.4.5 Chiều dài đoạn vuốt siêu cao L_D và đường cong chuyển tiếp trên mặt bằng L_K (6.5)

Giới hạn dưới thông thường đối với chiều dài đoạn vuốt siêu cao và đường cong chuyển tiếp là 10 m, giới hạn đặc biệt là 0 m.

Chiều dài của đường cong chuyển tiếp phải tuân thủ theo các Công thức (A.32), (A.33), (A.34), cũng như các mục A.4.6, A.4.7 và A.4.8:

$$L_D \geq \Delta D_1 \cdot \left(\frac{dD_1}{ds} \right)_{\text{lim}}^{-1} \quad (\text{A.32})$$

$$L_D \geq \frac{v}{q_v} \cdot \Delta D_1 \cdot \left(\frac{dD_1}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1} \quad (\text{A.33})$$

$$L_K \geq \frac{v}{q_v} \cdot \Delta I_1 \cdot \left(\frac{dI_1}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1} \quad (\text{A.34})$$

Công thức (A.34) giả định rằng mọi đoạn cong vuốt siêu cao đều trùng với đường cong chuyển tiếp, tức là $L_K = L_D$ và các Công thức (A.32), (A.33), (A.34) đều giả định rằng các đặc tính toán học là không đổi trên toàn bộ chiều dài. Nếu không, các đoạn cong chuyển tiếp và các đoạn vuốt siêu cao phải được chia nhỏ (với các đặc tính không đổi) để đánh giá riêng biệt.

A.4.6 Độ dốc vuốt siêu cao dD_1/dt (6.6)

Giới hạn cho tham số này liên quan đến an toàn chạy tàu xét theo nguy cơ trật bánh do leo lên của vành bánh xe. Mức độ an toàn đối với nguy cơ trật bánh sẽ đạt được tương đương mức giảm lực thẳng đứng tác dụng lên bánh xe dẫn hướng. Tỷ lệ $\frac{dD}{ds}$ đại diện cho độ biến thiên trung bình của siêu cao theo chiều dài cơ sở phương tiện b (trong đó b là khoảng cách giữa các trục bánh xe đối với phương tiện hai trục, đối với phương tiện có giá chuyển hướng b được xác định riêng là khoảng cách giữa các trục của giá chuyển hướng và khoảng cách giữa các tâm quay của giá chuyển hướng). Độ giảm lực thẳng đứng giữa bánh xe/ray ΔQ tương ứng với $u = b \cdot \frac{dD}{ds}$ được tính theo Công thức (A.35) và (A.36):

$$\Delta Q_1 = K_1 \cdot \frac{b}{4} \cdot \frac{dD_1}{ds} \cdot \left(\frac{B_1}{e_1} \right)^2 \quad (\text{A.35})$$

$$\Delta Q = K_1 \cdot \frac{b}{4} \cdot \frac{dD}{ds} \cdot \left(\frac{B}{e} \right)^2 \quad (\text{A.36})$$

Giả định rằng độ giảm lực thẳng đứng giữa bánh xe và ray là như nhau, $\Delta Q_1 = \Delta Q$, áp dụng Công thức (A.37):

$$\frac{dD_1}{ds} = W^2 \cdot \left(\frac{B}{B_1}\right)^2 \cdot \frac{dD}{ds} \quad (\text{A.37})$$

CHÚ THÍCH 1 Có thể giá trị của tham số B thay đổi theo cùng chiều với giá trị của tham số e .

Nguyên tắc chuyển đổi giới hạn:

Giới hạn thông thường cho độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\lim}$ trong mục 6.6 phải được nhân với $W^2 \cdot \left(\frac{B}{B_1}\right)^2$.

Mọi thay đổi từ B sang B_1 cần phải được tính đến theo Công thức (A.38):

$$B_1 = e_1 + 500 \text{ mm} \quad (\text{A.38})$$

A.4.7 Tốc độ biến đổi siêu cao dD_1/dt (6.7)

Quy tắc chuyển đổi giới hạn cho tốc độ biến đổi siêu cao được dựa trên mức độ thoải mái của hành khách.

Vận tốc quay (roll velocity) của thân xe φ , do tốc độ biến đổi siêu cao $\frac{dD}{dt}$, có thể được tính bằng các Công thức (A.39) và (A.40):

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{\left(\frac{dD_1}{dt}\right)}{e_1} \quad (\text{A.39})$$

$$\dot{\varphi} = \frac{\left(\frac{dD}{dt}\right)}{e} \quad (\text{A.40})$$

CHÚ THÍCH 1 Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\frac{dI}{dt}$ và hệ số mềm dẻo khi quay s_r cũng ảnh hưởng đến vận tốc quay. Yếu tố này đã được tính đến trong các giới hạn về tốc độ biến đổi của siêu cao thiếu.

Giả thiết vận tốc quay, $\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}$, áp dụng Công thức (A.41) sau:

$$\frac{dD_1}{dt} = W \cdot \frac{dD}{dt} \quad (\text{A.41})$$

Nguyên tắc chuyển đổi giá trị:

Giới hạn thông thường và giới hạn đặc biệt cho tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\lim}$ trong mục 6.7 phải được nhân với W .

A.4.8 Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu dI_1/dt (6.8)

Quy tắc chuyển đổi giới hạn cho tốc độ biến đổi siêu cao thiếu được dựa trên sự thoải mái của hành khách. xung gia tốc ngang trong thân xe $\frac{da_q}{dt}$ có thể được tính theo công thức (A.42) và (A.43):

$$\frac{da_{i1}}{dt} = (1 + s_{r1}) \cdot \frac{da_{q1}}{dt} = (1 + s_{r1}) \cdot \frac{dI_1}{e_1} \cdot g \quad (\text{A.42})$$

$$\frac{da_i}{dt} = (1 + s_r) \cdot \frac{da_q}{dt} = (1 + s_r) \cdot \frac{dI}{e} \cdot g \quad (\text{A.43})$$

Giả thiết xung gia tốc ngang là như nhau, $\frac{da_{q1}}{dt} = \frac{da_q}{dt}$, áp dụng Công thức (A.44):

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{1+s_r}{1+s_{r1}} \cdot W \cdot \frac{dI}{dt} \quad (\text{A.44})$$

Nếu $s_{r1} = s_r$, Công thức (A.42) có thể rút gọn thành công thức (A.45):

$$\frac{dI_1}{dt} = W \cdot \frac{dI}{dt} \quad (\text{A.45})$$

Trường hợp đường cong chuyển tiếp có chiều dài dưới tiêu chuẩn theo tiêu chí $\frac{dI}{dt}$, thì tiêu chí này có thể được thay thế bằng tiêu chí độ thay đổi của siêu cao thiếu trên toàn chiều dài phải nhỏ hơn giới hạn trên của sự thay đổi đột ngột siêu cao thiếu ΔI_1 , như đã nêu tại mục A.4.9.

Quy tắc chuyển đổi giá trị:

Các giới hạn thông thường và giới hạn đặc biệt cho tốc độ thay đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ trong mục 6.8 phải được nhân với hệ số W .

A.4.9 Biến đổi đột ngột của độ cong và biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI_1 (Mục 6.10 và 6.11)

Quy tắc chuyển đổi giới hạn cho biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu được dựa trên độ thoải mái của hành khách.

Độ thoải mái của hành khách sẽ như nhau với các giá trị biến đổi đột ngột của gia tốc Δa_i như nhau, theo Công thức (A.46):

$$\Delta I_1 = \frac{1+s_r}{1+s_{r1}} \cdot W \cdot \Delta I \quad (\text{A.46})$$

Với $s_{r1} = s_r$, Công thức (A.45) có thể được rút gọn thành Công thức (A.47):

$$\Delta I_1 = W \cdot \Delta I \quad (\text{A.47})$$

Quy tắc chuyển đổi giá trị:

Các giới hạn thông thường và giới hạn đặc biệt cho biến đổi đột ngột siêu cao thiếu ΔI_{lim} trong mục 6.11 sẽ được nhân với W .

A.4.10 Các tham số khác (Các mục 6.1, 6.9, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17 và 6.18)

Các giới hạn của các tham số này không phụ thuộc vào khổ đường sắt danh nghĩa. Các giới hạn thông thường và đặc biệt được nêu trong phần chính của tiêu chuẩn này (các mục 6.1, 6.9, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17 và 6.18) cũng được áp dụng cho các khổ đường sắt danh nghĩa khác.

Phụ lục B

(Quy định)

Hình học đường ray ba chiều xét theo độ dốc siêu cao tương đương và bán kính cong đứng tương đương

B.1 Các lưu ý chung về hình học đường ray ba chiều

Khi một phương tiện đường sắt di chuyển trên đường ray có độ dốc dọc tuyến p và/hoặc siêu cao D , các hướng chuyển động dọc, ngang và thẳng đứng đối với bộ phận chạy của phương tiện sẽ khác so với các hướng trong hệ tọa độ gắn với Trái Đất. Do đó, các chuyển động quay quanh ba trục này trong hệ quy chiếu của phương tiện cũng sẽ khác so với các chuyển động quay trong hệ tọa độ gắn với trái đất.

Chuyển động quay quanh trục dọc (lăn) tương ứng với độ xoắn của đường ray và độ dốc siêu cao $\frac{dD}{ds}$, chuyển động quay quanh trục ngang (chồm) tương ứng với bán kính cong đứng R_v , chuyển động quay quanh trục đứng (quay) tương ứng với bán kính cong nằm R .

Đối với các hệ thống đường sắt đô thị, bán kính cong nằm có thể nhỏ hơn và độ dốc dọc tuyến có thể cao hơn so với các hệ thống đường sắt truyền thống. Do đó, độ xoắn của đường ray và bán kính cong đứng đối với hệ quy chiếu phương tiện có thể khác biệt đáng kể so với các giá trị được xác định trong hệ tọa độ gắn với trái đất. Sự uốn và xoắn của các thành phần đường ray cũng bị ảnh hưởng tương tự.

Phụ lục quy định này xác định hai trường hợp quan trọng nhất (độ dốc siêu cao tương đương và bán kính cong đứng tương đương) và quy định các phương trình xấp xỉ.

B.2 Độ xoắn góc T_A và độ dốc siêu cao tương đương $(dD/ds)_r$

B.2.1 Tính toán độ dốc siêu cao tương đương $(dD/ds)_r$ trong trường hợp siêu cao được tạo bằng cách nâng một ray lên $D/2$ và hạ ray kia xuống $D/2$

Khi một đường cong có bán kính cong nằm R nhỏ, kết hợp với độ dốc dọc tuyến p lớn, độ xoắn của đường ray đối với hệ quy chiếu phương tiện sẽ không giống với độ dốc vượt siêu cao thiết kế $\frac{dD}{ds}$.

Độ dốc vượt siêu cao mà phương tiện cảm nhận, tức là độ dốc vượt siêu cao tương đương, là tổng hợp của hai thành phần, một là độ dốc vượt siêu cao thiết kế $\frac{dD}{ds}$, thành phần kia là ảnh hưởng của sự kết hợp giữa bán kính cong nằm nhỏ R và độ dốc dọc tuyến lớn p .

Sự kết hợp giữa bán kính cong nằm và độ dốc dọc tuyến tạo ra một dạng xoắn ốc của đường ray với độ dốc siêu cao tương đương $(\frac{dD}{ds})_r$, ngay cả khi không có độ dốc vượt siêu cao thiết kế, tức là $\frac{dD}{ds} = 0$.

Trong phụ lục quy định này, độ xoắn góc T_A được sử dụng để tính độ dốc vượt siêu cao mà phương tiện cảm nhận, $(\frac{dD}{ds})_r$. Độ xoắn góc là đạo hàm của góc lăn của đường ray theo khoảng cách dọc. Góc lăn được xác định trong hệ tọa độ có độ dốc dọc tuyến p trong hệ tọa độ gắn với Trái Đất.

Việc tính toán được thực hiện cho các trường hợp khi siêu cao D được tạo ra bằng cách nâng một ray lên $\frac{D}{2}$ và hạ ray kia xuống $\frac{D}{2}$.

Độ xoắn góc được xác định bởi Công thức gần đúng (B.1):

$$T_A = \frac{1}{e} \cdot \frac{dD}{ds} - \frac{p}{R} \quad (\text{B.1})$$

trong đó $\frac{dD}{ds}$ là độ dốc vượt siêu cao thiết kế, p là độ dốc dọc của đường ray, R là bán kính cong nằm, e là giá trị cơ sở để đo siêu cao.

Công thức (B.1) giả định rằng siêu cao áp dụng đang tăng (nếu không, $\frac{dD}{ds}$ phải được chèn với dấu âm) và độ dốc dọc tuyến đi lên (nếu không, p phải được chèn với dấu âm).

Công thức (B.1) cũng áp dụng cho các đoạn có độ dốc dọc trùng với đường cong nằm mà không có đoạn vượt siêu cao thiết kế (tức là $\frac{dD}{ds} = 0$).

Sự kết hợp giữa độ dốc dọc tuyến đi lên và siêu cao giảm (hoặc độ dốc dọc tuyến đi xuống với siêu cao tăng) làm tăng cường tác động của nhau, từ đó làm gia tăng độ xoắn đường tương đương.

Độ xoắn góc T_A có thể được chuyển đổi thành độ vượt dốc siêu cao tương đương $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$ bằng cách nhân công thức gần đúng (B.1) với e , xem công thức (B.2):

$$\left(\frac{dD}{ds}\right)_r = T_A \cdot e \quad (\text{B.2})$$

B.2.2 Tính toán độ dốc vượt siêu cao tương đương $(dD/ds)_r$ trong trường hợp siêu cao được tạo bằng cách nâng một ray lên toàn bộ giá trị D

Khi siêu cao được tạo bằng cách nâng một ray lên toàn bộ giá trị D , thì đối với phương tiện đường trung tâm giữa hai ray được nâng lên $\frac{D}{2}$. Do đó, độ dốc dọc tuyến tương đương đối với phương tiện, ký hiệu là p_r , sẽ được tính theo công thức (B.3):

$$p_r = p + 0,5 \cdot \frac{dD}{ds} \quad (\text{B.3})$$

Công thức (B.3) giả định rằng siêu cao áp dụng đang tăng (nếu không thì $\frac{dD}{ds}$ phải được chèn với dấu âm) và độ dốc dọc tuyến đi lên (nếu không thì p cũng phải chèn dấu âm).

Giá trị p_r sẽ thay thế cho giá trị p trong công thức (B.1).

B.3 Bán kính cong đứng tương đương $(R_v)_r$

Khi bán kính cong nằm R được kết hợp với siêu cao áp dụng D , bán kính cong đứng đối với phương tiện sẽ không giống với bán kính cong đứng thiết kế R_v trong hệ tọa độ gắn với Trái Đất.

Trong trường hợp này, độ cong thẳng đứng đối với phương tiện là tổng của hai thành phần: một là độ cong thẳng đứng (phát sinh từ bán kính cong đứng thiết kế R_v) của tâm đường ray, và thành phần kia là “hiệu ứng hình nón” – tức là tâm đường ray và các thanh ray của một đoạn cong có siêu cao cùng nằm trên bề mặt của một hình nón.

Mặt cắt hình nón, vuông góc với tâm đường ray, có dạng hình hyperbol với bán kính tại đỉnh được xác định theo Công thức (B.5), đây là giá trị xấp xỉ của bán kính cong đứng.

Khi siêu cao áp dụng D là dương, độ cong đứng do hiệu ứng hình nón gây ra luôn có dạng lõm. Trong một số trường hợp đặc, khi siêu cao áp dụng D là âm, hình dạng của độ cong đứng do hình nón gây ra sẽ là lồi.

Tiểu mục này giới thiệu bán kính cong đứng tương đương $(R_v)_r$ nhằm định lượng sự kết hợp giữa các cong đứng và hiệu ứng hình nón.

Sự kết hợp giữa bán kính cong nằm R và siêu cao áp dụng D sẽ dẫn đến một bán kính cong đứng tương đương $(R_v)_r$, ngay cả khi không có bán kính cong đứng thiết kế R_v .

Công thức (B.4) và công thức gần đúng (B.5) định lượng hai thành phần độ cong:

$$\left(\frac{1}{R_v}\right)_1 = \frac{1}{R_v} \quad (\text{B.4})$$

$$\left(\frac{1}{R_v}\right)_2 = \frac{D}{e} \cdot \frac{1}{R} \quad (\text{B.5})$$

Trong đó R_v là bán kính cong đứng thiết kế, D là siêu cao áp dụng, R là bán kính cong nằm, e là giá trị cơ sở để đo siêu cao.

Bán kính cong đứng tương đương $(R_v)_r$ được tính bằng cách cộng hai thành phần độ cong trong công thức (B.4) và (B.5), theo công thức (B.6):

$$(R_v)_r = \left(\left(\frac{1}{R_v}\right)_1 + \left(\frac{1}{R_v}\right)_2 \right)^{-1} \quad (\text{B.6})$$

Các công thức (B.4) và (B.6) giả định rằng đường cong đứng với bán kính R_v là một đường cong lõm (nếu không thì R_v phải được đưa vào với dấu âm).

CHÚ THÍCH Bán kính cong đứng tương đương ảnh hưởng đến các góc quay quanh trục ngang giữa thân xe và bộ phận chạy, cũng như tại các khớp nối thân xe. Ngoài ra, đại lượng này còn ảnh hưởng đến khoảng sáng gầm xe

Phụ lục C

(Tham khảo)

Mối quan hệ giữa siêu cao thiếu, gia tốc ngang không bù và các tham số liên quan**C.1 Giới thiệu**

Khi phương tiện chạy trên đường cong nằm, sẽ xuất hiện một gia tốc ngang a_y tác động lên nó, có thể tính theo công thức (C.1):

$$a_y = \frac{v^2}{R} = \frac{(V/q_v)^2}{R} \quad (C.1)$$

trong đó:

a_y : gia tốc ngang [m/s^2],

v : vận tốc của phương tiện [m/s],

V : vận tốc của phương tiện [km/h],

$q_v = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$, và

R : bán kính đường cong nằm [m].

Gia tốc ngang a_y có thể được giảm xuống thành gia tốc ngang không bù a_{yD} bằng cách bố trí độ dốc ngang của kết cấu phần trên đường, tức là xoay đường ray quanh trục dọc của nó với một góc nghiêng r_x . Gia tốc ngang không bù a_{yD} có thể được tính theo công thức (C.2):

$$a_{yD} = a_y \cdot \cos(r_x) - a_z \cdot \sin(r_x) \quad (C.2)$$

trong đó:

a_{yD} : gia tốc ngang không bù [m/s^2],

a_y : gia tốc ngang [m/s^2],

a_z : gia tốc thẳng đứng [m/s^2], và

r_x : góc nghiêng của đường ray [rad].

Gia tốc thẳng đứng a_z là gia tốc trọng trường cộng (hoặc trừ) thành phần thẳng đứng của các gia tốc do bán kính cong đứng gây ra (nếu có).

C.2 Siêu cao áp dụng và góc nghiêng

Siêu cao áp dụng D được định nghĩa là sự chênh lệch cao độ giữa hai ray chạy, tại một mặt cắt ngang xác định của đường ray. Để tính góc nghiêng r_x , ta cần giá trị cơ sở để đo siêu cao, tức là khoảng cách ngang e giữa hai điểm được dùng để đo độ cao.

Khi siêu cao D được tạo ra bằng cách nâng đường ray ngoài lên toàn bộ so với cao độ thẳng đứng được tính toán của đường ray, đây là phương án phổ biến nhất, thì áp dụng Công thức (C.3). Khi siêu cao D được áp dụng bằng cách nâng ray ngoài lên $\frac{D}{2}$ và hạ đường ray trong xuống $\frac{D}{2}$ so với cao độ thẳng đứng được tính toán, thì Công thức (C.4) được áp dụng.

$$r_x = \arcsin\left(\frac{D}{e}\right) \quad (\text{C.3})$$

$$r_x = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{D/2}{e}\right) \quad (\text{C.4})$$

trong đó:

r_x : góc nghiêng của đường ray [rad],

D : siêu cao áp dụng [mm], và

e : giá trị cơ sở để đo siêu cao [mm].

Đối với các tuyến loại A1435 và B1435, khoảng cách cơ sở để đo siêu cao là 1 500 mm. Đối với các mạng lưới sử dụng khổ đường sắt khác, cần xác định khoảng cách cơ sở để đo siêu cao phù hợp và các giới hạn đối với các tham số tuyến khác nhau cần được xác định lại theo Phụ lục A (quy định).

C.3 Siêu cao cân bằng

Siêu cao cân bằng D_{EQ} được định nghĩa là giá trị siêu cao tại một vận tốc nhất định sao cho hợp lực tác động lên phương tiện có phương vuông góc với mặt phẳng chạy. Điều đó có nghĩa là gia tốc ngang a_y được triệt tiêu hoàn toàn, tức là gia tốc ngang không bù a_{yD} bằng 0.

Trong tiêu chuẩn này, công thức tính siêu cao cân bằng được đơn giản hóa (dựa trên xấp xỉ góc nhỏ) và được xác định theo Công thức (C.5):

$$D_{EQ} = q_E \cdot V^2 / R \quad (\text{C.5})$$

trong đó:

D_{EQ} : siêu cao cân bằng [mm]

q_E : hệ số tính toán siêu cao cân bằng [mm·m/(km/h)²]

V : vận tốc phương tiện [km/h]

R : bán kính cong nằm [m]

Vì ảnh hưởng của gia tốc thẳng đứng thường là nhỏ, nên trong phạm vi áp dụng tiêu chuẩn này, các giá trị của hệ số q_E được xác định mà không xét đến gia tốc thẳng đứng do các đường cong đứng gây ra (nếu có), và chỉ tính gia tốc trọng trường g . Công thức (C.6) quy định giá trị áp dụng cho các tuyến loại A1435 và B1435.

$$q_E = \frac{e}{g \cdot q_v^2} = \frac{1500 \text{ mm}}{g \cdot q_v^2} = 11,8 \text{ mm.m/(km/h)}^2 \quad (\text{C.6})$$

trong đó:

q_E : hệ số tính toán siêu cao cân bằng [mm·m/(km/h)²],

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

e : giá trị cơ sở để đo siêu cao [mm], và

$q_v = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$

C.4 Siêu cao thiếu và gia tốc ngang không bù

Trên hầu hết các đoạn đường cong, siêu cao áp dụng D thường nhỏ hơn siêu cao cân bằng D_{EQ} ứng với vận tốc cho phép V . Siêu cao thiếu I được xác định theo công thức (C.7):

$$I = D_{EQ} - D = q_E \cdot \frac{V^2}{R} - D \quad (C.7)$$

Trong đó:

I : Siêu cao thiếu [mm],

D_{EQ} : siêu cao cân bằng [mm],

D : siêu cao áp dụng [mm],

q_E : hệ số tính toán siêu cao cân bằng [mm·m/(km/h)²],

V : vận tốc phương tiện [km/h], và

R : bán kính cong nằm [m].

Khi siêu cao thiếu I có giá trị dương, gia tốc ngang a_y chưa được triệt tiêu hoàn toàn bởi siêu cao áp dụng D . Khi đó sẽ còn lại một phần gia tốc ngang không bù a_{yD} . Mối quan hệ giữa siêu cao thiếu I và gia tốc ngang không bù a_{yD} có thể được xấp xỉ theo công thức (C.8) đối với các tuyến loại A1435 và B1435.

$$\frac{I}{a_{yD}} = q_E \cdot (q_v)^2 = 153 \text{ mm/(m/s}^2\text{)} \quad (C.8)$$

trong đó:

I là siêu cao thiếu [mm],

a_{yD} là gia tốc ngang không bù [m/s²],

D là siêu cao áp dụng [mm],

q_E là hệ số tính toán siêu cao cân bằng [mm·m/(km/h)²], và

$q_v = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$

C.5 Ứng dụng

Siêu cao áp dụng D gần như tỷ lệ thuận với góc nghiêng của kết cấu đường ray, và siêu cao thiếu I gần như tỷ lệ thuận với gia tốc ngang không bù a_{yD} , với điều kiện là giá trị cơ sở để đo siêu cao e không đổi (tức là không thay đổi độ mở rộng khổ đường ray, v.v.). Do đó, sự biến đổi đột ngột của Siêu cao thiếu ΔI gần như tỷ lệ thuận với sự biến đổi đột ngột của gia tốc ngang không bù.

Tương tự, các đạo hàm theo thời gian – tức là tốc độ biến đổi của siêu cao dD/dt và tốc độ biến đổi của siêu cao thiếu dI/dt – gần như tỷ lệ thuận với vận tốc xoay (trong trường hợp siêu cao áp dụng không cố định) và xung gia tốc ngang không bù (tức đạo hàm theo thời gian của gia tốc ngang không bù).

Các mối quan hệ này cũng áp dụng cho những trường hợp ít phổ biến hơn, khi ray bên trong cao hơn ray bên ngoài (siêu cao âm) và khi siêu cao áp dụng D cao hơn siêu cao cân bằng D_{EQ} (siêu cao thiếu âm I , còn gọi là siêu cao thừa E).

Khi sử dụng siêu cao áp dụng D và siêu cao thiếu I làm các tham số thiết kế, với một bình đồ tuyến và vận tốc tàu nhất định, việc giảm một tham số sẽ dẫn đến việc tăng tham số còn lại với đúng cùng

một giá trị (do siêu cao cân bằng D_{EQ} là đã cho trước). Điều này cũng đúng với tốc độ biến đổi của siêu cao dD/dt và tốc độ biến đổi của siêu cao thiếu dI/dt (vì tổng của hai tham số này là cố định). Điều này giúp đơn giản hóa quá trình thiết kế và kiểm tra thiết kế.

Trong tiêu chuẩn này, các giới hạn được quy định cho siêu cao áp dụng D , siêu cao thiếu I , sự biến đổi đột ngột của siêu cao thiếu ΔI , tốc độ biến đổi của siêu cao dD/dt và tốc độ biến đổi của siêu cao thiếu dI/dt . Vì vậy, không cần thiết lập giới hạn riêng cho góc quay của kết cấu tầng trên, gia tốc ngang không bù a_{yD} , sự biến đổi đột ngột của gia tốc ngang không bù, vận tốc quay, và xung gia tốc ngang không bù.

Phụ lục D

(Quy định)

Quy tắc dấu để tính toán ΔD , ΔI và Δp **D.1 Quy định chung về quy tắc dấu**

Trong hầu hết các tiêu chuẩn về thiết kế tham số hình học tuyến đường sắt, các quy tắc và giới hạn thông thường được đưa ra mà không có quy tắc dấu phân biệt giữa đường cong bên phải và bên trái, cũng như độ dốc lên hoặc xuống của tuyến đường. Cách tiếp cận tương tự được sử dụng trong tiêu chuẩn này.

Phụ lục này quy định quy tắc để tính toán sự chênh lệch của các tham số nói trên.

D.2 Quy tắc dấu để tính toán ΔD

ΔD là sự biến đổi siêu cao trên chiều dài đoạn vượt siêu cao L_D . Trường hợp phổ nhất, khi ray bên trái luôn là ray cao hoặc ray thấp, sự biến đổi siêu cao ΔD sẽ được tính theo công thức (D.1). Trường hợp ít gặp hơn, khi ray bên trái là ray cao ở một đầu và ray thấp ở đầu còn lại, sự biến đổi siêu cao ΔD sẽ được tính theo công thức (D.2):

$$\Delta D = ||D_2| - |D_1|| \quad (D.1)$$

$$\Delta D = |D_2| + |D_1| \quad (D.2)$$

trong đó

D_1 : Siêu cao áp dụng tại điểm bắt đầu đoạn chuyển tiếp siêu cao [mm], và

D_2 : Siêu cao áp dụng tại đầu kết thúc đoạn chuyển tiếp siêu cao [mm].

Việc áp dụng các công thức (D.1) và (D.2) giả định rằng các đặc tính toán học không thay đổi trên toàn bộ chiều dài đoạn chuyển tiếp siêu cao. Nếu không, đoạn chuyển tiếp siêu cao phải được chia nhỏ, và ΔD được tính cho từng phần. Ví dụ, một đoạn chuyển tiếp ngược có hai độ dốc vượt siêu cao không đổi khác nhau sẽ được đánh giá là hai đoạn vượt siêu cao.

D.3 Quy tắc dấu để tính ΔI

ΔI là sự biến đổi liên tục của siêu cao thiếu I (và/hoặc siêu cao thừa E) trên một chiều dài nhất định (đường cong chuyển tiếp, đoạn vượt dốc siêu cao trên đoạn thẳng hoặc trên đường cong tròn), hoặc là sự thay đổi đột ngột của siêu cao thiếu I (và/hoặc siêu cao thừa E) tại điểm thay đổi đột ngột của độ cong. ΔI được xác định theo Công thức (D.3) hoặc (D.4)

Lưu ý Theo định nghĩa, $I = -E$

Công thức (D.3) áp dụng cho các đoạn chuyển tiếp có điều kiện A ở cả hai đầu hoặc điều kiện B ở cả hai đầu, theo Bảng (D.1). Công thức (D.3) cũng áp dụng cho các biến đổi đột ngột siêu cao thiếu khi các điều kiện ngay trước và ngay sau điểm thay đổi độ cong là giống nhau (đều là A hoặc B theo Bảng D.1).

Công thức (D.4) áp dụng cho các đoạn chuyển tiếp với điều kiện A ở một đầu và điều kiện B ở đầu còn lại, theo Bảng D.1. Công thức (D.4) cũng áp dụng cho các trường hợp thay đổi đột ngột của siêu cao thiếu, khi các điều kiện theo Bảng D.1, ngay trước và ngay sau điểm thay đổi đột ngột của độ cong là khác nhau.

$$\Delta I = ||I_2| - |I_1|| \quad (D.3)$$

$$\Delta I = |I_2| + |I_1| \quad (D.4)$$

trong đó:

I_1 : là siêu cao thiếu [mm] tại đầu bắt đầu đoạn vuốt dốc siêu cao, hoặc ngay trước điểm thay đổi đột ngột của độ cong, và

I_2 : là siêu cao thiếu [mm] tại đầu kết thúc đoạn vuốt dốc siêu cao, hoặc ngay sau điểm thay đổi đột ngột của độ cong.

Bảng D.1 — Các điều kiện tại điểm tiếp tuyến

	Điều kiện ^a
Đường cong phải với siêu cao thiếu dương	A
Đường cong phải với siêu cao thiếu âm (siêu cao thừa)	B
Đường cong trái với siêu cao thiếu dương	B
Đường cong trái với siêu cao thiếu âm (siêu cao thừa)	A
Đường thẳng có siêu cao, ray trái thấp	A
Đường thẳng có siêu cao, ray trái cao	B
^a Gia tốc ngang cảm nhận được trong bình đồ tuyến hướng sang trái dưới điều kiện A, và hướng sang phải dưới điều kiện B.	

Việc áp dụng các công thức (D.3) và (D.4) giả định rằng các đặc tính toán học là không đổi trên toàn bộ chiều dài đoạn chuyển tiếp. Nếu không, đoạn chuyển tiếp phải được chia thành các phần, trong đó ΔI được tính riêng cho từng phần, và các yêu cầu trong Điều 6 phải được tuân thủ cho mỗi phần của đoạn chuyển tiếp. Ví dụ, một đoạn chuyển tiếp đảo chiều có các đặc tính toán học khác nhau trước và sau điểm uốn phải được đánh giá như hai đường cong chuyển tiếp.

Điều 6 cho phép hai (hoặc nhiều hơn) biến đổi đột ngột độ cong được cách nhau bằng một đoạn thẳng ngắn có chiều dài không đạt chuẩn theo Mục 6.13, với điều kiện là tổng biến đổi siêu cao thiếu không vượt quá giới hạn trên đối với sự thay đổi đột ngột của siêu cao thiếu. Tổng độ biến đổi siêu cao thiếu được tính theo các công thức (D.3) và (D.4) (tùy vào điều kiện trong Bảng D.1), trong đó siêu cao thiếu ngay trước điểm thay đổi đột ngột đầu tiên của độ cong được lấy làm I_1 , và siêu cao thiếu ngay sau điểm thay đổi đột ngột cuối cùng của độ cong được lấy làm I_2 .

D.4 Quy tắc dấu để tính toán Δp

Sự biến đổi đột ngột của độ dốc dọc tuyến Δp thường được xác định theo công thức (D.5), tuy nhiên, trong trường hợp đoạn dốc xuống được nối với một đoạn dốc lên, thì áp dụng công thức (D.6):

$$\Delta p = ||p_2| - |p_1|| \quad (D.5)$$

$$\Delta p = |p_2| + |p_1| \quad (D.6)$$

trong đó:

p_1 : là độ dốc dọc tuyến của đoạn dốc thứ nhất, và

p_2 : là độ dốc dọc tuyến của đoạn dốc thứ hai.

Phụ lục E

(Quy định)

Chiều dài đoạn tuyến trung gian L_c giữa các đoạn cong bán kính nhỏ theo hướng ngược nhau

E.1 Quy định chung

Tồn tại các giới hạn trên đối với mức độ sai khác của độ văng đầu xe (end throw) giữa hai toa xe được nối với nhau. Độ văng đầu xe này được tính toán cho một điểm tham chiếu giả định nằm tại vị trí dọc của mặt đầu móc nối. Tiêu chí này liên quan gián tiếp đến các góc quay quanh trục đứng của giá chuyển hướng, khớp nối, hành lang nối và móc nối, khi phương tiện đi qua các vị trí thay đổi độ cong.

Độ văng đầu xe là độ vượt hình học d_{ga} tại đầu của phương tiện, được định nghĩa trong, ví dụ, EN 15273-1.

Tiêu chí này có ý nghĩa áp dụng đối với bình đồ tuyến có các đường cong bán kính nhỏ bố trí ngược chiều.

Mục E.2 và E.3 đưa ra các giới hạn thông thường về chiều dài của đoạn đường thẳng trung gian giữa hai đoạn cong tròn dài.

Trong trường hợp cần có một đoạn tuyến trung gian, và đoạn tuyến này không phải là đoạn thẳng, thì phải thực hiện tính toán chi tiết để kiểm tra mức độ chênh lệch của độ văng đầu xe.

Trong trường hợp một hoặc cả hai đường cong bán kính nhỏ có chiều dài ngắn, và các đoạn tuyến liền kề trước đường cong thứ nhất và/hoặc sau đường cong thứ hai có bán kính lớn hơn, thì chiều dài của đoạn tuyến trung gian, sau khi kiểm tra đặc biệt, có thể ngắn hơn

Giả định rằng các móc nối và hành lang nối (nếu có) được thiết kế phù hợp để cho phép các tổ hợp bình đồ tuyến như trên.

Các giới hạn dưới trong trường hợp ngoại lệ được quy định bằng không đối với tham số không phụ thuộc vào tốc độ L_c . Tuy nhiên, tiêu chí phụ thuộc vào tốc độ đối với tham số phụ thuộc vào tốc độ L_s theo (6.13) vẫn được áp dụng

E.2 - Chiều dài đoạn tuyến trung gian L_c cho tuyến đường loại tuyến đường A1435

Các yêu cầu về chiều dài đoạn tuyến trung gian trong Loại tuyến đường A1435 được xây dựng nhằm cho phép khai thác với một phương tiện tham chiếu, trong trường hợp này là một phương tiện thông thường có một thân xe và hai giá chuyển hướng, cụ thể như sau:

- Khoảng cách giữa các trục xoay của giá chuyển hướng: $a = 11,0 \text{ m}$
- Khoảng cách từ mặt khớp nối đến trục xoay chuyển hướng: $n_a = 3,16 \text{ m}$

Tiêu chuẩn này dựa trên tiêu chí liên quan đến sự chênh lệch phần nhô ra ở đầu toa trong điều kiện tĩnh. Giới hạn áp dụng cho trường hợp một đoạn cong tròn bán kính 50 m được nối với một đoạn cong tròn khác, cũng bán kính 50 m nhưng theo hướng ngược lại, với một đoạn thẳng trung gian dài 7,0 m. Trường hợp này dẫn đến giá trị chênh lệch độ văng đầu lớn nhất là 0,654 m (tại điểm tham chiếu ở vị trí dọc theo chiều dài tương ứng với mặt khớp nối) đối với hai phương tiện tham chiếu, và cho phép một đường cong tròn dài có bán kính 68,4 m được nối trực tiếp với một đường cong tròn dài khác, cũng có bán kính 68,4 m, theo hướng ngược lại. Ngoài ra, cũng cho phép bất kỳ tổ hợp nào của các đoạn cong tròn mà trong đó độ biến đổi độ cong nhỏ hơn $1/34,2 \text{ m}^{-1}$.

Trong trường hợp các đường cong nằm có độ cong khác biệt nhiều hơn $1/34,2 \text{ m}^{-1}$, một đoạn tuyến trung gian phải được chèn vào để giảm chênh lệch phần nhô ra ở đầu toa xuống còn nhỏ hơn hoặc bằng 0,654 m cho phương tiện tham chiếu nêu trên.

Bảng E.1 quy định các giới hạn dưới thông thường đối với chiều dài của đoạn thẳng trung gian cho một số tổ hợp nhất định của các đường cong tròn dài, áp dụng cho phương tiện tham chiếu của Loại tuyến A1435. Đối với các bán kính khác, có thể sử dụng chiều dài giới hạn L_c tương ứng với bán kính nhỏ hơn làm giá trị giới hạn, hoặc phải thực hiện tính toán chi tiết

Bảng E.1 Các giới hạn dưới thông thường cho chiều dài L_c [m] của đoạn thẳng trung gian thẳng giữa hai đường cong tròn dài theo hướng ngược nhau, đối với Loại tuyến đường A1435

R1 R2	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
50	7.0	6.8	6.6	6.4	6.3	6.1	5.9	5.7	5.6	5.4	5.2
52	6.8	6.6	6.4	6.2	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2	5.0	4.9
54	6.6	6.4	6.2	6.0	5.7	5.5	5.3	5.1	4.9	4.7	4.5
56	6.4	6.2	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.6	4.3	4.1
58	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.7	4.5	4.2	3.9	3.6
60	6.1	5.8	5.5	5.2	5.0	4.7	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2
62	5.9	5.6	5.3	5.0	4.7	4.4	4.1	3.8	3.4	3.1	2.6
64	5.7	5.4	5.1	4.8	4.5	4.1	3.8	3.4	3.0	2.6	2.0
66	5.6	5.2	4.9	4.6	4.2	3.8	3.4	3.0	2.5	2.0	1.2
67	5.5	5.1	4.8	4.4	4.1	3.7	3.2	2.8	2.3	1.5	0
69	5.3	4.9	4.6	4.2	3.8	3.4	2.9	2.3	1.6	0	0
71	5.1	4.7	4.4	3.9	3.5	3.0	2.4	1.7	0	0	0
74	4.9	4.5	4.1	3.5	3.0	2.4	1.6	0	0	0	0
77	4.6	4.2	3.7	3.1	2.5	1.6	0	0	0	0	0
80	4.4	3.9	3.3	2.6	1.8	0	0	0	0	0	0
84	4.0	3.4	2.7	1.8	0	0	0	0	0	0	0
88	3.6	2.9	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0
94	3.0	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

E.3 - Chiều dài đoạn tuyến trung gian L_c cho Loại tuyến đường B1435

Các yêu cầu về chiều dài đoạn tuyến trung gian trong Loại tuyến đường B1435 được xây dựng nhằm cho phép khai thác với một phương tiện tham chiếu, trong trường hợp này là một phương tiện nhiều khớp nối với bộ phận chạy được liên kết cứng theo phương quay (không có khả năng quay), với các thông số sau

- Chiều dài cơ sở (giả định thân xe có hai trục bánh xe): $a = 1,6 \text{ m}$
- khoảng cách từ mặt khớp nối (hoặc giữa của thanh khớp nối) đến trục bánh gần nhất : $n_a = 4,72 \text{ m}$

Tiêu chuẩn này dựa trên các tiêu chí liên quan đến sự chênh lệch phần nhô ra ở đầu toa trong điều kiện tĩnh. Giới hạn áp dụng cho trường hợp một đường cong tròn dài bán kính 25 m được nối với một đường cong tròn dài khác, cũng bán kính 25 m nhưng theo hướng ngược lại, với một đoạn thẳng trung gian dài 7,0 m. Trường hợp này dẫn đến giá trị chênh lệch độ văng đầu lớn nhất là 0,703 m (tại điểm tham chiếu ở vị trí dọc theo chiều dài tương ứng với mặt khớp nối) cho hai phương tiện tham chiếu và cho phép một đường cong tròn dài có bán kính 42,4 m được nối trực tiếp với một đường cong tròn dài khác cũng bán kính 42,4 m theo hướng ngược lại. Ngoài ra, cũng áp dụng cho bất kỳ tổ hợp nào của các đường cong tròn mà sự biến đổi độ cong nhỏ hơn $1/21,2 \text{ m}^{-1}$.

Trong trường hợp các đường cong nằm có độ cong khác biệt nhiều hơn $1/21,2 \text{ m}^{-1}$, một đoạn tuyến trung gian phải được chèn vào để giảm chênh lệch phần nhô ra ở đầu toa xuống còn nhỏ hơn hoặc bằng 0,703 m đối với các phương tiện tham chiếu.

Bảng E.2 quy định các giới hạn dưới thông thường đối với chiều dài của đoạn thẳng trung gian cho một số tổ hợp nhất định của các đường cong tròn dài, áp dụng cho phương tiện tham chiếu của Loại tuyến B1435. Với các bán kính khác, có thể sử dụng giới hạn chiều dài L_c tương ứng với bán kính nhỏ hơn làm giá trị giới hạn, hoặc phải thực hiện tính toán chi tiết.

Bảng E.2 — Các giới hạn dưới thông thường cho chiều dài L_c [m] của đoạn thẳng trung gian thẳng giữa hai đường cong tròn dài theo hướng ngược nhau, đối với Loại tuyến đường B1435

R1 R2	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43
25	7.0	6.8	6.7	6.5	6.4	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8
27	6.8	6.6	6.4	6.2	6.0	5.8	5.7	5.5	5.4	5.3
29	6.7	6.4	6.2	5.9	5.7	5.5	5.3	5.1	5.0	4.8
31	6.5	6.2	5.9	5.7	5.4	5.2	5.0	4.8	4.5	4.3
33	6.4	6.0	5.7	5.4	5.2	4.9	4.6	4.4	4.1	3.8
35	6.2	5.8	5.5	5.2	4.9	4.6	4.3	4.0	3.6	3.3
37	6.1	5.7	5.3	5.0	4.6	4.3	3.9	3.5	3.2	2.8
42	5.8	5.3	4.9	4.4	4.0	3.5	3.0	2.4	1.6	0
44	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.1	2.5	1.8	0	0
47	5.5	5.0	4.4	3.9	3.3	2.6	1.7	0	0	0
50	5.4	4.8	4.2	3.5	2.8	1.9	0	0	0	0

54	5.2	4.5	3.8	3.0	2.1	0.0	0	0	0	0
59	5.0	4.2	3.4	2.4	0	0	0	0	0	0
67	4.6	3.7	2.6	0	0	0	0	0	0	0
79	4.2	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0
99	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] EN 13848-1, Railway applications Track - Track geometry quality Part 1: Characterisation of track geometry (Ứng dụng đường sắt — Đường ray — Chất lượng hình học đường ray — Phần 1: Đặc trưng của hình học đường ray)
- [2] EN 13848-5, Railway applications - Track - Track geometry quality quality levels - Plain line, switches and crossings Part 5: Geometric (Ứng dụng đường sắt — Đường ray — Chất lượng hình học đường ray — Phần 5: Mức chất lượng hình học — Đường chính, các thiết bị chuyển hướng và giao cắt)
- [3] EN 14363, Railway applications - Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles Running Behaviour and stationary test (Ứng dụng đường sắt — Kiểm tra và mô phỏng để chấp nhận các đặc tính chạy của phương tiện đường sắt — Hành vi chạy và kiểm tra tĩnh)
- [4] EN 13803, Railway applications - Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1 435 mm and wider (Ứng dụng đường sắt — Đường ray — Các tham số thiết kế hướng tuyến — Khổ đường sắt 1 435 mm và lớn hơn)
- [5] EN 15273-1, Railway applications - Gauges Part 1: General infrastructure and rolling stock Common rules for infrastructure and rolling stock (Ứng dụng đường sắt — Khổ giới hạn — Phần 1: Quy định chung — Các quy tắc chung cho cơ sở hạ tầng và phương tiện vận)