

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13342:2021

THIẾT KẾ ĐƯỜNG SẮT TỐC ĐỘ CAO - THAM SỐ THIẾT KẾ TUYẾN ĐƯỜNG

High Speed Railway Design - Track Alignment Design Parameters

Lời nói đầu

TCVN 13342:2021 được xây dựng trên cơ sở tham khảo DIN EN 13803:2017.

TCVN 13342:2021 do Cục Đường sắt Việt Nam biên soạn, Bộ Giao thông vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

THIẾT KẾ ĐƯỜNG SẮT TỐC ĐỘ CAO - THAM SỐ THIẾT KẾ TUYẾN ĐƯỜNG

High Speed Railway Design - Track Alignment Design Parameters

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 tuyến trong phạm vi ghi. Một số giới hạn này là hàm số của vận tốc. Ngoài ra, đối với tuyến đường hiện có, tiêu chuẩn này quy định các quy tắc và giới hạn để xác định vận tốc cho phép.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho khổ đường danh định 1 435 mm với vận tốc đến 360 km/h.

Tiêu chuẩn này cũng có thể áp dụng cho tuyến đường mà trên đó sử dụng các phương tiện cho phép khai thác trong điều kiện siêu cao thiếu lớn (bao gồm cả tàu tự nghiêng).

Các yêu cầu hạn chế hơn của Thông số kỹ thuật về khả năng tương tác liên quan đến hệ thống phụ của “Cơ sở hạ tầng” của hệ thống đường sắt (TSI INF) và các quy tắc khác (quốc gia, công ty,...) sẽ được áp dụng.

Không cần thiết phải áp dụng Tiêu chuẩn này cho các tuyến, hoặc các bộ phận chuyên dụng của cơ sở hạ tầng đường sắt mà không tương thích với các phương tiện đường sắt được thử nghiệm và phê duyệt theo EN 14363.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 11806:2017, *Ứng dụng đường sắt - Độ thoải mái của hành khách - Đo lường và đánh giá*;

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 hình học đường ray)*;

EN 13848-5, *Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 5: Geometric quality levels - Plain line (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Chất lượng hình học đường ray - Phần 5: Mức chất lượng hình học - Tuyến trong khu gian)*;

EN 14363, *Railway applications - Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles - Testing of running behaviour and stationary tests (Ứng dụng đường sắt - Thử nghiệm để nghiệm thu các đặc tính vận hành của phương tiện đường sắt - Thử nghiệm vận hành và thử nghiệm tĩnh)*;

EN 15273-1, *Railway applications - Gauges - Part 1: General - Common rules for infrastructure and rolling stock (Ứng dụng đường sắt - Khổ giới hạn đường sắt - Phần 1: Tổng quan - Các quy tắc chung cho cơ sở hạ tầng và đầu máy toa xe)*;

EN 15273-2, *Railway applications - Gauges - Part 2: Rolling stock gauge (Ứng dụng đường sắt - Khổ giới hạn đường sắt - Phần 2: Khổ giới hạn đầu máy toa xe)*;

EN 15273-3, *Railway applications - Gauges - Part 3: structure gauges (Ứng dụng đường sắt - Khổ giới hạn đường sắt - Phần 3: Khổ giới hạn kiến trúc)*;

EN ISO 80000-3, *Quantities and units - Part 3: Space and time (Số lượng và đơn vị - Phần 3: Không gian và thời gian)*;

EN 14067-6:2010, *Railway applications - Aerodynamics - Part 6: Requirements and test procedures for cross wind assessment* (Ứng dụng đường sắt - Khí động học - Yêu cầu và quy trình thử nghiệm đánh giá ảnh hưởng của gió theo phương ngang);

EN 13232-1:2003, *Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 1: Definitions* (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Ghi - Phần 1: Định nghĩa);

EN 13232-3:2003, *Railway applications - Track - Switches and crossings for Vignole rails - Part 3: Requirements for wheel/rail interaction* (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Ghi cho ray thông thường (Ray Vignole) - Phần 3: Yêu cầu đối với tương tác giữa bánh xe và ray).

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

3.1

Khổ đường (track gauge)

Khoảng cách ngắn nhất giữa hai má tác dụng của hai ray.

3.2

Khổ đường danh định (nominal track gauge)

Giá trị duy nhất xác định khổ đường nhưng có thể khác với khổ đường thiết kế, ví dụ: khổ đường được sử dụng rộng rãi nhất có giá trị danh định là 1 435 mm mặc dù đây không phải là khổ đường thiết kế thường được quy định.

3.3

Giới hạn (limit)

Giá trị thiết kế không được vượt quá.

CHÚ THÍCH 1:

Các giá trị này đảm bảo chi phí bảo trì đường ray được giữ ở mức hợp lý, ngoại trừ các điều kiện đặc biệt của đường ray kém ổn định, mà không ảnh hưởng đến độ thoải mái của hành khách. Tuy nhiên, các giá trị thiết kế thực tế đối với tuyến mới thường có dự trữ đáng kể so với giới hạn.

CHÚ THÍCH 2:

Đối với một số tham số nhất định, Tiêu chuẩn này quy định cả giới hạn thông thường và giới hạn đặc biệt. Giới hạn đặc biệt thể hiện giới hạn hạn chế thấp nhất được áp dụng trên tuyến, và chỉ được sử dụng trong các trường hợp đặc biệt và có thể yêu cầu chế độ bảo trì liên quan.

3.4

Đoạn tuyến (alignment element)

Đoạn đường có hoặc theo phương dọc, phương ngang hoặc phương đứng (siêu cao) tuân theo 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 thì 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 clothoid (đôi khi xấp xỉ là đa thức bậc ba) thường được sử dụng làm đường cong chuyển tiếp, tạo ra biến đổi tuyến tính của độ cong. Trong một số trường hợp, độ cong được làm trơn ở đầu và cuối của đường cong chuyển tiếp.

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. Phụ lục A cung cấp thông tin chi tiết về một số dạng đường cong chuyển tiếp có thể được sử dụng trong thiết kế tuyến đường.

CHÚ THÍCH 3:

Thông thường, không sử dụng đường cong chuyển tiếp cho trắc dọc.

3.9

Đường cong ghép (compound curve)

Chuỗi các đoạn tuyến cong, bao gồm hai hoặc nhiều đường cong tròn cùng chiều.

CHÚ THÍCH 1:

Đường cong ghép có thể bao gồm đường cong chuyển tiếp giữa các đường cong tròn và/hoặc giữa đường cong tròn và đường thẳng.

3.10

Đường cong ngược chiều (reverse curve)

Chuỗi các đoạn tuyến cong, chứa các đoạn tuyến mà cong theo các hướng ngược lại.

CHÚ THÍCH 1:

Chuỗi các đoạn tuyến cong có thể bao gồm cả đường cong ghép và đường cong ngược chiều.

3.11

Siêu cao (cant)

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

3.12

Siêu cao cân bằng (equilibrium cant)

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

3.13

Siêu cao thiếu (cant deficiency)

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

CHÚ THÍCH 1:

Khi có siêu cao thiếu, sẽ có lực ngang chưa được cân bằng trong mặt phẳng chạy tàu. Hợp lực sẽ hướng về phía ray lưng của đường cong.

3.14

Siêu cao thừa (cant excess)

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

CHÚ THÍCH 1:

Khi có siêu cao thừa, sẽ có lực ngang chưa được cân bằng trong mặt phẳng chạy tàu. Hợp lực sẽ hướng về phía ray bụng của đường cong.

CHÚ THÍCH 2:

Siêu cao trên đường thẳng gây ra siêu cao thừa, tạo ra lực ngang hướng về phía ray thấp hơn.

3.15

Đoạn vuốt siêu cao (cant transition)

Đoạn tuyến trên đó siêu cao biến đổi dần 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 với biến đổi siêu cao tuyến tính. Trong một số trường hợp, siêu cao được làm trơn ở đầu và cuối của đoạn vuốt siêu cao.

CHÚ THÍCH 3:

Có thể sử dụng các dạng vuốt siêu cao khác, mà thể hiện biến đổi siêu cao phi tuyến. Phụ lục A cung cấp thông tin chi tiết về một số dạng vuốt siêu cao, có thể được sử dụng trong thiết kế tuyến đường.

3.16

Độ dốc vuốt siêu cao (cant gradient)

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

3.17

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

Giá trị tuyệt đối của đạo hàm siêu cao theo thời gian.

3.18

Tốc độ biến đổi 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 siêu cao thiếu và/hoặc siêu cao thừa theo thời gian.

3.19

Khoảng cách tim hai đường (track distance)

Khoảng cách theo phương ngang giữa tim hai đường ray, được đo trên hình chiếu bằng của các tim đường.

CHÚ THÍCH 1:

Các tiêu chuẩn khác có thể xác định khoảng cách tim hai đường là chiều dài trên mặt nghiêng song song với mặt phẳng đường ray có siêu cao.

4 Kí hiệu và các từ viết tắt

Trong Tiêu chuẩn này, các kí hiệu và từ viết tắt như sau.

4.1 Kí hiệu

TT	Kí hiệu	Định danh	Đơn vị
1	$\frac{dD}{ds}$	độ dốc vuốt siêu cao	‰
2	$\frac{dD}{dt}$	tốc độ biến đổi siêu cao	mm/s
3	$\frac{dI}{dt}$	tốc độ biến đổi siêu cao thiếu	mm/s
4	D	siêu cao	mm
5	D_{EQ}	siêu cao cân bằng	mm

6	E	siêu cao thừa	mm
7	g	gia tốc trọng trường theo EN ISO 80000-3	m/s ²
8	I	siêu cao thiếu	mm
9	L_c	chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong (chiều dài đoạn/ khoảng cách giữa hai biến đổi đột ngột độ cong)	m
10	L_D	chiều dài đoạn vượt siêu cao	m
11	L_g	chiều dài độ dốc không đổi (trong đường cong nối dốc đứng)	m
12	L_K	chiều dài đường cong chuyển tiếp	m
13	L_i	chiều dài đoạn cong tròn có siêu cao không đổi giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính	m
14	L_s	chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong (chiều dài đoạn/ khoảng cách giữa hai biến đổi đột ngột siêu cao thiếu)	m
15	L_v	chiều dài đường cong đứng	m
16	p	độ dốc	-
17	q_E	hệ số để tính siêu cao cân bằng: 11,8	mm.m.(h/km) ²
18	q_N	hệ số để tính chiều dài đoạn vượt siêu cao hoặc chiều dài đường cong chuyển tiếp với biến đổi của siêu cao và độ cong không phải là hằng số, tương ứng	-
19	q_R	hệ số để tính bán kính đường cong đứng	m.h ² /km ²
20	q_s	hệ số để tính chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong	-
21	q_v	hệ số chuyển đổi đơn vị cho vận tốc xe: 3,6	(km/h)/(m/s)
22	R	bán kính đường cong nằm	m
23	R_v	bán kính đường cong đứng	m
24	s	khoảng cách theo phương dọc	m
25	t	thời gian	s
26	V	vận tốc	km/h
27	CE, \lim	giới hạn có thể áp dụng tại tâm ghi cố định và thiết bị co giãn (chỉ số)	-
28	\lim	giới hạn chung (chỉ số)	-
29	R, \lim	giới hạn có thể áp dụng tại đường cong bán kính nhỏ (chỉ số)	-
30	u, \lim	giới hạn trên cho một thông số mà thông số này cũng có giới hạn dưới (chỉ số)	-

4.2 Các từ viết tắt

TSI Thông số kỹ thuật về khả năng tương tác

TSI INF Thông số kỹ thuật về khả năng tương tác liên quan đến hệ thống phụ của “Cơ sở hạ tầng” của hệ thống đường sắt

5 Quy định chung

5.1 Khái quát

Tiêu chuẩn này quy định các quy tắc và giới hạn cho thiết kế tuyến đường. Các giới hạn này giả thiết rằng các tiêu chuẩn để nghiệm thu phương tiện, thi công và bảo trì đường ray được tuân thủ (các dung sai trong thi công và khai thác không được quy định trong Tiêu chuẩn này). Các yêu cầu kỹ thuật đặc trưng cho ứng xử cơ học của các bộ phận của ghi và hệ thống con, được tìm thấy trong các tiêu chuẩn liên quan. Các lưu ý thiết kế nhất định đối với bố trí ghi được trình bày trong các Phụ lục.

Tiêu chuẩn này không phải là sổ tay thiết kế. Các giới hạn không nhằm mục đích áp đặt như các giá

trị thiết kế thông thường. Tuy nhiên, các giá trị thiết kế phải nằm trong phạm vi các giới hạn được nêu trong Tiêu chuẩn này.

Các giới hạn trong Tiêu chuẩn này dựa trên kinh nghiệm thực tế của đường sắt châu Âu. Các giới hạn được sử dụng khi cần cân đối giữa hiệu năng vận hành đoàn tàu, mức độ thoải mái, công tác bảo trì phương tiện và đường ray, và chi phí xây dựng.

Nên tránh việc sử dụng không cần thiết các giá trị thiết kế gần với các giới hạn, nên cung cấp cho chúng một dự trữ đáng kể. Thường có mâu thuẫn giữa mong muốn về dự trữ cho một tham số này và tham số khác, chúng nên được phân bổ trên tất cả các tham số thiết kế, có thể bằng cách cho một dự trữ về vận tốc.

Đối với một số tham số nhất định, Tiêu chuẩn này cũng quy định các giới hạn đặc biệt, ít hạn chế hơn các giới hạn thông thường, mà đại diện cho các giới hạn hạn chế nhất được áp dụng bởi mọi tuyến đường. Các giới hạn như vậy chỉ được sử dụng trong các trường hợp đặc biệt và có thể yêu cầu chế độ bảo trì liên quan. Đặc biệt, nên tránh sử dụng giới hạn đặc biệt (thay cho giới hạn thông thường) cho một số tham số tại cùng một vị trí. Phụ lục B mô tả các ràng buộc và rủi ro kết hợp với sử dụng các giá trị thiết kế trong phạm vi giữa giới hạn thông thường và giới hạn đặc biệt tương ứng.

Phải áp dụng giới hạn đối với vận tốc và siêu cao thiếu trong vận hành, khai thác cho các phương tiện cụ thể theo các tham số phê duyệt của chúng.

Không có giới hạn nào được quy định cho vận tốc lớn hơn 360 km/h.

Các giới hạn được xác định cho các hoạt động khai thác bình thường. Nếu và khi thực hiện vận hành thử, ví dụ để xác định ứng xử động của toa xe (bằng cách theo dõi liên tục các đáp ứng của phương tiện), thì nên cho phép vượt quá các giới hạn (đặc biệt là về siêu cao thiếu), và Người quản lý cơ sở hạ tầng sẽ quyết định bất kỳ sự sắp xếp thích hợp nào. Trong bối cảnh này, dự trữ an toàn thường được tăng thêm bằng cách thực hiện các công việc bổ sung như lèn chặt nền đá ba lát, quan trắc chất lượng hình học đường ray,...

5.2 Đặc điểm của tuyến

Tuyến xác định vị trí hình học của đường ray. Tuyến được chia thành bình diện và trắc dọc.

Bình diện là hình chiếu của tim đường trên mặt bằng. Bình diện bao gồm chuỗi các đoạn tuyến, mỗi đoạn tuân theo một mô tả toán học duy nhất, là hàm số của khoảng cách theo phương dọc dọc theo hình chiếu bằng (lý trình). Các đoạn bình diện được nối với nhau tại các tiếp điểm, mà tại đó hai đoạn được nối với nhau có cùng tọa độ và cùng hướng. Các yếu tố bình diện được quy định trong Bảng 1.

Bảng 1 - Các yếu tố bình diện

Yếu tố bình diện	Đặc điểm
Đoạn thẳng	Không có độ cong
Đoạn cong tròn	Độ cong không đổi
Đoạn cong chuyển tiếp, dạng Clothoid	Độ cong biến đổi tuyến tính theo lý trình
Đoạn cong chuyển tiếp, các dạng khác ^a	Độ cong biến đổi phi tuyến theo lý trình
^a Phụ lục A cung cấp thông tin chi tiết về các dạng đường cong chuyển tiếp, có thể được sử dụng trong thiết kế tuyến đường	

Hầu hết các ghi hiện đại đều có lưỡi ghi dạng tiếp tuyến, mà tại đó đường rẽ bắt đầu bằng đoạn tiếp tuyến với đường thông qua. Tuy nhiên, thiết kế lưỡi ghi có thể bắt đầu bằng một biến đổi đột ngột hướng ngang tại đầu lưỡi ghi. Các tiêu chí thiết kế có thể có đối với bình diện trước lưỡi ghi, có tính đến góc xung kích, được mô tả trong Phụ lục C.

Khi ghi được đặt trên đường có độ dốc dọc khác không, đường cong đứng và/hoặc siêu cao, thì hình học theo phương ngang của đường rẽ sẽ hơi khác với các yếu tố bình diện trong Bảng 1.

Trắc dọc xác định cao độ của đường ray là hàm số của lý trình (vị trí theo phương dọc, dọc theo hình chiếu bằng của tim đường). Các đoạn trắc dọc được nối tại các tiếp điểm, mà tại đó hai đoạn được nối có cùng cao độ và độ dốc dọc (p) (với một số trường hợp ngoại lệ). Các yếu tố trắc dọc được quy định trong Bảng 2.

Bảng 2 - Các yếu tố trắc dọc

Yếu tố trắc dọc	Các đặc điểm
Đoạn độ dốc không đổi	Không có độ cong đứng

Đoạn đường cong đứng, dạng parabol	Đạo hàm của độ dốc theo lý trình là hằng số
Đoạn đường cong đứng, dạng tròn	Đạo hàm của góc thẳng đứng theo chiều dài dốc, dọc theo đường ray là hằng số

CHÚ THÍCH:

Đường cong đứng trên đường mà bắt đầu hoặc kết thúc trong ghi có siêu cao có thể là đa thức bậc cao hơn so với parabol.

Siêu cao thực tế (D) trên đường ray là sự chênh lệch về cao độ giữa hai ray. Siêu cao có thể được thực hiện bằng cách nâng một ray lên cao hơn và giữ nguyên cao độ của ray còn lại, hoặc bằng cách nâng cao độ một bên ray đồng thời hạ cao độ ray bên còn lại theo một quy luật xác định trước. Các đoạn trên siêu cao được quy định trong Bảng 3.

Bảng 3 - Các đoạn trên siêu cao

Đoạn tuyến	Đặc điểm
Đoạn siêu cao không đổi	Siêu cao là không đổi dọc theo toàn bộ đoạn tuyến
Đoạn vượt siêu cao, tuyến tính	Siêu cao biến đổi tuyến tính theo lý trình
Đoạn vượt siêu cao, phi tuyến ^a	Siêu cao biến đổi phi tuyến theo lý trình
^a Phụ lục A cung cấp thông tin chi tiết về một số dạng đoạn vượt siêu cao nhất định, có thể được sử dụng trong thiết kế tuyến đường.	

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

Những bất lợi về hình học của việc đặt ghi trên đoạn có độ dốc dọc, đường cong đứng và/hoặc đặt siêu cao trong ghi được mô tả trong Phụ lục D.

Đoạn tuyến đường ray có đá ba lát thường được bảo trì bằng các máy thi công và bảo trì đường ray. Việc bảo trì bằng các máy móc như vậy được đơn giản hóa nếu không có nhiều hơn một tiếp điểm trong phạm vi dây cung đo của thiết bị (thường từ 10 m đến 20 m).

Tất cả các giới hạn thông thường và giới hạn đặc biệt trong Điều 6 được áp dụng, do đó phạm vi cho phép đối với một tham số, ví dụ bán kính cong nằm (R), có thể bị hạn chế thêm do các giá trị đã chọn của các tham số khác. Ví dụ, tại một vị trí nào đó trên đoạn tuyến, phạm vi cho phép đối với bán kính cong nằm (R) có thể bị giới hạn do siêu cao thực tế (D), giới hạn đối với siêu cao thiếu (I) và/hoặc đặc điểm của các đoạn lân cận. Phụ lục E trình bày ứng dụng cụ thể của các giới hạn.

6 Giới hạn đối với khổ đường 1 435 mm

6.1 Bán kính đường cong nằm (R)

Trong Tiêu chuẩn này, bán kính mang giá trị dương (+) đối với cả đường cong rẽ phải và đường cong rẽ trái.

Bán kính hạn chế (giới hạn dưới đối với bán kính) của đường cong nằm không phụ thuộc vận tốc (R_{lim}), được quy định trong Bảng 4.

Bảng 4 - Bán kính hạn chế của đường cong nằm (R_{lim})

Giới hạn thông thường ^a (m)	Giới hạn đặc biệt ^a (m)
150	
^a Các yêu cầu bổ sung đối với bán kính dọc theo ke ga được xác định trong TSI INF.	

CHÚ THÍCH:

Không phải tất cả các phương tiện đều được thiết kế và phê duyệt cho bán kính cong nằm nhỏ hơn 150 m (ví dụ, xem EN 15273-2)

Không có giới hạn trên đối với bán kính cong nằm trong Tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn hiện hành có thể có giới hạn trên như vậy, liên quan đến khả năng của phần mềm định tuyến để xử lý các số lớn, hoặc liên quan đến các khía cạnh thực tế khác.

6.2 Siêu cao (D)

Trong Tiêu chuẩn này, siêu cao trên đường cong nằm là dương (+) nếu ray lưng cao hơn ray bụng (Ray trong).

CHÚ THÍCH 1:

Siêu cao âm (-) là không thể tránh được tại ghi trên tuyến chính có siêu cao mà tại đó ghi cong theo hướng ngược với tuyến chính và, trong trường hợp nhất định, trên tuyến trong khu gian tiếp giáp ngay với ghi có siêu cao. Siêu cao âm cũng có thể được sử dụng trên các đường tạm.

Giới hạn trên đối với siêu cao (D_{lim}), không phụ thuộc bán kính cong nằm (R), được quy định trong Bảng 5.

Bảng 5 - Giới hạn trên đối với siêu cao (D_{lim})

	Giới hạn thông thường (mm)	Giới hạn đặc biệt (mm)
Chung ^a	160	180 ^b
Ghi ^a	120	160

^a Các yêu cầu bổ sung đối với siêu cao dọc theo ke ga được xác định trong TSI INF.

^b Siêu cao vượt quá 160 mm có thể gây ra sự dịch chuyển của tải trọng hàng hóa và làm suy giảm độ thoải mái của hành khách khi tàu dừng hoặc chạy với vận tốc thấp (giá trị cao của siêu cao thừa). Thiết bị và phương tiện chạy trên đường với tải trọng đặc biệt có trọng tâm cao, có thể trở nên không ổn định. Do đó, chế độ bảo trì liên quan và các biện pháp khác có thể là cần thiết (ví dụ: trừ một số loại vận tải hàng hóa nhất định, tránh dừng tàu thường xuyên trên đường cong như vậy,...).

Giới hạn trên đối với siêu cao ($D_{R,lim}$), là hàm số của bán kính cong nằm (R), được quy định trong Bảng 6.

Bảng 6 - Giới hạn trên đối với siêu cao ($D_{R,lim}$) là hàm số của bán kính cong nằm (R)

Giới hạn thông thường ^a (mm)	Giới hạn đặc biệt ^a (mm)
$D_{R,lim} = \frac{R - 50}{1,5}, \text{ trong đó: } R - \text{tính bằng (m)}$	
^a Giới hạn này có thể được nới lỏng, miễn là các biện pháp được thực hiện để đảm bảo an toàn, xem EN 13848-5, hoặc trong trường hợp của đường rẽ có ghi với một đoạn dài tối thiểu 10 m có siêu cao không đổi trên cả hai phía của đường cong bán kính nhỏ.	

CHÚ THÍCH 2:

Siêu cao lớn trên đường cong bán kính nhỏ làm tăng nguy cơ trật bánh khi tàu chạy ở vận tốc thấp. Trong các điều kiện này, lực bánh xe thẳng đứng tác dụng đến ray lưng bị giảm đi nhiều, đặc biệt là khi đường ray bị xoắn (vận vô đồ) (xem EN 13848-1 và EN 13848-5) làm cho sự giảm lực trên ray lưng càng tăng thêm.

CHÚ THÍCH 3:

Giới hạn xoắn của đường ray được xác định trong EN 13848-5, là hàm số của siêu cao thực tế. Sử dụng giá trị siêu cao lớn sẽ áp đặt giá trị xoắn thấp hơn, hoặc sử dụng các biện pháp khác để đảm bảo an toàn.

6.3 Siêu cao thiếu (I)

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

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

trong đó:

D_{EQ} - siêu cao cân bằng, (mm);

q_E = 11,8 mm.m.h²/km².

CHÚ THÍCH 1:

Với siêu cao âm (-), siêu cao thiếu sẽ cao hơn siêu cao cân bằng.

Giới hạn trên đối với siêu cao thiếu (I_{lim}) được quy định trong Bảng 7.

Bảng 7 - Giới hạn trên đối với siêu cao thiếu (l_{lim})

	Giới hạn thông thường ^a (mm)	Giới hạn đặc biệt ^a (mm)
Tàu không tự nghiêng		
$V \leq 220$ km/h	153	180 ^b
$220 \text{ km/h} < V \leq 300 \text{ km/h}$	153 ^b	
$300 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	100 ^b	
Tàu tự nghiêng		
$80 \text{ km/h} < V \leq 260 \text{ km/h}^{\text{c}}$	275	300

^a Thông thường áp dụng giới hạn khác nhau đối với siêu cao thiếu cho các loại tàu khác nhau. Giả thiết rằng mọi toa xe được thử nghiệm và phê duyệt theo quy trình của EN 14363 trong các điều kiện bao gồm phạm vi hoạt động siêu cao thiếu của riêng nó (ký hiệu là (l_{adm}) trong EN 14363). Ví dụ về các giới hạn cục bộ được thể hiện trong Phụ lục F.

^b Tàu tuân thủ EN 14363, được trang bị hệ thống bù siêu cao thiếu khác với hệ thống toa xe (tàu) tự nghiêng, có thể chạy với giá trị siêu cao thiếu cao hơn nếu được Người quản lý cơ sở hạ tầng cho phép.

^c Hiện tại, không có tuyến nào ở châu Âu đã sử dụng hoặc được lên kế hoạch chạy tàu với vận tốc lớn nhất vượt quá 260 km/h đối với tàu tự nghiêng.

CHÚ THÍCH 2:

Đối với một phương tiện nhất định, siêu cao thiếu tăng lên sẽ tạo ra sự gia tăng lực tác động giữa bánh xe và ray, xem Phụ lục G.

CHÚ THÍCH 3:

Tùy thuộc vào các đặc điểm cụ thể trên đường ray, như đường ray không đá ba lát đặt trực tiếp trên cầu, đường với ray được nối, đoạn tuyến chịu ảnh hưởng lực gió ngang rất mạnh,... có thể cần hạn chế siêu cao thiếu cho phép.

Không thể xây dựng trước các quy tắc (quy luật) liên quan đến việc hạn chế siêu cao thiếu này vì chúng sẽ được quyết định bởi các đặc điểm thiết kế của đường ở những đoạn này.

CHÚ THÍCH 4:

Giá trị cao của siêu cao thiếu liên quan đến độ thoải mái (không thoải mái) của hành khách, xem Phụ lục H.

Đối với đường với tâm ghi ở ray lưng (Ray ngoài) và đối với thiết bị co giãn, có các giới hạn trên hạn chế hơn đối với siêu cao thiếu ($l_{CE,lim}$), phụ thuộc vào vận tốc (V), được quy định trong Bảng 8.

Bảng 8 - Giới hạn trên đối với siêu cao thiếu cho đường với tâm ghi ở ray lưng và cho thiết bị co giãn ($l_{CE,lim}$)

	Giới hạn thông thường (mm)	Giới hạn đặc biệt (mm)
Tâm ghi cố định		
$V \leq 230$ km/h	110	như giới hạn thông thường trong Bảng 7
230 km/h < $V \leq 360$ km/h	không cho phép	không cho phép
Tâm ghi từ cố định		
$V \leq 160$ km/h	100	như giới hạn thông thường trong Bảng 7
160 km/h < $V \leq 230$ km/h	75	như giới hạn thông thường trong Bảng 7

230 km/h < V ≤ 360 km/h	không cho phép	không cho phép
Tâm ghi di động		
V ≤ 230 km/h	130	như giới hạn thông thường trong Bảng 7
230 km/h < V ≤ 360 km/h	80	như giới hạn thông thường trong Bảng 7
Thiết bị co giãn		
V ≤ 160 km/h	100	như giới hạn thông thường trong Bảng 7
160 km/h < V ≤ 230 km/h	80	như giới hạn thông thường trong Bảng 7
230 km/h < V ≤ 360 km/h	60	như giới hạn thông thường trong Bảng 7

6.4 Siêu cao thừa (E)

Trên đường cong nằm mà tại đó siêu cao thiếu (xác định trong Công thức (2)) là âm (-), thì siêu cao thừa (E) được xác định theo Công thức (3).

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

Trên ghi có siêu cao, và trên đường trong khu gian kết hợp với ghi có siêu cao, có thể cũng áp dụng siêu cao trên đường thẳng. Trên đường thẳng tạm thời cũng có thể áp dụng siêu cao. Trên đường thẳng có siêu cao, siêu cao thừa (E) xác định theo Công thức (3):

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

CHÚ THÍCH:

Đường trong khu gian là đoạn đường ray bình thường không có bất kỳ giao cắt, chỗ giao nhau hoặc ghi nào trên đó.

Giới hạn trên đối với siêu cao thừa (E_{lim}) được quy định trong Bảng 9. Các giới hạn này áp dụng cho vận tốc thường xuyên của tàu chậm nhất chạy trên tuyến.

Bảng 9 - Giới hạn trên đối với siêu cao thừa (E_{lim})

Giới hạn thông thường (mm)	Giới hạn đặc biệt (mm)
110	150

CHÚ THÍCH:

Giá trị siêu cao thừa (E) ảnh hưởng đến ứng suất của ray bụng (Ray trong) gây ra bởi đoàn tàu chạy chậm, do lực đứng giữa bánh xe và ray gần như tính trên ray bụng được tăng lên, xem Phụ lục G.

Đối với đường với tâm ghi ở ray thấp và đối với thiết bị co giãn, có các giới hạn trên hạn chế hơn đối với siêu cao thừa ($E_{CE,lim}$), được xác định theo Công thức (4) và Bảng 8:

$$E_{CE,lim} = I_{CE,lim} \quad (4)$$

Các yêu cầu liên quan đến biến đổi siêu cao thiếu (Điều 6.5, 6.8, 6.11 và 6.13) cũng áp dụng cho biến đổi siêu cao thừa.

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

6.5.1 Quy định chung

Thông thường, đoạn vượt siêu cao được thực hiện trên (chiều dài) đường cong chuyển tiếp. Tuy nhiên, có thể cần thực hiện vượt siêu cao trên đường cong tròn và đường thẳng.

Đối với đoạn vượt siêu cao và đường cong chuyển tiếp, các giới hạn như sau:

- Giới hạn dưới không phụ thuộc vận tốc đối với chiều dài đường cong chuyển tiếp ($L_{K,lim}$), được quy định trong Bảng 10;

- Giới hạn trên đối với độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}$, được quy định trong Điều 6.6;

- Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$, được quy định trong Điều 6.7;
- Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$, được quy định trong Điều 6.8.

Bảng 10 - Giới hạn dưới đối với chiều dài đường cong chuyển tiếp ($L_{K,\text{lim}}$)

Giới hạn thông thường (m)	Giới hạn đặc biệt (m)
20	0

6.5.2 Chiều dài đoạn vuốt siêu cao tuyến tính và đường clothoids

Đối với đoạn vuốt siêu cao tuyến tính và đường clothoids, độ dốc vuốt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)$, tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)$ và tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ có thể tính theo Công thức (5) đến (7):

$$\frac{dD}{ds} = \frac{\Delta D}{L_D} \quad (5)$$

$$\frac{dD}{dt} = \frac{V}{q_V} \times \frac{\Delta D}{L_D} \quad (6)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V}{q_V} \times \frac{\Delta I}{L_K} \quad (7)$$

trong đó:

- ΔD - biến đổi siêu cao trên chiều dài (L_D), như xác định trong Phụ lục I;
- ΔI - biến đổi siêu cao thiếu trên chiều dài (L_K), như xác định trong Phụ lục I;
- V - vận tốc tính bằng (km/h);
- $q_V = 3,6$ (km/h)/(m/s).

Công thức (7) giả thiết rằng bất kỳ đoạn vuốt siêu cao nào trùng với đường cong chuyển tiếp, thì $L_K = L_D$, và Công thức (5) đến (7) cho rằng các tính chất toán học là không đổi trên chiều dài này. Mặt khác, phải chia đường cong chuyển tiếp và đoạn vuốt siêu cao thành các phần (với các tính chất không đổi) được đánh giá riêng biệt.

6.5.3 Chiều dài đường cong chuyển tiếp với biến đổi của độ cong và siêu cao không phải là hằng số

Đối với đường cong chuyển tiếp với biến đổi của độ cong và siêu cao không phải là hằng số, thì độ dốc vuốt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)$, tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)$ và tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ có thể được tính theo Công thức (8) đến (10):

$$\frac{dD}{ds} = q_N \times \frac{\Delta D}{L_D} \quad (8)$$

$$\frac{dD}{dt} = q_N \times \frac{V}{q_V} \times \frac{\Delta D}{L_D} \quad (9)$$

$$\frac{dI}{dt} = q_N \times \frac{V}{q_V} \times \frac{\Delta I}{L_K} \quad (10)$$

trong đó:

- ΔD - biến đổi siêu cao trên chiều dài (L_D), như xác định trong Phụ lục I;
- ΔI - biến đổi siêu cao thiếu trên chiều dài (L_K), như xác định trong Phụ lục I;
- V - vận tốc tính bằng (km/h);
- $q_V = 3,6$ (km/h)/(m/s).
- q_N - hệ số được xác định trong Bảng 11.

Đối với một số loại chuyển tiếp nhất định với biến đổi của độ cong và siêu cao không phải là hằng số, thì giá trị của hệ số (q_N) được quy định trong Bảng 11.

Bảng 11 - Hệ số (q_N) cho đoạn chuyển tiếp với biến đổi của độ cong và siêu cao không phải là hằng số

Đường cong Bloss	Đường cong hình cosin	Đường cong Helmert (đường Schramm)	Đường cong hình sin (đường Klein)
1,5	$\pi/2$	2	2

Công thức (10) giả thiết rằng bất kỳ đoạn vượt siêu cao nào trùng với đường cong chuyển tiếp, thì $L_K = L_D$, và các Công thức (8) đến (10) giả thiết rằng các tính chất toán học là không đổi trên chiều dài này. Mặt khác, phải chia đường cong chuyển tiếp và đoạn vượt siêu cao thành các phần (với các tính chất không đổi), được đánh giá riêng biệt.

Tiêu chí đối với tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)$ có thể được thay thế bằng tiêu chí đạo hàm bậc hai của siêu cao theo thời gian $\left(\frac{d^2D}{dt^2}\right)$, như xác định trong Điều 6.7.

CHÚ THÍCH:

Phụ lục A cung cấp thông tin bổ sung về đường clothoids với đoạn vượt siêu cao tuyến tính và các dạng đường cong chuyển tiếp và đoạn vượt siêu cao thay thế.

6.6 Độ dốc vượt siêu cao (dD/ds)

Giới hạn trên đối với độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$ được quy định trong Bảng 12.

Bảng 12 - Giới hạn trên đối với độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$

	Giới hạn thông thường (‰)	Giới hạn đặc biệt (‰)
$V \leq 50$ km/h	2,50	3,33 ^a
$V > 50$ km/h	2,50	

^a Theo EN 13848-5, có thể áp dụng giới hạn hạn chế hơn cho siêu cao so với giới hạn trong Bảng 6

6.7 Tốc độ biến đổi siêu cao (dD/dt)

Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đoạn vượt siêu cao tuyến tính và phi tuyến được quy định trong Bảng 13 và Bảng 14, tương ứng.

Bảng 13 - Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao cho đoạn vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đoạn vượt siêu cao tuyến tính

	Giới hạn thông thường (mm/s)	Giới hạn đặc biệt (mm/s)
--	---------------------------------	-----------------------------

Tàu không tự nghiêng $V \leq 200$ km/h		
$l \leq 160$ mm	50	70 ^a
$160 \text{ mm} < l \leq 180$ mm	50	60
Tàu không tự nghiêng $200 \text{ km/h} < V \leq 360$ km/h		
	50	60
Tàu tự nghiêng $V \leq 200$ km/h		
	75	95
Tàu tự nghiêng $200 \text{ km/h} < V \leq 260$ km/h ^b		
	60	70
^a Khi $l \leq 153$ mm và $\left(\frac{dI}{dt}\right) \leq 70$ mm/s, giới hạn đặc biệt đối với $\left(\frac{dD}{ds}\right)$ có thể tăng lên 85 mm/s. ^b Hiện tại, không có tuyến nào ở châu Âu đã sử dụng hoặc được lên kế hoạch chạy tàu với vận tốc lớn nhất vượt quá 260 km/h đối với tàu tự nghiêng.		

Bảng 14 - Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đoạn vượt siêu cao phi tuyến

Giới hạn thông thường (mm/s)	Giới hạn đặc biệt (mm/s)
$V \leq 300$ km/h ^a	
55	76 ^b
^a Hiện nay, không có tuyến nào ở châu Âu đã sử dụng hoặc được lên kế hoạch chạy tàu với vận tốc lớn nhất vượt quá 300 km/h trên đoạn vượt siêu cao phi tuyến. ^b Khi giá trị tuyệt đối của đạo hàm bậc hai của siêu cao theo thời gian $\left(\frac{d^2D}{dt^2}\right)$ nhỏ hơn 150 mm/s ² thì giới hạn này có thể được tăng lên.	

6.8 Tốc độ biến đổi siêu cao thấp (dI/dt)

Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao thấp $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đường clothoids và cho đường cong chuyển tiếp với độ dốc không cố định được quy định trong Bảng 15 và Bảng 16, tương ứng.

Bảng 15 - Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao thấp $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đường clothoids

	Giới hạn thông thường (mm/s)	Giới hạn đặc biệt (mm/s)
Tàu không tự nghiêng $V \leq 220$ km/h		
$l \leq 160$ mm	55	100
$160 \text{ mm} < l \leq 180$ mm	55	90
Tàu không tự nghiêng $220 \text{ km/h} < V \leq 300$ km/h		
	55	75

Tàu không tự nghiêng 300 km/h < V ≤ 360 km/h		
	30	55
Tàu tự nghiêng V ≤ 225 km/h		
	100	180
Tàu tự nghiêng 225 km/h < V ≤ 260 km/h ^a		
	80	
^a Hiện tại, không có tuyến nào ở châu Âu đã sử dụng hoặc được lên kế hoạch chạy tàu với vận tốc lớn nhất vượt quá 260 km/h đối với tàu tự nghiêng.		

Bảng 16 - Giới hạn trên đối với tốc độ biến đổi siêu cao thấp $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ cho đường cong chuyển tiếp với độ dốc không cố định

Giới hạn thông thường (mm/s)	Giới hạn đặc biệt (mm/s)
Tàu không tự nghiêng $V \leq 300 \text{ km/h}$	
95	120
Tàu không tự nghiêng $300 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	
30	55
Tàu tự nghiêng $V \leq 225 \text{ km/h}$	
100	180
Tàu không tự nghiêng $225 \text{ km/h} < V \leq 260 \text{ km/h}^a$	
95	120
^a Hiện tại, không có tuyến nào ở châu Âu đã sử dụng hoặc được lên kế hoạch chạy tàu với vận tốc lớn nhất vượt quá 260 km/h đối với tàu tự nghiêng.	

Khi đường cong chuyển tiếp có chiều dài không đạt chuẩn đối với tiêu chí $\left(\frac{dI}{dt}\right)$, thì phải thay tiêu chí này bằng tiêu chí mà biến đổi siêu cao thấp trên chiều dài của nó phải nhỏ hơn giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thấp (ΔI), như xác định trong Điều 6.11.

CHÚ THÍCH:

Giá trị cao đối với tốc độ biến đổi siêu cao thấp liên quan đến độ thoải mái (không thoải mái) của hành khách, xem Phụ lục H.

Đối với tàu tự nghiêng, cả hệ thống tàu nghiêng chủ động và bị động đều cần thời gian để thích ứng góc nghiêng với bán kính đường cong, và vì lý do này mà đường cong nằm phải bao gồm đoạn đường cong chuyển tiếp có đủ chiều dài. Đường cong chuyển tiếp nên trùng với đoạn vuốt siêu cao. Nếu không, khuyến nghị thực hiện các thử nghiệm vận hành đặc biệt để xác định xem có cần giảm vận tốc cho phép hay không.

Trên các tuyến có tàu tự nghiêng, đường clothoids thường được sử dụng cho đường cong chuyển tiếp, tạo ra biến đổi tuyến tính của độ cong. Khi sử dụng đường cong chuyển tiếp với độ dốc không cố định, thì phải tính đến chức năng của hệ thống tự nghiêng để phân tích sự tương tác phức tạp giữa toa xe và đường ray.

6.9 Chiều dài đoạn cong tròn có siêu cao không đổi giữa hai đoạn vuốt siêu cao tuyến tính (L_i)

Giới hạn dưới đối với chiều dài đoạn cong tròn có siêu cao không đổi giữa hai đoạn vuốt siêu cao tuyến tính ($L_{i,\text{lim}}$) được quy định trong Bảng 17.

Bảng 17 - Giới hạn dưới đối với chiều dài đoạn cong tròn có siêu cao không đổi giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính ($L_{i,lim}$)

Giới hạn thông thường (m)	Giới hạn đặc biệt ^a (m)
20	0

^a Nên tránh sử dụng giới hạn đặc biệt giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính với tổng biến đổi độ dốc vượt siêu cao lớn hơn giới hạn trên trong Bảng 12.

Đối với phương pháp khác để xác định chiều dài tối thiểu, xem Phụ lục J.

6.10 Biến đổi đột ngột độ cong ngang

Biến đổi đột ngột độ cong có thể xảy ra ở gần chỗ tiếp giáp với ghi, tại tuyến cho tốc độ thấp (đường tránh,...), hoặc tại chỗ tuyến hơi lệch trong phạm vi chiều dài giới hạn. Đó là điều không thể tránh khỏi trên ít nhất một đường có ghi. Trong hầu hết các trường hợp khác, nên sử dụng đường cong chuyển tiếp.

Đối với các biến đổi đột ngột độ cong, có các giới hạn như sau:

- Giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (ΔI_{lim}) được quy định trong Điều 6.11;
- Giới hạn dưới đối với chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong ($L_{c,lim}$) trong Điều 6.12;
- Giới hạn dưới đối với chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong ($L_{s,lim}$) trong Điều 6.13.

6.11 Biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (ΔI)

Biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (ΔI) xảy ra khi có biến đổi đột ngột độ cong. Tiếp điểm với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu gây ra động lực học của toa xe bị xáo trộn.

Độ lớn của biến đổi đột ngột siêu cao thiếu được xác định bởi các quy tắc ký hiệu nêu trong Phụ lục I.

Giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (ΔI_{lim}) được quy định trong Bảng 18.

Bảng 18 - Giới hạn trên của biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (ΔI_{lim})

	Giới hạn thông thường (mm)	Giới hạn đặc biệt (mm)
$V \leq 60$ km/h	110	130 ^a
60 km/h < $V \leq 200$ km/h	100	125
200 km/h < $V \leq 230$ km/h	85	
230 km/h < $V \leq 360$ km/h	25 ^b	

^a Khi $V \leq 40$ km/h và $|I| \leq 75$ mm cả trước và sau biến đổi đột ngột độ cong, thì giới hạn đặc biệt đối với (ΔI) có thể được tăng đến 150 mm.

^b Giới hạn này nhằm mục đích áp dụng cho đường trong khu gian. Hiện tại, không có ghi được thiết kế cho vận tốc cao hơn 230 km/h trong đường rẽ.

Khu vực bên ngoài ghi, giá trị thiết kế đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (nếu sử dụng) nên thấp hơn nhiều so với giới hạn trên trong Bảng 18.

Khi có biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, một số tuyến đường sắt ở châu Âu sử dụng nguyên tắc chuyển tiếp ảo được mô tả trong Phụ lục K. Giá trị đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, khi dựa trên nguyên tắc chuyển tiếp ảo, cũng phải tuân theo các giới hạn trên quy định trong Bảng 18.

6.12 Chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong (L_c)

Có các giới hạn về độ nhô ra ở cuối toa xe có thể khác nhau giữa hai toa xe liền kề. Tiêu chí này liên quan đến khóa đệm, nhưng các toa xe có khớp nối giữa cũng có thể có giới hạn tương tự. Độ nhô ra ở cuối toa xe là sự lệch ngang hình học (dg_a) đối với cuối toa xe, như được xác định trong EN 15273-1.

CHÚ THÍCH:

Khi một toa xe chạy trên đường cong, các góc của toa xe nhô ra khỏi ray bên ngoài đường cong một

lượng lớn hơn lượng mà chúng nhô ra khi chạy trên đường thẳng. Sự gia tăng này được gọi là độ nhô ra ở cuối toa xe (end throw).

Tiêu chuẩn này dựa trên tiêu chí về chênh lệch độ nhô ra tính ở cuối toa xe. Giới hạn đề cập đến đường cong tròn dài bán kính 190 m được nối với đường cong tròn dài cũng có bán kính 190 m, theo hướng ngược lại, với đoạn thẳng trung gian dài 6,0 m. Điều này dẫn đến giá trị lớn nhất đối với chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe là 395 mm cho hai toa xe khách dài 26,4 m với khoảng cách giá chuyển hướng 19,0 m, và cho phép đường cong tròn dài bán kính 213 m được nối trực tiếp với đường cong tròn dài cũng có bán kính 213 m, theo hướng ngược lại. Nó cũng cho phép đối với bất kỳ sự kết hợp nào của các đường cong tròn mà tại đó biến đổi độ cong nhỏ hơn $1/106,5 \text{ m}^{-1}$.

CHÚ THÍCH:

Toa xe khách EUROFIMA với các đặc điểm sau (chiều dài: 26,4 m, khoảng cách giá chuyển hướng: 19,0 m, chiều rộng bộ đệm: 635 mm, độ rơ ngang của toa xe: $\pm 60 \text{ mm}$) đáp ứng các yêu cầu liên quan đến phục hồi bộ đệm cho tình huống tham chiếu nêu trên.

Đối với đường tàu hàng chuyên dụng, tiêu chí dựa trên sự chênh lệch của độ nhô ra tính ở cuối toa xe đối với hai toa xe hàng dài 18,0 m với khoảng cách giá chuyển hướng 12,0 m, phải được giới hạn tới tối đa là 225 mm. Tiêu chí này cho phép đường cong tròn dài bán kính 200 m được nối trực tiếp với đường cong tròn dài cũng có bán kính 200 m, theo hướng ngược lại. Nó cũng cho phép đối với bất kỳ sự kết hợp nào của các đường cong tròn mà tại đó biến đổi độ cong nhỏ hơn $1/100 \text{ m}^{-1}$.

Trường hợp các đường cong nằm có độ cong chênh lệch hơn $1/106,5 \text{ m}^{-1}$ hoặc $1/100 \text{ m}^{-1}$, tương ứng, thì phải chèn vào một đoạn trung gian để giảm sự chênh lệch về độ nhô ra ở cuối toa xe, bằng cách sử dụng phương pháp tính trong EN 15273-1, xuống nhỏ hơn hoặc bằng 395 mm hoặc 225 mm, tương ứng. Đoạn trung gian này có thể là đường thẳng, đường cong chuyển tiếp, hoặc đường cong tròn. Chiều dài cần thiết của đoạn trung gian phụ thuộc vào bán kính của các đường cong bán kính nhỏ cũng như loại đoạn trung gian.

Đối với toa xe có các đặc điểm khác, người ta giả thiết rằng cơ cấu truyền động, bộ nối và bộ đệm được thiết kế cho chiều dài tối thiểu của đoạn trung gian (L_c).

Người quản lý cơ sở hạ tầng có thể quy định chiều dài hạn chế hơn, dài hơn trên (các phần dành riêng của) mạng đường của họ để ngăn khóa đệm đối với các toa xe hiện có không đáp ứng các giả thiết này.

Bảng 19 quy định giới hạn dưới cụ thể đối với chiều dài đoạn thẳng trung gian cho các kết hợp cụ thể của các đường cong tròn dài hướng ngược nhau. Đường ray có giá trị khổ đường khai thác tối đa là 1 470 mm (khổ đường danh định 1 435 mm cộng với 35 mm, xem EN 13848-5). Phụ lục L quy định chi tiết hơn và nhiều ví dụ hơn.

Bảng 19 - Giới hạn dưới cụ thể đối với chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong ($L_{c,lim}$)

Trình tự tuyến	Giới hạn đối với đường cho toa xe khách (m)	Giới hạn đối với đường tàu hàng chuyên dụng (m)
($R = 150 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 150 \text{ m}$)	10,78	6,79
($R = 160 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 160 \text{ m}$)	9,48	6,01
($R = 170 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 170 \text{ m}$)	8,30	5,20
($R = 180 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 180 \text{ m}$)	7,20	4,25
($R = 190 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 190 \text{ m}$)	6,00	3,01
($R = 200 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 200 \text{ m}$)	4,50	0
($R = 210 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 210 \text{ m}$)	2,11	0
($R = 213 \text{ m}$) - thẳng - ($R = 213 \text{ m}$)	0	0

6.13 Chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong (L_s)

Động lực học bị xáo trộn của toa xe được tạo ra bởi biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, sẽ tắt dần theo hàm thời gian.

Giới hạn dưới phụ thuộc vận tốc đối với chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong ($L_{s,lim}$) được quy định trong Công thức (11) và Bảng 20:

$$L_{s,lim} = q_{s,lim} \times V \quad (11)$$

trong đó:

$q_{s,lim}$ - hệ số, xác định trong Bảng 20, (m.h/km);

V - vận tốc của tàu, (km/h);

Bảng 20 - Giới hạn dưới của hệ số ($q_{s,lim}$) xác định chiều dài tối thiểu của đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong ($L_{s,lim}$)

	Giới hạn thông thường	Giới hạn đặc biệt
$V \leq 70$ km/h	0,20	0,10 ^a
70 km/h < $V \leq 100$ km/h	0,20	0,15 ^b
100 km/h < $V \leq 360$ km/h	0,25	0,19
^a Khi $\Delta l \leq 110$ mm và $V \leq 50$ km/h, ($q_{s,lim}$) có thể giảm xuống 0,08 m.h/km.		
^b Khi $\Delta l \leq 100$ mm và $V \leq 90$ km/h, ($q_{s,lim}$) có thể giảm xuống 0,10 m.h/km.		

CHÚ THÍCH:

Đối với ghi đặt trên đường cong chuyển tiếp, thì chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong có thể liên quan đến nhiều hơn một đoạn trung gian.

Đoạn trung gian thường là đoạn có siêu cao thiếu không đổi (hoặc siêu cao thừa không đổi). Trường hợp siêu cao thiếu không phải là hằng số, thì tốc độ biến đổi siêu cao thiếu không được lớn hơn giới hạn trên nêu trong Điều 6.8.

Giới hạn dưới ($L_{s,lim}$) không được áp dụng khi tổng biến đổi siêu cao thiếu qua hai (hoặc nhiều hơn) tiếp điểm không vượt quá giới hạn trên trong Điều 6.11. Độ lớn của tổng biến đổi siêu cao thiếu được xác định bởi quy tắc ký hiệu nêu trong Phụ lục I.

Khi có biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, một số tuyến đường ở châu Âu sử dụng nguyên tắc chuyển tiếp ảo mô tả trong Phụ lục K. Chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong, khi dựa trên nguyên tắc chuyển tiếp ảo, cũng phải tuân theo giới hạn dưới quy định trong Bảng 20.

6.14 Độ dốc dọc (p)

Phải giới hạn giá trị tuyệt đối của độ dốc dọc (p) do lực kéo sắn có liên quan đến khối lượng tàu, cũng như tính năng hãm của tàu. Không có giới hạn trên đối với độ lớn của độ dốc được quy định trong Tiêu chuẩn này. Đối với những xem xét thiết kế cụ thể, xem Phụ lục M.

CHÚ THÍCH 1:

Giới hạn trên đối với độ dốc dọc được xác định trong TSI INF.

Giới hạn dưới đối với chiều dài độ dốc dọc không đổi ($L_{g,lim}$) quy định trong Bảng 21.

Bảng 21 - Giới hạn dưới đối với chiều dài độ dốc dọc không đổi ($L_{g,lim}$)

Giới hạn thông thường (m)	Giới hạn đặc biệt (m)
20	0

Đối với tuyến đường cho đầu máy toa xe cụ thể với hệ thống treo thứ cấp bằng không khí, giữa đường cong lồi và đường cong lõm mà chúng đều có bán kính cong đứng gần với giới hạn dưới đặc biệt như xác định trong Điều 6.15, thì nên áp dụng giới hạn dưới $0,5 \text{ m/(km/h)} \times V$ cho chiều dài độ dốc không đổi của đoạn trung gian.

Tiêu chuẩn này không quy định giới hạn trên đối với chiều dài độ dốc dọc không đổi ($L_{g,u,lim}$).

CHÚ THÍCH 2:

Các giới hạn trên cụ thể đối với chiều dài độ dốc dọc được xác định trong TSI INF.

6.15 Bán kính đường cong đứng (R_v)

Đường cong đứng thường được thiết kế theo dạng parabol (đa thức bậc hai) hoặc đường cong tròn. Đường cong đứng có thể được thiết kế không có đường cong chuyển tiếp.

CHÚ THÍCH:

Đường cong đứng trong đường rẽ của ghi có siêu cao, có thể là đa thức bậc cao hơn so với parabol.

Ghi nên được lắp đặt ở chỗ đường bằng, trên độ dốc không đổi, hoặc ở đoạn bán kính cong đứng lớn. Giới hạn dưới không phụ thuộc vận tốc đối với bán kính cong đứng ($R_{v,lim}$) được quy định trong Bảng 22.

Bảng 22 - Giới hạn dưới đối với bán kính cong đứng ($R_{v,lim}$)

	Giới hạn thông thường (m)	Giới hạn đặc biệt (m)
Chung	2 000	500 ^a
Ghi, đường cong lồi	5 000	2 000
Ghi, đường cong lõm	3 000	2 000
Dốc gù cho lập tàu, đường cong lồi	250 ^a	
Dốc gù cho lập tàu, đường cong lõm	300 ^a	
^a Không phải tất cả các toa xe được thiết kế và phê duyệt cho bán kính cong đứng nhỏ hơn 500 m (xem EN 15273-2).		

Bán kính cong đứng cho cả đường trong khu gian và ghi cũng phải tuân theo các giới hạn dưới phụ thuộc vào vận tốc, được quy định trong Công thức (12) và Bảng 23.

$$R_v \geq q_{R,lim} \times V^2 \quad (12)$$

Bảng 23 - Giới hạn dưới đối với hệ số cho bán kính cong đứng ($q_{R,lim}$)

	Giới hạn thông thường (m.h ² /km ²)	Giới hạn đặc biệt (m.h ² /km ²)
Đường cong lồi	0,35	0,15
Đường cong lõm	0,35	0,13

Không có giới hạn trên đối với bán kính cong đứng trong Tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn hiện hành có thể có giới hạn trên như vậy, liên quan đến khả năng của phần mềm định tuyến để xử lý các số lớn, hoặc liên quan đến các khía cạnh thực tế khác.

6.16 Chiều dài đường cong đứng (L_v)

Giới hạn dưới đối với chiều dài đường cong đứng ($L_{v,lim}$) được quy định trong Bảng 24.

Bảng 24 - Giới hạn dưới đối với chiều dài đường cong đứng ($L_{v,lim}$)

Giới hạn thông thường (m)	Giới hạn đặc biệt (m)
20	0

6.17 Biến đổi đột ngột độ dốc dọc (Δp)

Hai độ dốc dọc không đổi thường không được nối với nhau mà không có đường cong đứng trung gian. Trong trường hợp đặc biệt, có thể có biến đổi đột ngột độ dốc dọc (Δp). Độ lớn của biến đổi đột ngột độ dốc dọc (Δp) được xác định bởi các quy tắc ký hiệu trong Phụ lục I.

Giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột độ dốc dọc (Δp_{lim}) được quy định Bảng 25.

Bảng 25 - Giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột độ dốc dọc ở đường trong khu gian (Δp_{lim})

	Giới hạn thông thường (‰)	Giới hạn đặc biệt (‰)
0 km/h \leq V \leq 230 km/h	1,0	2,0
230 km/h < V \leq 360 km/h	0,5	1,0

Đối với đường tránh, có vận tốc cho phép không quá 40 km/h, giới hạn đặc biệt có thể được tăng đến 4,5 ‰, với điều kiện là biến đổi đột ngột độ dốc xảy ra bên ngoài ghi.

Bên trong ghi đặt qua tiếp điểm mà tại đó có biến đổi đột ngột độ dốc vượt siêu cao, thì sẽ có sự biến

đổi đột ngột liên quan của độ dốc dọc cho đường rẽ. Ảnh hưởng này có thể được bỏ qua do nó được tính đến bởi giới hạn trên đối với độ dốc vượt siêu cao.

CHÚ THÍCH:

Đối với đường dốc lên phà, giới hạn đối với biến đổi đột ngột độ dốc dọc được quy định trong EN 15273-3.

Không nên bố trí hai biến đổi đột ngột độ dốc dọc gần nhau. Tuy nhiên, việc bố trí có thể là hợp lý trong đường rẽ giữa hai ghi. Khoảng cách giữa hai biến đổi đột ngột độ dốc dọc nên vượt quá chiều dài đường cong đứng, với bán kính cong theo Điều 6.15, mà tạo ra cùng một tổng biến đổi độ dốc dọc.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Thông tin bổ sung về hình dạng và chiều dài đường cong chuyển tiếp

A.1 Quy định chung

Dạng đường cong chuyển tiếp phổ biến nhất là đường Clothoid (đôi khi xấp xỉ là đa thức bậc ba), mà tại đó độ cong biến đổi tuyến tính theo lý trình. Nếu đường cong chuyển tiếp trùng với đoạn vượt siêu cao, thì siêu cao thực tế biến đổi tuyến tính theo lý trình. Do đó, độ dốc vượt siêu cao là cố định dọc theo đường cong chuyển tiếp, nhưng biến đổi đột ngột ở đầu và cuối đường cong chuyển tiếp.

Tuy nhiên, cũng tồn tại các dạng đường cong chuyển tiếp và dạng vượt siêu cao khác. Đặc điểm chung là biến đổi đột ngột độ dốc vượt siêu cao tại tiếp điểm được loại bỏ. Do đó, đạo hàm của siêu cao là liên tục qua tiếp điểm, nhưng đạo hàm bậc hai của siêu cao có thể biến đổi đột ngột.

Đối với một trong các đường cong chuyển tiếp hoặc đoạn vượt siêu cao, đường cong hình sin, cũng là đạo hàm bậc hai của siêu cao liên tục qua tiếp điểm, nhưng đạo hàm bậc ba của siêu cao thì có thể biến đổi đột ngột.

Điều A.2 định nghĩa và trình bày một số tính chất của các đường cong chuyển tiếp và đoạn vượt siêu cao sau đây:

- Đường Clothoid;
- Đường cong *Helmert*, cũng được biết là đường cong *Schramm*,
- Đường cong *Bloss*;
- Đường cong hình cosin;
- Đường cong hình sin, cũng được biết là đường cong *Klein*.

Điều A.3 mô tả các phân tích sâu hơn về sự làm việc của toa xe cứng trên đoạn vượt siêu cao - tuyến đường có tính đến trọng tâm và chuyển động bám lắn của toa xe.

A.2 Định nghĩa và tính chất của đường cong chuyển tiếp và đoạn vượt siêu cao khác nhau

A.2.1 Định nghĩa

Trong Điều này, giả thiết rằng đường cong chuyển tiếp và đoạn vượt siêu cao là cùng dạng và trùng nhau. Do đó, chiều dài đoạn vượt siêu cao (L_D) bằng với chiều dài đường cong chuyển tiếp (L_K). Siêu cao và độ cong tuân theo cùng một dạng hàm toán học, do đó chỉ trình bày công thức đối với siêu cao trong Bảng A.1.

Bảng A.1 - Định nghĩa đoạn vượt siêu cao (và đường cong chuyển tiếp)

Dạng đoạn vượt siêu cao (và đường cong chuyển tiếp)	Hàm toán học đối với siêu cao
Tuyến tính (đường clothoids)	$D(s) = D_1 + \frac{s}{L_D} \times \Delta D$

Đường cong <i>Helmert</i> (đường cong <i>Schramm</i>)	<p>Nửa thứ nhất: $D(s) = D_1 + 2 \cdot \left(\frac{s}{L_D} \right)^2 \times \Delta D$</p> <p>Nửa thứ hai: $D(s) = D_1 + \left[1 - 2 \cdot \left(1 - \frac{s}{L_D} \right)^2 \right] \times \Delta D$</p>
Đường cong <i>Bloss</i>	$D(s) = D_1 + \left(3 - 2 \cdot \frac{s}{L_D} \right) \times \left(\frac{s}{L_D} \right)^2 \times \Delta D$
Đường cong hình cosin	$D(s) = D_1 + \frac{1}{2} \times \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot s}{L_D} \right) \times \Delta D$
Đường cong hình sin (đường cong <i>Klein</i>)	$D(s) = D_1 + \left(\frac{s}{L_D} - \frac{1}{2 \cdot \pi} \times \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot s}{L_D} \right) \times \Delta D$

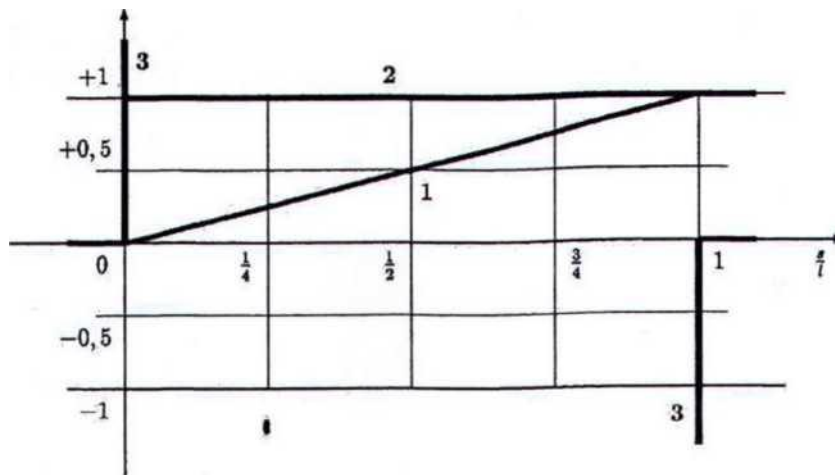
A.2.2 Các tính chất

Giá trị đỉnh đối với đạo hàm bậc một, bậc hai và bậc ba của siêu cao (theo lý trình), được trình bày trong Bảng A.2. Siêu cao và độ cong tuân theo cùng một dạng hàm toán học, do đó chỉ các đạo hàm đối với siêu cao được trình bày trong Bảng A.2. Để tính các đạo hàm theo thời gian, đạo hàm bậc một được nhân với vận tốc (tính bằng m/s), đạo hàm bậc hai được nhân với vận tốc lũy thừa 2, và đạo hàm bậc ba được nhân với vận tốc lũy thừa 3. Bảng A.2 trình bày các giá trị gần đúng (dựa trên xấp xỉ góc nhỏ) đối với dịch chuyển ngang (sự thay đổi vị trí theo phương ngang) được tạo ra khi đường cong chuyển tiếp được đặt giữa hai đoạn có độ cong không đổi.

Bảng A.2 - Các tính chất cụ thể đối với đoạn vuốt siêu cao và đường cong chuyển tiếp

Loại đoạn vuốt siêu cao (và đường cong chuyển tiếp)	Đạo hàm bậc một của siêu cao	Đạo hàm bậc hai của siêu cao	Đạo hàm bậc ba của siêu cao	Dịch chuyển ngang (gần đúng)
Tuyến tính (đường clothoid)	$\frac{\Delta D}{L_D}$	vô hạn	vô hạn	$\frac{L_K^2}{24} \times \left \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right $
Đường cong <i>Helmert</i> (đường cong <i>Schramm</i>)	$2 \times \frac{\Delta D}{L_D}$	$4 \times \frac{\Delta D}{L_D^2}$	vô hạn	$\frac{L_K^2}{48} \times \left \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right $
Đường cong <i>Bloss</i>	$\frac{3}{2} \times \frac{\Delta D}{L_D}$	$6 \times \frac{\Delta D}{L_D^2}$	vô hạn	$\frac{L_K^2}{40} \times \left \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right $
Đường cong hình cosin	$\frac{\pi}{2} \times \frac{\Delta D}{L_D}$	$\frac{\pi^2}{2} \times \frac{\Delta D}{L_D^2}$	vô hạn	$\frac{L_K^2}{42,23} \times \left \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right $
Đường cong hình sin (đường cong <i>Klein</i>)	$2 \times \frac{\Delta D}{L_D}$	$2 \cdot \pi \times \frac{\Delta D}{L_D^2}$	$4 \cdot \pi^2 \times \frac{\Delta D}{L_D^3}$	$\frac{L_K^2}{61,21} \times \left \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right $

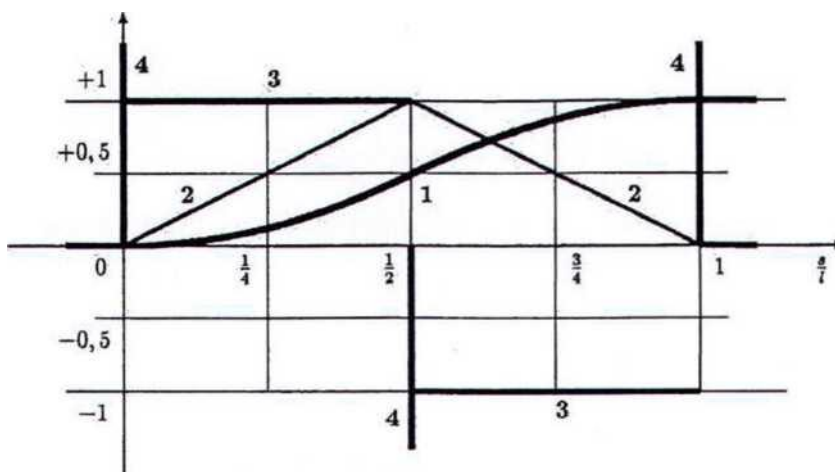
Hình dạng của hàm số đối với siêu cao và độ cong, và các đạo hàm của chúng được minh họa trong các Hình C1 đến Hình C7, (trong đó (l) hoặc là (L_D) hoặc là (L_K)).



CHÚ DẪN:

- 1 siêu cao và độ cong
- 2 đạo hàm bậc một
- 3 đạo hàm bậc hai (vô hạn)

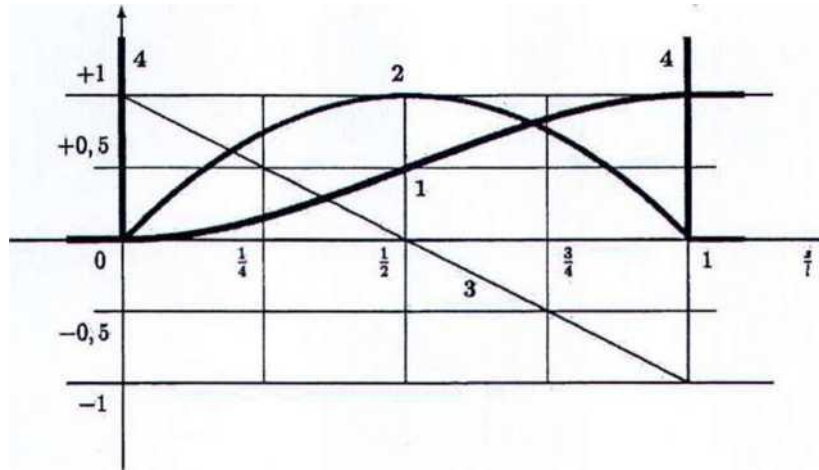
Hình A.1 - Đường clothoid với đoạn vuốt siêu cao tuyến tính - siêu cao và độ cong được chuẩn hóa trong mặt bằng, đạo hàm được chuẩn hóa



CHÚ DẪN:

- 1 siêu cao và độ cong
- 2 đạo hàm bậc một
- 3 đạo hàm bậc hai
- 4 đạo hàm bậc ba (vô hạn)

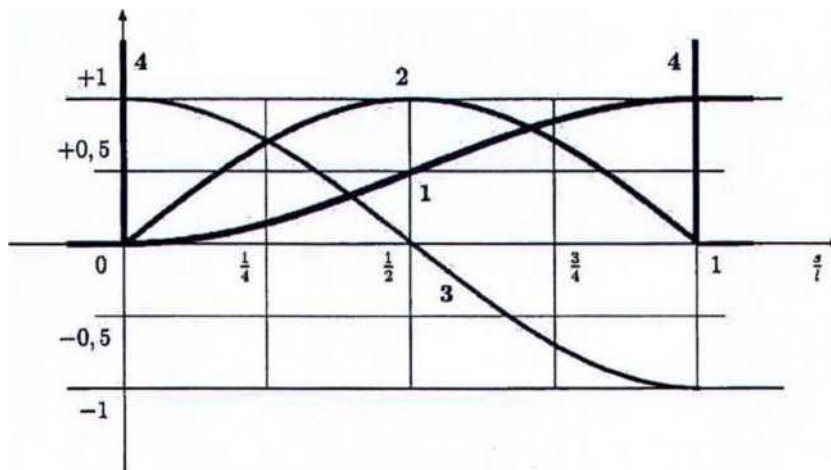
Hình A.2 - Đường cong chuyển tiếp Helmert (đường Schramm) - siêu cao và độ cong được chuẩn hóa trong mặt bằng, đạo hàm được chuẩn hóa



CHÚ DẪN:

- 1 siêu cao và độ cong
- 2 đạo hàm bậc một
- 3 đạo hàm bậc hai
- 4 đạo hàm bậc ba (vô hạn)

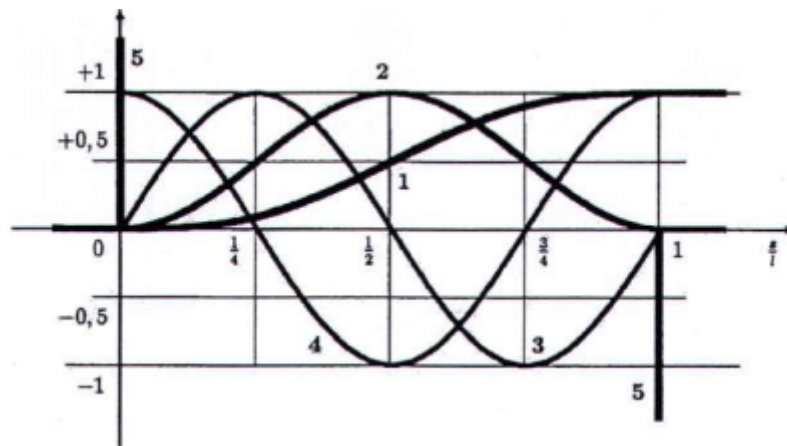
Hình A.3 - Đường cong chuyển tiếp Bloss - siêu cao và độ cong được chuẩn hóa trong mặt bằng, đạo hàm được chuẩn hóa



CHÚ DẪN:

- 1 siêu cao và độ cong
- 2 đạo hàm bậc một
- 3 đạo hàm bậc hai
- 4 đạo hàm bậc ba (vô hạn)

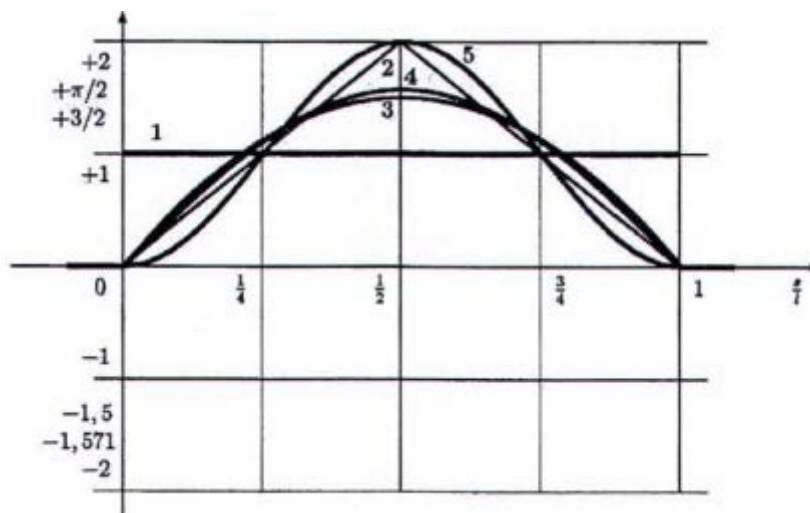
Hình A.4 - Đường cong chuyển tiếp hình cosin - siêu cao và độ cong được chuẩn hóa trong mặt bằng, đạo hàm được chuẩn hóa



CHÚ DẪN:

- 1 siêu cao và độ cong
- 2 đạo hàm bậc một
- 3 đạo hàm bậc hai
- 4 đạo hàm bậc ba
5. đạo hàm bậc 4 (vô hạn)

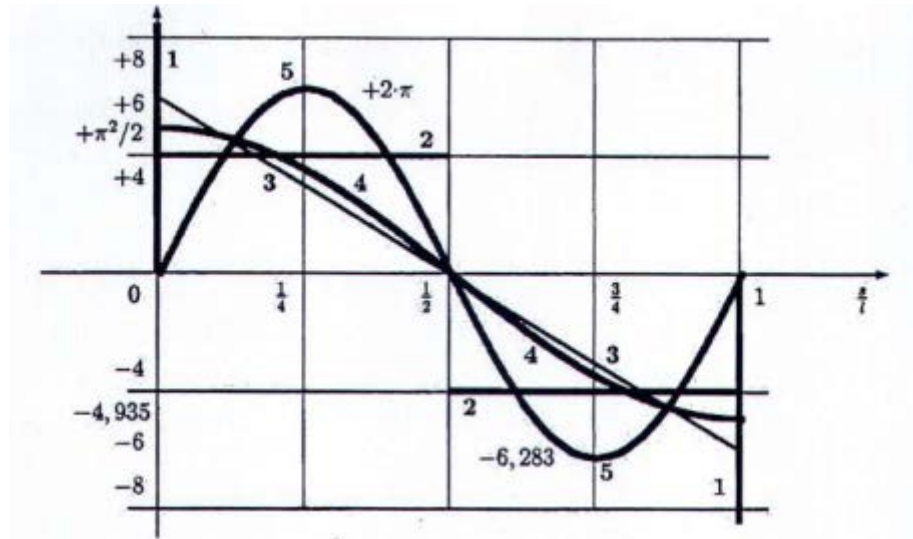
Hình A.5 - Đường cong chuyển tiếp hình sin (đường *Klein*) - siêu cao và độ cong được chuẩn hóa trong mặt bằng, đạo hàm được chuẩn hóa



CHÚ DẪN:

- 1 đường clothoid với đoạn vuốt siêu cao tuyến tính
- 2 đường cong chuyển tiếp *Helmert* (đường *Schramm*)
- 3 đường cong chuyển tiếp *Bloss*
- 4 đường cong chuyển tiếp hình cosin
5. đường cong chuyển tiếp hình sin (đường *Klein*)

Hình A.6 - Đạo hàm bậc một không thứ nguyên



CHÚ DẪN:

- 1 đường clothoid với đoạn vuốt siêu cao tuyến tính (vô hạn)
- 2 đường cong chuyển tiếp *Helmert* (đường *Schramm*)
- 3 đường cong chuyển tiếp *Bloss*
- 4 đường cong chuyển tiếp hình cosin
5. đường cong chuyển tiếp hình sin (đường *Klein*)

Hình A.7 - Đạo hàm bậc hai không thứ nguyên

A.3 Các khía cạnh bổ sung có thể được xem xét đối với thiết kế tiên tiến tuyến đường

A.3.1 Khái quát

Trong tuyến đường thông thường, gia tốc ngang và tốc độ biến đổi gia tốc (độ giật) ngang được tính đối với một điểm ở cao độ đường ray (tỷ lệ với siêu cao thiếu và tốc độ biến đổi siêu cao thiếu). Khi thân xe tiếp xúc với chuyển động bám lắn được tạo ra bởi độ dốc vuốt siêu cao, gia tốc ngang và tốc độ biến đổi gia tốc ngang đối với trọng tâm của toa xe là hơi khác nhau.

Nếu siêu cao được áp dụng bằng cách nâng một ray lên cao hơn cao độ của trục dọc và giữ ray kia ở cùng cao độ với trục dọc, thì cũng sẽ có ảnh hưởng nhỏ đến gia tốc thẳng đứng của trọng tâm toa xe. Ảnh hưởng này có thể được loại bỏ bằng cách nâng một ray và hạ thấp ray kia theo tỷ lệ tương tự.

A.3.2 Thiết kế tiên tiến tuyến đường

A.3.2.1 Quy định chung

Gia tốc ngang và tốc độ biến đổi gia tốc ngang ở đây được mô tả cho toa xe cứng di chuyển dọc theo đường ray không có tính đàn hồi. Có thể định lượng chuyển động bám lắn tạo ra bởi độ dốc vuốt siêu cao, cũng như ảnh hưởng của chúng đến chuyển động ngang của trọng tâm ở chiều cao giả định (h) so với cao độ đường ray.

Do đó, đường cong chuyển tiếp trong hình chiếu bằng có được hình dạng để bù cho sự dịch chuyển ngang của trọng tâm do chuyển động bám lắn. Có thể đạt được hàm liên tục đối với gia tốc ngang không bù tại chiều cao (h).

Tuyến đường bắt đầu với một hàm được quy định cho tổng gia tốc ngang không bù tại chiều cao thiết kế tuyến (h). Gia tốc ngang không bù tổng cộng tại chiều cao (h), góc *Froude* (β_0) (xem Điều A.3.2.4), và siêu cao cân bằng tuân theo hàm giống với siêu cao, mà có ảnh hưởng đến hình dạng trên hình chiếu bằng của tim đường. Phương pháp này vẫn giữ nguyên đối với đường cong chuyển tiếp “out-swinging”, bắt đầu bằng độ cong ngược nhỏ.

CHÚ THÍCH:

Đường cong chuyển tiếp “out-swinging” là đoạn đường mà trên đó siêu cao được thực hiện bằng cách xoay mặt phẳng đường ray quanh trọng tâm của phương tiện.

Khi siêu cao là không đổi, thì tất cả các tiêu chí hình học vẫn không thay đổi so với phần quy định của tiêu chuẩn này.

A.3.2.2 Gia tốc góc quanh trục lắn

Gia tốc góc quanh trục lăn (α) tỷ lệ với đạo hàm bậc hai (theo thời gian) của siêu cao. Nếu biểu diễn bằng đơn vị rad/s^2 , thì gia tốc góc có thể được tính bằng cách chia đạo hàm bậc hai của siêu cao cho khoảng cách giữa các tâm danh đỉnh của hai diện tiếp xúc của bánh xe (e). Trong Công thức (A.1), $e = 1\,500\text{ mm}$ cho khổ đường 1 435 mm.

$$\frac{d^2 D}{ds^2} = \frac{\alpha}{exq_v^2} \quad (\text{A.1})$$

trong đó:

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

Có thể chọn giới hạn cho gia tốc lăn $\alpha_{\text{lim}} \approx 0,1 \text{ rad/s}^2$. Cùng với giới hạn gia tốc ngang và gia tốc thẳng đứng không bù, điều này giới hạn trường gia tốc ở mọi chỗ trong toa xe.

A.3.2.3 Tốc độ biến đổi gia tốc góc quanh trục lăn

Tốc độ biến đổi gia tốc góc quanh trục lăn ($\dot{\alpha}$) tỷ lệ với đạo hàm bậc ba (theo thời gian) của siêu cao. Nếu biểu diễn bằng đơn vị rad/s^3 , thì nó có thể được tính bằng cách chia đạo hàm bậc ba của siêu cao cho khoảng cách giữa các tâm danh đỉnh của hai diện tiếp xúc của bánh xe (e). Trong Công thức (A.2), $e = 1\,500\text{ mm}$ đối với khổ đường 1 435 mm.

$$\frac{d^3 D}{ds^3} = \frac{\dot{\alpha}}{exq_v^3} \quad (\text{A.2})$$

trong đó:

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

Điều kiện này không cho phép bước nhảy trong đạo hàm cục bộ bậc hai của siêu cao, cũng như, nếu tỷ lệ giữa độ cong ngang và siêu cao, trong đạo hàm cục bộ bậc hai của độ cong. Có thể chọn giới hạn cho tốc độ biến đổi gia tốc góc $\dot{\alpha}_{\text{lim}} \approx 0,2 \text{ rad/s}^3$.

A.3.2.4 Gia tốc ngang không bù

Số hạng bổ sung cho gia tốc ngang đối với trọng tâm của toa xe cứng có thể được tính bằng cách nhân gia tốc góc quanh trục lăn (α) với chiều cao giả định (h) của trọng tâm so với cao độ đường ray.

Góc (β_Q) giữa pháp tuyến của mặt phẳng đường ray và hợp lực gia tốc ngang không bù trong thân xe (a_Q) đại diện cho số không thứ nguyên W . Froude được xác định cho tất cả các hệ thống dẫn hướng đường ray và phải được giới hạn ở mọi chỗ dọc theo đường ray. Trong Công thức (A.3), $e = 1\,500\text{ mm}$ cho khổ đường 1 435 mm.

$$|\beta_Q| = \frac{|a_Q|}{g} = \left| \frac{1}{g} \times \left(\kappa_H + \frac{h}{e} \times \frac{d^2 D}{ds^2} \right) \times \left(\frac{V}{q_v} \right)^2 - \frac{D}{e} \right| \leq \frac{a_{Q\text{lim}}}{g} = \frac{I_{\text{lim}}}{e} \quad (\text{A.3})$$

trong đó:

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

$$\kappa_H \text{ - độ cong ngang, (1/m).}$$

Giới hạn đối với siêu cao thiếu được quy định trong Bảng 7 và Bảng 8 của Điều 6.3.

Bên ngoài đoạn vượt siêu cao, ví dụ nếu siêu cao là cố định như bình thường trong đường cong tròn, đạo hàm bậc hai của siêu cao trong Công thức (A.3) sẽ biến mất. Do đó, phương trình và điều kiện được rút gọn thành các công thức trong phần chính của Tiêu chuẩn này.

A.3.2.5 Tốc độ biến đổi gia tốc ngang không bù

Số hạng bổ sung đối với tốc độ biến đổi gia tốc ngang cho trọng tâm của toa xe cứng, có thể được tính bằng cách nhân tốc độ biến đổi gia tốc góc quanh trục lăn với chiều cao giả định (h) của trọng tâm so với cao độ đường ray.

Trong Công thức (A.4), $e = 1\,500\text{ mm}$ cho khổ 1 435 mm.

$$\left| \frac{d\beta_Q}{dt} \right| = \frac{1}{g} \times \left| \frac{da_Q}{dt} \right| = \left| \frac{1}{g} \times \left(\frac{d\kappa_H}{ds} + \frac{h}{e} \times \frac{d^3 D}{ds^3} \right) \times \left(\frac{V}{q_v} \right)^2 - \frac{1}{e} \times \frac{dD}{ds} \right| \times \frac{V}{q_v} \leq \frac{1}{g} \times \left(\frac{da_Q}{dt} \right)_{\text{lim}} = \frac{1}{e} \times \left(\frac{dI}{dt} \right)_{\text{lim}} \quad (\text{A.4})$$

trong đó:

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

$$\frac{dk_H}{ds} - \text{đạo hàm của độ cong ngang theo lý trình, (1/m}^2\text{)}.$$

Giới hạn cho tốc độ biến đổi siêu cao thiếu được quy định trong Bảng 16 của Điều 6.8.

A.3.2.6 Gia tốc thẳng đứng và tốc độ biến đổi gia tốc thẳng đứng

Gia tốc thẳng đứng cục bộ vuông góc với mặt phẳng ngang là tiêu chí động lực học duy nhất giống với phần quy định của Tiêu chuẩn này. Giới hạn cho gia tốc thẳng đứng có thể được rút ra từ Bảng 23 của Điều 6.15.

Để cải thiện độ thoải mái, đặc biệt là nếu cho phép gia tốc thẳng đứng lớn tại một số vị trí nhất định, thì tốc độ biến đổi gia tốc (độ giật) thẳng đứng vuông góc với mặt phẳng ngang có thể bị hạn chế bằng cách sử dụng đường cong chuyển tiếp theo phương đứng. Sau đó, tốc độ biến đổi gia tốc được giới hạn ở mọi chỗ trong phạm vi toa xe.

Phụ lục B

(Tham khảo)

Các ràng buộc và rủi ro liên quan đến sử dụng các giới hạn đặc biệt

Đối với một số tham số nhất định, Tiêu chuẩn này cũng quy định các giới hạn đặc biệt, ít hạn chế hơn các giới hạn thông thường, đại diện cho các giới hạn hạn chế nhất được áp dụng bởi bất kỳ tuyến đường nào.

Đối với các tham số đó, việc sử dụng các giá trị cao hơn giới hạn thông thường cho đến giới hạn đặc biệt, dẫn đến giảm độ thoải mái của hành khách và có thể dẫn đến chi phí bảo trì đường ray cao hơn. Do đó, cần tránh sử dụng những giá trị không cần thiết đó.

Cho phép sử dụng các giới hạn đặc biệt quy định trong Tiêu chuẩn này nếu việc sử dụng các giới hạn đó phát sinh chi phí không thể chấp nhận để đạt được vận tốc mong muốn. Tuy nhiên, mọi nỗ lực cần được thực hiện để thiết kế tuyến với độ dự trữ đáng kể so với giới hạn.

Các giới hạn đặc biệt cho siêu cao thiếu chỉ được chấp nhận đối với một số thiết kế nhất định của toa xe và thậm chí sau đó, nó sẽ dẫn đến mức độ thoải mái thấp hơn cho hành khách và gần như chắc chắn chi phí bảo trì cao hơn.

Ghi nhảy cảm hơn với các ảnh hưởng động lực học ở vận tốc cao hơn, đặc biệt là trong phạm vi bố trí cong và, do đó, hậu quả (những bất lợi) của việc sử dụng các giá trị gần với giới hạn đặc biệt là lớn hơn trong các điều kiện tương đương của đường trong khu gian.

Do sự phức tạp về kết cấu của ghi, những bất lợi về mặt kinh tế của việc sử dụng các giá trị động lực học cao hoặc không tối ưu hóa thiết kế trở nên rất quan trọng.

Sự mài mòn gia tăng đối với các bộ phận đường ray, gây ra sự suy giảm chất lượng đường ray nhanh hơn, làm gia tăng công tác bảo trì đường ray và có thể dẫn đến độ tin cậy kém của việc lắp đặt đường ray.

Các ràng buộc và rủi ro liên quan đến việc sử dụng các giá trị thiết kế gần với giới hạn đặc biệt phụ thuộc vào loại phương tiện sử dụng trên đường ray và mật độ giao thông.

Sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa toa xe và bố trí ghi, hoặc các cấu hình tuyến khác với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu là phức tạp. Hiện tại không có tiêu chuẩn quốc tế nào về sự tương đồng của phương tiện đối với các điều kiện như vậy và đối với bán kính đường cong nằm rất nhỏ.

Trong các đường cong nằm có bán kính rất nhỏ, các yếu tố sau đây cũng có thể có ảnh hưởng gia tăng đến rủi ro về trật bánh đối với các phương tiện khác nhau:

- Điều kiện bôi trơn ở giao diện của bánh xe và ray;
- Độ cứng của hệ thống treo sơ cấp và thứ cấp;
- Lực dọc trục trong phạm vi đoàn tàu;
- Góc xung kích ở mũi lườn ghi.

Phụ lục C

(Tham khảo)

Đánh giá các điều kiện ở mũi lưỡi ghi

C.1 Quy định chung

EN 13232-3 quy định các giới hạn trên phụ thuộc vào vận tốc đối với góc tấn (α) (góc giữa bánh xe và ray).

Đối với đường trong khu gian ở phần trước của lưỡi ghi, EN 13232-3 xác định góc tấn (α) là tổng của ba số hạng:

- (ψ_1) đó là do sự hoạt động trong các ổ lăn và hệ thống treo sơ cấp (phụ thuộc vào toa xe);
- (ψ_2) đó là do sự hoạt động giữa các bánh xe và ray (tùy thuộc vào việc mở rộng khổ đường, biên dạng bánh xe và chiều dài cơ sở);
- (ψ_3) đó là do bình diện (tùy thuộc vào chiều dài cơ sở, và độ cong ngang).

Đối với lưỡi ghi, có góc xung kích (θ) ở đầu lưỡi ghi. Góc xung kích là lớn đặc biệt đối với lưỡi ghi dạng giao nhau. EN 13232-3 quy định giới hạn trên đối với góc xung kích.

Khi có đường cong nằm ở trước lưỡi ghi, cùng hướng với bán kính của lưỡi ghi, Công thức (C.1) được áp dụng:

$$\alpha = \theta + \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 \quad (C.1)$$

Do đó, bình diện ở trước đầu lưỡi ghi sẽ tạo ra góc (ψ_3) theo Công thức (C.2):

$$\psi_3 \leq \alpha_{\text{lim}} - \theta - \psi_1 - \psi_2 \quad (C.2)$$

C.2 Phương pháp dựa trên bán kính có hiệu

Siêu cao thiếu đối với bán kính có hiệu ở mũi lưỡi ghi (R_s) có thể được sử dụng để xác định vận tốc cho phép qua đường rẽ trong lưỡi ghi dạng giao nhau. Bán kính có hiệu ở mũi lưỡi ghi, khi lưỡi ghi được đặt trên đường thẳng, thu được bằng cách xem khoảng hở giữa mũi lưỡi ghi và dây cung bằng với khoảng cách giữa tâm giá chuyển hướng (L_b) như là hàm sin ngược (v), xem Hình C.1. Bán kính có hiệu ở mũi lưỡi ghi được xác định theo Công thức (C.3):

$$R_s = \frac{L_b^2}{8xv} \quad (C.3)$$

trong đó:

R_s, L_b, v - được tính bằng (m).

Chiều dài dây cung (L_b) thường bằng khoảng cách ngắn nhất giữa tâm giá chuyển hướng của toa xe khách hoạt động trên tuyến hoặc đường sắt (xem Phụ lục K).

Nếu lưỡi ghi được đặt trong đường cong bán kính (R_l), thì bán kính có hiệu ở mũi lưỡi ghi (R'_s) được xác định theo Công thức (C.4) hoặc (C.5):

- Khi mũi lưỡi ghi là loại lưỡi ghi cong ở bên trong:

$$R'_s = \frac{R_s \times R_l}{R_s + R_l} \quad (C.4)$$

- Khi mũi lưỡi ghi là loại lưỡi ghi cong ở bên ngoài:

$$R'_s = \left| \frac{R_s \times R_l}{R_s - R_l} \right| \quad (C.5)$$

CHÚ THÍCH 1:

Lưỡi ghi cong ở bên trong luôn là uốn giống nhau, trong khi đó lưỡi ghi cong ở bên ngoài có thể được xem là uốn giống nhau ($R_s > R_l$), uốn ngược nhau ($R_s < R_l$), hoặc thẳng ($R_s = R_l$).

Siêu cao thiếu tương đương (I_s) có thể được tính theo Công thức (C.6) hoặc (C.7):

- Đối với lưỡi ghi đặt trên đoạn thẳng:

$$I_s = C \times \frac{v^2}{R_s} - D \quad (C.6)$$

- Đối với lưỡi ghi đặt trên đoạn cong:

$$I_s = C x \frac{V^2}{R'_s} - D \quad (C.7)$$

trong đó:

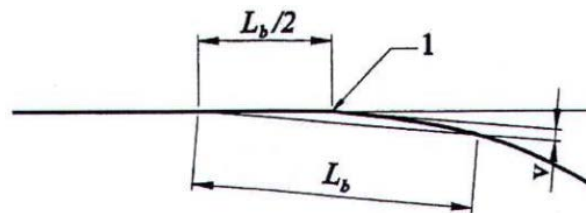
- C = 11,8 mm.m.h²/km²;
 D - siêu cao, có thể dương (+) hoặc âm (-), (mm).

CHÚ THÍCH 2:

Giá trị âm đối với (I_s) có thể xảy ra, thể hiện siêu cao thừa.

Với phương pháp này, giới hạn trên 125 mm được sử dụng cho giá trị tuyệt đối của (I_s).

Tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu đối với bán kính có hiệu ở mũi lưỡi ghi không được xét đến khi xác định vận tốc cho phép tối đa trên đường rẽ ở chỗ bố trí ghi.



CHÚ DẪN:

1. mũi lưỡi ghi

Hình C.1 - Các tham số để tính bán kính có hiệu ở mũi lưỡi ghi

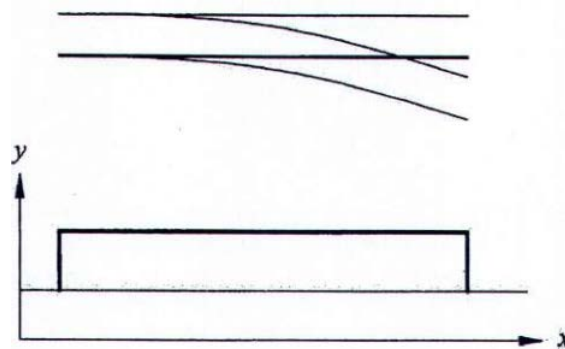
Phụ lục D

(Tham khảo)

Xem xét thiết kế đối với ghi

D.1 Các ví dụ về ghi thông thường

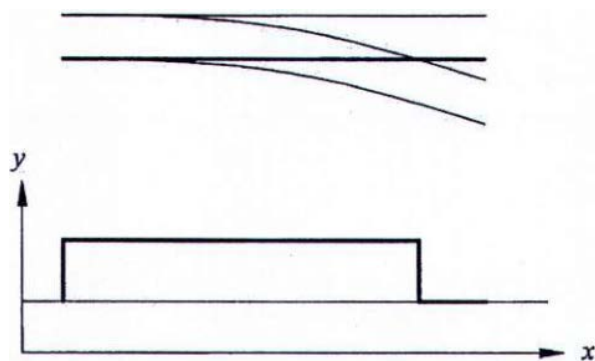
Một số dạng ghi thông thường được thể hiện trong Hình D.1 đến Hình D.4.



CHÚ DẪN:

- x. lý trình
y. độ cong

Hình D.1 - Ray và độ cong ngang đối với đường rẽ của ghi với tâm ghi cong



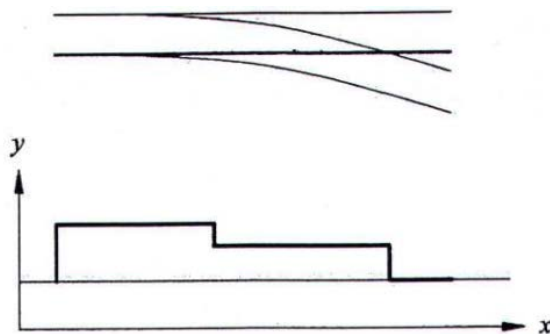
CHÚ DẪN:

x. lý trình

y. độ cong

Hình D.2 - Ray và độ cong ngang đối với đường rẽ của ghi với tâm ghi thẳng

Đặc trưng đối với ghi là bán kính không đổi qua phần lưới ghi và phần ray dẫn.



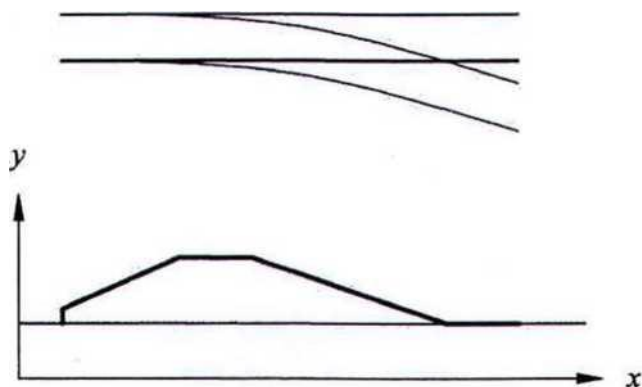
CHÚ DẪN:

x. lý trình

y. độ cong

Hình D.3 - Ray và độ cong ngang đối với đường rẽ của ghi cong tròn (ghi liên hợp) với tâm ghi thẳng

Đặc trưng đối với ghi cong tròn là bán kính không đổi qua phần lưới ghi và bán kính không đổi khác (nhỏ hơn hoặc lớn hơn) qua phần ray dẫn.



CHÚ DẪN:

x. lý trình

y. độ cong

Hình D.4 - Ray và độ cong ngang đối với đường rẽ của ghi chuyển tiếp với tâm ghi thẳng

Đặc trưng đối với ghi chuyển tiếp là sử dụng đường cong chuyển tiếp với việc tăng và/hoặc giảm độ

cong. Do các hạn chế về hình học, sẽ luôn có biến đổi đột ngột độ cong ở đầu của lưỡi bệ ghi. Một số ghi chuyển tiếp nhất định cũng có biến đổi đột ngột độ cong ở cuối ghi. Chiều dài phần cong tròn của đoạn cong có thể bằng không. Ngoài ra, chiều dài đoạn thẳng ở cuối ghi có thể bằng không, trong trường hợp đó tâm ghi sẽ được uốn cong.

Trong ghi với đường rẽ cong qua phần tâm ghi, như trong Hình D.1, thì tâm ghi, ray hộ bánh và các bộ phận khác chịu lực tác động lớn hơn do siêu cao thiếu trên đường rẽ. Tuyến của đường rẽ qua phần tâm ghi của ghi nên thẳng, bất cứ khi nào có thể mà không gây ra các biến đổi đột ngột độ cong, như trong Hình D.2 đến Hình D.4.

Tiêu chí đối với biến đổi đột ngột độ cong, biến đổi đột ngột siêu cao thiếu và tốc độ biến đổi siêu cao thiếu được xác định trong Điều 6.

D.2 Sử dụng tâm ghi chéo, tâm ghi chéo có trượt và ghi kép

Nên tránh sử dụng tâm ghi chéo, tâm ghi chéo có trượt và ghi kép trong đường ray của đường sắt tốc độ cao hoặc có tải trọng trục lớn. Tích lũy của sự không liên tục trong mặt phẳng chạy tàu làm tăng lực động học giữa bánh xe và ray, và do đó sẽ phát sinh chi phí bảo trì lớn hơn.

D.3 Ghi ở trên, hoặc gần, dưới cầu

Khi chiều dài có thể co giãn của bản mặt cầu từ 30 m đến 40 m, thì không nên lắp đặt ghi trong đoạn chiều dài đường ray bị ảnh hưởng bởi dịch chuyển tại khe co giãn trên bản mặt cầu. Nếu không thể tránh được điều này, thì phải tiến hành phân tích chi tiết về tương tác giữa kết cấu cầu và ghi. Thông thường không sử dụng ghi đặt qua khe co giãn trong bản mặt cầu. Trên các cầu cạn quy mô lớn, không có gối di động, thì không xem xét các hạn chế như vậy.

D.4 Tiếp giáp các ghi

Khi các ghi tiếp nối nhau, khoảng cách giữa các ghi nên như sau:

- Ghi có chiều dài danh định, và chiều dài thực tế qua ray có thể được lắp đặt giữa hai ghi;
- Các tà vẹt ghi của ghi đầu tiên không gây trở ngại cho các tà vẹt ghi của ghi tiếp theo;
- Khoảng cách giữa các tà vẹt ghi và tà vẹt thông thường (khi được sử dụng) nằm trong dung sai trong tiêu chuẩn thiết kế đường ray thích hợp.

Tiêu chí đối với chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong và chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong được xác định trong Điều 6.

D.5 Ghi trên đường cong nằm

Lý tưởng nhất là ghi nên đặt trên đường thông qua thẳng.

Khi ghi được đặt trên đường cong nằm, thì việc uốn cong các bộ phận để khớp với độ cong của

đường thiết kế thứ nhất $\left(\frac{1}{R_I}\right)$, sẽ ảnh hưởng đến độ cong của đường thứ hai $\left(\frac{1}{R_{II}}\right)$. Giá trị độ cong chính xác của đường thứ hai $\left(\frac{1}{R_{II}}\right)$ phụ thuộc vào các nguyên tắc đối với việc kéo dài và cắt ngắn

ray trên phần ray dẫn. Dự tính gần đúng về độ cong của đường thứ hai $\left(\frac{1}{R_{II}}\right)$ dựa trên sự chồng chất độ cong (theo xấp xỉ góc nhỏ). Công thức (D.1) áp dụng cho ghi cong bên trong và Công thức (D.2) áp dụng cho ghi cong bên ngoài:

$$\frac{1}{R_{II}} \approx \frac{1}{R_I} + \frac{1}{R_0} \quad (D.1)$$

$$\frac{1}{R_{II}} \approx \left| \frac{1}{R_I} - \frac{1}{R_0} \right| \quad (D.2)$$

trong đó:

$\left(\frac{1}{R_0}\right)$ - độ cong của đường rẽ của ghi trong phiên bản đối với đường thẳng, (m^{-1}).

CHÚ THÍCH 1:

Đối với đường cong chuyển tiếp $\left(\frac{1}{R_0}\right), \left(\frac{1}{R_I}\right)$ và $\left(\frac{1}{R_{II}}\right)$ là độ lớn của cong cục bộ.

CHÚ THÍCH 2:

Ghi cong bên trong là uốn giống nhau, ghi cong bên ngoài có thể uốn giống nhau $\left(\frac{1}{R_I} > \frac{1}{R_0}\right)$, thẳng $\left(\frac{1}{R_I} = \frac{1}{R_0}\right)$ và/hoặc uốn ngược nhau $\left(\frac{1}{R_I} < \frac{1}{R_0}\right)$, (xem EN 13232-1 về các định nghĩa).

Dự tính gần đúng về độ lớn của độ cong $\left(\frac{1}{R_{II}}\right)$ là hữu ích để kiểm tra các tiêu chí đối với bán kính cong nằm, siêu cao thiếu, siêu cao thừa, và chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong, và chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong theo Điều 6. Không nên sử dụng tính toán định tuyến cho dữ liệu cắm mốc.

D.6 Ghi trên đường có siêu cao

Khi ghi được sử dụng trên đường có siêu cao, thì có thể xem xét ảnh hưởng của siêu cao đến khoảng cách tìm hai đường và góc lệch tại tà vẹt ghi sau cùng (như định lượng trong mặt phẳng ngang). Hệ số hiệu chỉnh (f_D), có thể áp dụng cả cho khoảng cách tìm hai đường và tiếp tuyến đối với góc lệch tại tà vẹt ghi sau cùng được xác định theo Công thức (D.3):

$$f_D = \cos \left[\arcsin \left(\frac{D}{e} \right) \right] \quad (D.3)$$

trong đó:

D - siêu cao tại tà vẹt ghi sau cùng;

e - khoảng cách giữa các tâm danh định của hai diện tiếp xúc bánh xe (ví dụ: khoảng 1 500 mm đối với khổ đường 1 435 mm).

Nên tránh sử dụng ghi trong đường ray có độ dốc vượt siêu cao. Độ cứng chống xoắn của ghi phụ thuộc vào các đặc điểm như biên dạng ray và loại tâm ghi. Hơn nữa, có sự khác biệt đáng kể giữa độ cứng chống xoắn của phần lườn ghi và phần tâm ghi. Tình huống phức tạp hơn nếu điểm bắt đầu và/hoặc kết thúc của độ dốc vượt siêu cao nằm trong phạm vi chiều dài của ghi. Nên thực hiện phân tích chi tiết để thiết lập tính khả thi của việc sử dụng ghi trên độ dốc vượt siêu cao.

D.7 Trắc dọc và ghi

Khi ghi được sử dụng trên độ dốc dọc, thì ảnh hưởng của độ dốc đến chiều dài ghi và góc lệch tại tà vẹt ghi sau cùng (như được định lượng trong mặt bằng) có thể được xem xét. Hệ số hiệu chỉnh (f_L) áp dụng cho khoảng cách theo chiều dọc, và hệ số hiệu chỉnh (f_p) áp dụng cho tiếp tuyến đối với góc lệch tại tà vẹt ghi sau cùng, được xác định theo Công thức (D.4) và (D.5).

$$f_L = \cos(\arctan(p)) \quad (D.4)$$

$$f_p = \frac{1}{\cos(\arctan(p))} \quad (D.5)$$

trong đó:

p - độ dốc dọc.

Trong phạm vi khu vực tâm của chỗ giao nhau, trắc dọc của tất cả các đường phải cho phép các ray nằm trong cùng mặt phẳng chạy tàu.

Đối với tâm ghi có siêu cao, sẽ có một số hạng điều chỉnh đáng kể đối với cao độ đường ray tại tà vẹt ghi sau cùng, được xác định theo Công thức (D.6) cho ghi cong bên ngoài và Công thức (D.7) cho ghi cong bên trong:

$$\Delta z = \Delta y \times \frac{D}{e} \quad (D.6)$$

$$\Delta z = -\Delta y \times \frac{D}{e} \quad (D.7)$$

trong đó:

- Δz - số hạng hiệu chỉnh cho cao độ đường ray, (m);
- Δy - khoảng cách tìm hai đường cho tà vẹt ghi sau cùng không có siêu cao, (m);
- D - siêu cao tại tà vẹt ghi sau cùng, (mm);
- e - khoảng cách giữa các tâm danh định của hai diện tiếp xúc bánh xe (ví dụ: khoảng 1 500 mm đối với khổ đường 1 435 mm).

Đối với tâm ghi có siêu cao, cũng sẽ có một số hạng điều chỉnh đáng kể cho độ dốc dọc tại tà vẹt ghi sau cùng, được xác định theo Công thức từ (D.8) đến (D.11):

$$\Delta p = \frac{D}{e} \times \frac{dy}{ds} + \frac{\Delta y}{e} \times \frac{dD}{ds} \quad (D.8)$$

$$\Delta p = \frac{D}{e} \times \frac{dy}{ds} - \frac{\Delta y}{e} \times \frac{dD}{ds} \quad (D.9)$$

$$\Delta p = \frac{D}{e} \times \frac{dy}{ds} + \frac{\Delta y}{e} \times \frac{dD}{ds} \quad (D.10)$$

$$\Delta p = \frac{D}{e} \times \frac{dy}{ds} + \frac{\Delta y}{e} \times \frac{dD}{ds} \quad (D.11)$$

trong đó:

- Δp - số hạng hiệu chỉnh cho độ dốc dọc (-);
- Δy - khoảng cách tìm hai đường cho tà vẹt ghi sau cùng không có siêu cao, (m);
- D - siêu cao tại tà vẹt ghi sau cùng, (mm);
- $\frac{dy}{ds}$ - tiếp tuyến đối với góc lệch (cho tà vẹt ghi sau cùng không có siêu cao);
- $\frac{dD}{ds}$ - độ dốc vượt siêu cao (-);
- e = 1 500 mm.

Công thức (D.8) có thể áp dụng cho ghi cong bên ngoài theo hướng rẽ và ghi cong bên trong theo hướng nhập, trên đoạn vượt siêu cao với siêu cao tăng.

Công thức (D.9) có thể áp dụng cho ghi cong bên ngoài theo hướng rẽ và ghi cong bên trong theo hướng nhập, trên đoạn vượt siêu cao với siêu cao giảm.

Công thức (D.10) có thể áp dụng cho ghi cong bên trong theo hướng rẽ và ghi cong bên ngoài theo hướng nhập, trên đoạn vượt siêu cao với siêu cao giảm.

Công thức (D.11) có thể áp dụng cho ghi cong bên trong theo hướng rẽ và ghi cong bên ngoài theo hướng nhập, trên đoạn vượt siêu cao với siêu cao tăng.

Do hiệu ứng hình nón, độ uốn dọc của các bộ phận đường ray không tương ứng với độ cong đứng trong trắc dọc của hai đường ray. Để tính độ cong do uốn, vuông góc với mặt phẳng đường ray, số hạng hiệu chỉnh được xác định theo Công thức (D.12):

$$\Delta \times \frac{1}{R_v} = \frac{D}{e} \times \frac{1}{R} \quad (D.12)$$

trong đó:

- $\Delta \times \frac{1}{R_v}$ - số hạng hiệu chỉnh cho độ dốc dọc, (m^{-1});
- D - siêu cao, (mm);
- R - bán kính cong nằm, (m);
- e - khoảng cách giữa các tâm danh định của hai diện tiếp xúc bánh xe (ví dụ: khoảng 1 500 mm đối với khổ đường 1 435 mm).

Đối với đường cong đứng lõm, số hạng hiệu chỉnh $\left(\Delta \times \frac{1}{R_v} \right)$ được cộng thêm độ cong đứng $\left| \frac{1}{R_v} \right|$ của trắc dọc đường, trong khi đối với đường cong đứng lồi, số hạng hiệu chỉnh $\left(\Delta \times \frac{1}{R_v} \right)$ được trừ đi độ cong đứng $\left| \frac{1}{R_v} \right|$ của trắc dọc đường. Việc hiệu chỉnh có thể được tính đến khi áp dụng các tiêu chí cho bán kính cong đứng trong Điều 6.15

Phụ lục E

(Tham khảo)

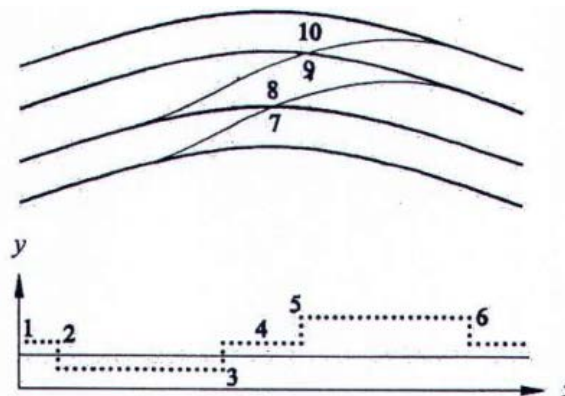
Ví dụ áp dụng

E.1 Quy định chung

Phụ lục này trình bày ví dụ về ứng dụng các quy tắc và giới hạn trong Tiêu chuẩn này. Mục đích của các ví dụ là để làm sáng tỏ việc áp dụng các quy tắc quy phạm cụ thể. Tuy nhiên, áp dụng tất cả các quy tắc và giới hạn trong Điều 6.

E.2 Ví dụ về chỗ giao nhau trên đường cong nằm

Hình E.1 minh họa các ray và độ cong của chỗ giao nhau giữa hai đường thông qua.



CHÚ DẪN:

- x. lý trình
- y. độ cong
- 1. hàm độ cong cho đường rẽ
- 2. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 3. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 4. đoạn trung gian

5. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
6. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
7. tâm ghi cố định, ray không liên tục trên đường thông qua
8. tâm ghi cố định, ray không liên tục trên đường rẽ
9. tâm ghi cố định, ray không liên tục trên đường rẽ
10. tâm ghi cố định, ray không liên tục trên đường thông qua

Hình E.1 - Ray trong mặt bằng và hàm độ cong cho đường rẽ ở chỗ giao nhau, ghi với tâm ghi cong ban đầu

Yêu cầu đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiểu (ΔI) áp dụng cho tiếp điểm 2, 3, 5 và 6.

Yêu cầu đối với đoạn trung gian (L_s) áp dụng cho chiều dài đoạn tuyến 4.

Yêu cầu liên quan đến siêu cao thiểu đối với ray không liên tục (I_{CE}) áp dụng cho tâm ghi cố định tại các vị trí 7 và 9.

Yêu cầu liên quan đến siêu cao thừa đối với ray không liên tục (E_{CE}) áp dụng cho tâm ghi cố định tại vị trí 10.

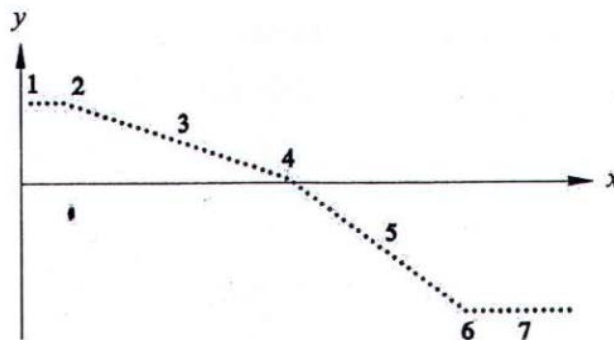
Đối với tâm ghi cố định tại vị trí 8, kí hiệu độ cong quyết định xem áp dụng ($I_{EC,lim}$) hay ($E_{EC,lim}$):

- Nếu tâm ghi nằm trên ray lưng của đường rẽ, thì áp dụng ($I_{EC,lim}$); và
- Nếu đường rẽ là thẳng, hoặc tâm ghi nằm trên ray bụng của đường rẽ, thì áp dụng ($E_{EC,lim}$).

Nếu ít nhất một bán kính nhỏ hơn 213 m, thì phải kiểm tra tiêu chí khóa đệm theo Phụ lục L.

E.3 Ví dụ về đoạn vượt siêu cao hai đoạn tuyến tính

Hình E.2 minh họa đoạn vượt siêu cao hai đoạn tuyến tính. Đường chấm chấm biểu thị cao độ của ray bên trái so với cao độ của ray bên phải. (Loại phổ biến của đoạn vượt siêu cao hai đoạn tuyến tính là đoạn vượt siêu cao trên đường cong ngược chiều).



CHÚ DẪN:

- x. lý trình
- y. cao độ của ray bên trái so với ray bên phải
1. siêu cao không đổi
2. tiếp điểm đối với siêu cao
3. độ dốc vượt siêu cao không đổi
4. tiếp điểm đối với siêu cao
5. độ dốc vượt siêu cao không đổi
6. tiếp điểm đối với siêu cao
7. siêu cao không đổi

Hình E.2 - Cao độ của ray bên trái so với ray bên phải trên đoạn vượt siêu cao hai đoạn tuyến tính

Do độ dốc vượt siêu cao trên phần thứ nhất của đoạn chuyển tiếp (3), không giống như trên phần thứ hai (5), nên phải đánh giá riêng hai phần khác nhau.

Phần thứ nhất bao gồm biến đổi siêu cao (ΔD) từ tiếp điểm 2 sang tiếp điểm 4, và chiều dài tương ứng (L_D) giữa hai điểm đó.

Phần thứ hai bao gồm biến đổi siêu cao (ΔD) từ tiếp điểm 4 sang tiếp điểm 6, và chiều dài tương ứng (L_D) giữa hai điểm đó.

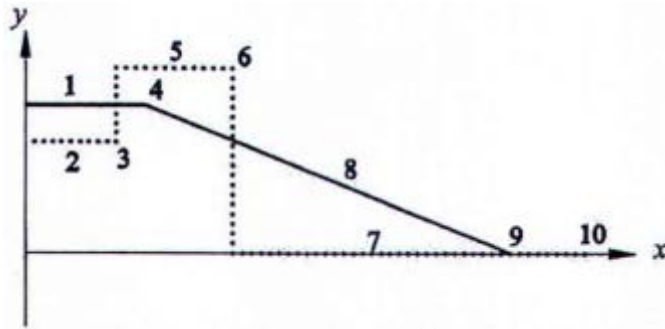
Nguyên tắc tương tự cũng được áp dụng khi tiếp điểm 4 có giá trị siêu cao khác không.

Biến đổi siêu cao (ΔD) và chiều dài (L_D) được sử dụng trong tính độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)$ và tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)$.

Nguyên tắc tương tự áp dụng cho việc đánh giá tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)$.

E.4 Ví dụ khi đoạn vượt siêu cao được thiết kế không trùng với đường cong chuyển tiếp

Hình E.3 minh họa một ví dụ mà tại đó đoạn vượt siêu cao được thiết kế không trùng với đường cong chuyển tiếp. Đường liền nét thể hiện siêu cao, và đường chấm chấm thể hiện độ cong. (Việc bố trí có thể được sắp xếp sau ghi có siêu cao mà tại đó không có khoảng trống cho đường cong chuyển tiếp trong đường rẽ sau tà vẹt ghi sau cùng, mà có thể được giả thiết là đặt tại tiếp điểm 3 trong hình vẽ).



CHÚ DẪN:

- x. lý trình
- y. siêu cao và độ cong, tương ứng
- 1. siêu cao không đổi
- 2. độ cong không đổi
- 3. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 4. tiếp điểm đối với siêu cao
- 5. độ cong không đổi
- 6. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 7. độ cong không đổi
- 8. độ dốc vượt siêu cao không đổi
- 9. tiếp điểm đối với siêu cao
- 10. siêu cao không đổi

Hình E.3 - Siêu cao và độ cong đối với bố trí mà tại đó đoạn vượt siêu cao không trùng với đường cong chuyển tiếp

Đoạn vượt siêu cao có tính chất cố định từ tiếp điểm 4 đến tiếp điểm 9. Do đó, biến đổi siêu cao (ΔD) có thể được tính từ tiếp điểm 4 đến tiếp điểm 9, và độ dài tương ứng (L_D) giữa hai điểm đó.

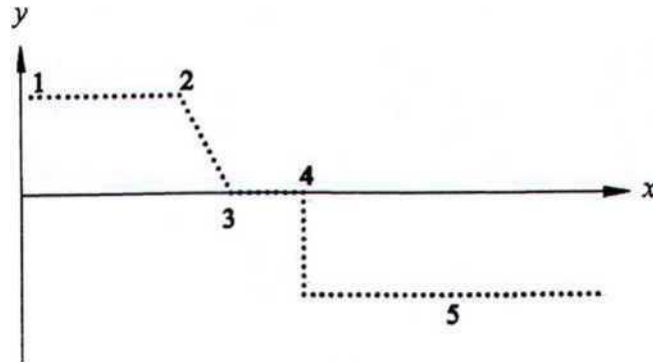
Biến đổi siêu cao (ΔD) và chiều dài (L_D) được sử dụng trong tính độ dốc vượt siêu cao $\left(\frac{dD}{ds}\right)$ và tốc độ biến đổi siêu cao $\left(\frac{dD}{dt}\right)$.

Các yêu cầu liên quan đến biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (Δl) áp dụng cho các tiếp điểm 3 và 6.

Phải kiểm tra siêu cao thừa và siêu cao thiếu tại tất cả các điểm cực đại cục bộ, tức là dọc theo độ cong không đổi 2, tại tiếp điểm 4, ngay trước và sau tiếp điểm 6 và ngay sau tiếp điểm 9.

E.5 Ví dụ về đường cong chuyển tiếp dưới chuẩn

Hình E.4 minh họa độ cong của đường cong chuyển tiếp đặt gần một biến đổi đột ngột độ cong.



CHÚ DẪN:

- x. lý trình
- y. độ cong
- 1. độ cong không đổi
- 2. tiếp điểm đối với đường cong chuyển tiếp
- 3. tiếp điểm đối với đường cong chuyển tiếp
- 4. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 5. độ cong không đổi

Hình E.4 - Hàm độ cong mà tại đó đường cong chuyển tiếp được đặt gần biến đổi đột ngột độ cong

Nếu đường cong chuyển tiếp từ tiếp điểm 2 đến tiếp điểm 3 đáp ứng yêu cầu về tốc độ biến đổi siêu

cao thiếu $\left(\frac{dl}{dt}\right)$, thì không có yêu cầu về chiều dài (L_s) đối với đoạn trung gian từ tiếp điểm 3 đến tiếp điểm 4. (Đối với ghi từng phần hoặc toàn phần đặt trên đường cong chuyển tiếp, thì tiếp điểm 4 có thể được đặt, thậm chí, giữa tiếp điểm 2 và tiếp điểm 3).

Tuy nhiên, nếu đường cong chuyển tiếp không đáp ứng yêu cầu về tốc độ biến đổi siêu cao thiếu

$\left(\frac{dl}{dt}\right)$ thì giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (Δl_{lim}) áp dụng cho biến đổi siêu cao thiếu từ tiếp điểm 2 sang tiếp điểm 3. Hơn nữa, các yêu cầu đối với chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong (L_s) áp dụng cho chiều dài đoạn trung gian từ tiếp điểm 3 đến tiếp điểm 4. Ngoài ra, tổng biến đổi siêu cao thiếu từ độ cong 1 sang độ cong 5 phải nhỏ hơn giới hạn đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (Δl_{lim}).

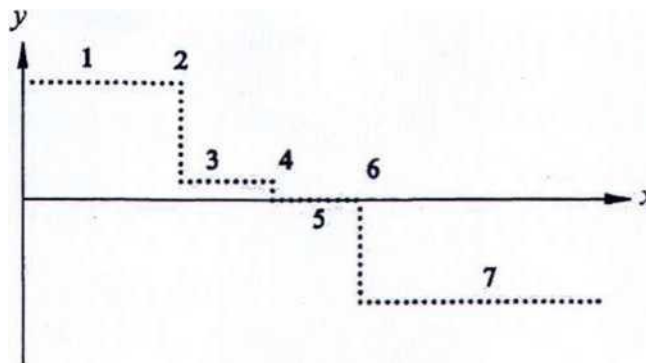
Trong mọi trường hợp, giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (Δl_{lim}) sẽ áp dụng cho biến đổi siêu cao thiếu tại tiếp điểm 4.

Nếu ít nhất một bán kính nhỏ hơn 213 m, thì phải kiểm tra tiêu chí khóa đệm theo Phụ lục L.

Các nguyên tắc cũng áp dụng cho các trường hợp mà tại đó đoạn tuyến từ tiếp điểm 3 đến tiếp điểm 4 là đường cong tròn.

E.6 Ví dụ mà tại đó một số đoạn tuyến tạo thành đoạn chiều dài trung gian

Hình E.5 minh họa độ cong mà tại đó hai đoạn trung gian cùng đáp ứng yêu cầu về chiều dài của đoạn trung gian. Tính hướng này là phổ biến đối với các chỗ giao nhau mà tại đó một hoặc cả hai ghi được đặt trên đường cong nằm.



CHÚ DẪN:

- x. lý trình
- y. độ cong
- 1. độ cong không đổi
- 2. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 3. độ cong không đổi
- 4. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 5. độ cong không đổi
- 6. tiếp điểm với biến đổi đột ngột độ cong
- 7. độ cong không đổi

Hình E.5 - Hàm độ cong mà tại đó hai đoạn ngắn cùng nhau đáp ứng yêu cầu đối với chiều dài của đoạn trung gian

Tổng chiều dài từ tiếp điểm 2 đến tiếp điểm 6 có thể được sử dụng để đánh giá yêu cầu (L_s), với điều kiện:

- Biến đổi siêu cao thiếu từ độ cong 1 đến độ cong 5 không vượt quá giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (Δ_{lim}); và
- Biến đổi siêu cao thiếu từ độ cong 3 đến độ cong 7 không vượt quá giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (Δ_{lim}).

Nếu ít nhất một bán kính nhỏ hơn 213 m, thì phải kiểm tra tiêu chí khóa đệm theo Phụ lục L.

Các nguyên tắc cũng áp dụng đối với các trường hợp mà tại đó đoạn tuyến trung gian là đường cong

chuyển tiếp, với điều kiện tốc độ biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ không vượt quá giới hạn trên.

Phụ lục F

(Tham khảo)

Ví dụ về các giới hạn cục bộ đối với siêu cao thiếu

Ở châu Âu, thường áp dụng các giới hạn khác nhau đối với siêu cao thiếu cho các loại tàu khác nhau. Giả thiết rằng mọi phương tiện đã được thử nghiệm và phê duyệt theo quy trình của EN 14363 trong các điều kiện bao gồm phạm vi vận hành siêu cao thiếu của riêng nó.

Bảng F.1 thể hiện các ví dụ cụ thể về giới hạn cục bộ đối với siêu cao thiếu.

Bảng F.1 - Ví dụ cụ thể về giới hạn đối với siêu cao thiếu cho khổ đường 1 435 mm

Loại tàu/loại tuyến đường	Giới hạn (mm)
Pháp và Bỉ (đối với vận tốc > 300 km/h)	80
Phương tiện loại A ở Italy	92
Áo, Cộng hòa Séc, Thụy Điển và Tây Ban Nha (toa xe hàng, toa xe khách cũ)	100

Toa xe hàng ở Vương quốc Anh	110
Phương tiện loại B ở Italy. Toa xe hàng ở Thụy Sĩ	122
Toa xe khách ở Áo và Cộng hòa Séc. Toa xe hàng ở Đức và Pháp. Toa xe khách và toa xe hàng ở Bỉ. Toa xe hàng và một số toa xe khách ở Đan Mạch.	130
Nauy và Tây Ban Nha ^a . Toa xe khách ở Cộng hòa Séc, Đan Mạch, Đức, Thụy Sĩ và Vương quốc Anh	150
Phương tiện loại C ở Italy. Toa xe khách và một số toa xe hàng cụ thể ở Thụy Điển	153
Toa xe khách ở Bồ Đào Nha ^a	155
Toa xe khách tiêu chuẩn và tàu hàng nhẹ ở Pháp. Một số toa xe khách ở Đan Mạch và Nauy	160
Một số phương tiện cụ thể ở Pháp	180
Tàu tự nghiêng ở Thụy Điển	245
Tàu tự nghiêng ở Cộng hòa Séc	270
Tàu tự nghiêng ở Italy, Nauy, Bồ Đào Nha ^a , và Thụy Sĩ	275
Tàu tự nghiêng ở Đức và Vương quốc Anh	300
^a Đối với Bồ Đào Nha và Tây Ban Nha, các giới hạn ở đây được thể hiện như giới hạn tương đương cho khổ đường 1 435 mm.	

Phụ lục G

(Tham khảo)

Xem xét liên quan đến siêu cao thiếu và siêu cao thừa

G.1 Giới thiệu

Sự tiếp xúc chính xác giữa bánh xe và ray là cần thiết để duy trì sự vận hành an toàn (xem EN 14363). Ba nguyên nhân chính của các hư hỏng là:

- Bánh xe trượt qua ray;
- Lật toa xe;
- Vượt quá giới hạn về cường độ theo phương ngang của đường ray khi chịu tải trọng (giới hạn *Prud'homme*).

Những nguyên nhân này liên quan đến siêu cao thiếu và siêu cao thừa, cũng như bán kính cong và độ xoắn vặn (xem EN 13848-1 và EN 13848-5)

G.2 Siêu cao thiếu

Các lực ngang trong giao diện giữa bánh xe và ray có thể được chia thành hai thành phần:

- Lực gần như tĩnh, liên quan đến bán kính cong nằm, siêu cao thiếu và tải trọng trục;
- Lực động lực học, liên quan đến chất lượng đường ray, biến đổi độ cứng, các đặc điểm của toa xe và vận tốc.

CHÚ THÍCH:

Giao diện giữa bánh xe và ray là diện tích tiếp xúc mà tại đó diễn ra tương tác giữa bánh xe và ray trong đường sắt.

Toa xe với các đặc trưng cơ học đặc biệt (tải trọng trục thấp, khối lượng của hệ thống treo rút gọn, hệ số bám lăn thấp), thì có thể được phép vận hành trên siêu cao thiếu lớn hơn so với đầu máy toa xe

thông thường.

Đối với các xem xét liên quan đến độ thoải mái của hành khách, xem Phụ lục H.

G.3 Siêu cao thừa

Siêu cao thừa gây ra các lực thẳng đứng gần như tĩnh cao hơn tác dụng trên ray thấp. Lực ngang giữa bánh xe và ray trên ray thấp tăng theo lực đứng giữa bánh xe và ray. Tại giá trị cao của siêu cao thừa, các bánh xe bị dịch chuyển gần hơn tới ray bụng. Sự chênh lệch về bán kính lăn sẽ không phù hợp với sự chênh lệch về khoảng cách lăn của bánh xe bên trái và bên phải, dẫn đến sự gợn sóng của ray. Do đó, sự mòn ray và lực tác động lên phụ kiện kẹp ray có thể sẽ tăng lên.

Siêu cao thừa cũng ảnh hưởng đến tiêu chí bánh xe trườn qua ray.

G.4 Tiêu chí bánh xe trườn qua ray

Bánh xe trườn qua ray là sự trật bánh gây ra bởi thực tế là một bánh xe, thường là bánh xe trên ray lưng của đường cong, rời khỏi đầu ray và trườn lên trên nó. Giao diện giữa bánh xe và ray bị chi phối

bởi lực ma sát, và dạng trật bánh được đặc trưng bằng tỷ lệ $\left(\frac{Y}{Q}\right)$, trong đó (Y) là lực ngang giữa bánh xe và ray và (Q) là lực đứng giữa bánh xe và ray trên bánh xe.

Bán kính nhỏ, siêu cao lớn (siêu cao thừa lớn), độ xoắn của đường ray và ma sát lớn trong giao diện giữa bánh xe và ray làm tăng nguy cơ bánh xe trườn qua ray.

G.5 Lật toa xe

Điều kiện lật xảy ra khi toa xe ở siêu cao thiếu lớn bắt đầu quay quanh ray lưng. Tiêu chí xác định đối với rủi ro này là lực đứng giữa bánh xe và ray trên ray bụng. Khả năng xảy ra loại sự cố này với toa xe không tự nghiêng là nhỏ vì các giới hạn trên đối với siêu cao thiếu là nhỏ, do thực tế là giới hạn của các lực gây dịch chuyển đường ray theo phương ngang thường đạt được ở các giá trị siêu cao thiếu thấp hơn.

Tuy nhiên, đối với hoạt động của tàu tự nghiêng, tổ hợp của lực quán tính ngang và lực sinh ra do tác động của gió ngang có thể dẫn đến lực thẳng đứng của bánh xe bên trong bằng không.

EN 14363 mô tả quy trình cần thiết và các giới hạn để xác định "tiêu chí lật toa xe".

Thông số kỹ thuật đối với ảnh hưởng của gió ngang trong EN 14067-6 và trong TSI INF, và đường cong gió đặc trưng được xác định trong TSI (Thông số kỹ thuật về khả năng tương tác) của đầu máy toa xe tốc độ cao.

G.6 Cường độ theo phương ngang của đường ray khi chịu tải (giới hạn *Prud'homme*)

Nếu lực ngang giữa bánh xe và ray (lực gần như tĩnh và lực động học) là quá lớn, thì các lực đó sẽ gây ra chuyển vị ngang lâu dài của đường ray. Những khiếm khuyết về hình học đường ray này sẽ phát triển theo lưu lượng giao thông. Quá trình này có thể dẫn đến sự trật bánh của phương tiện.

Giới hạn này của cường độ đường ray theo phương ngang được biểu diễn dưới dạng giới hạn *Prud'homme*, tương ứng với giới hạn trên đối với các loại đường ray khác nhau được thử nghiệm.

Do giới hạn *Prud'homme* áp dụng cho đường ray mới được chèn đá, nên việc hạn chế vận tốc tạm thời có thể được áp dụng trong giai đoạn lèn chặt đường ray.

Các bộ phận đường ray (biên dạng ray, loại tà vẹt, loại phụ kiện kẹp ray, đặc tính của đá) và các yếu tố khác như độ chặt của đường ray sau khi chèn đá, lực do nhiệt trong ray, độ gần nhau của hai bánh xe, lực đứng động học giữa bánh xe và ray) sẽ ảnh hưởng đến sức kháng đối với chuyển vị theo phương ngang của đường ray.

G.7 Siêu cao thiếu tại chỗ bố trí ghi trên đường cong

Do sự không liên tục về kết cấu ở má tác dụng tại lưỡi ghi và ảnh hưởng của ray hộ bánh hoặc ray cánh chế ở mũi tâm ghi, nên ứng xử động lực học và giá trị cực đại của lực ngang giữa bánh xe và ray là lớn hơn so với ở đường trong khu gian. Những tình huống này có thể rất nghiêm trọng khi ghi được lắp đặt trong đường ray có siêu cao thiếu lớn.

Mặc dù tải trọng trục của tàu tự nghiêng thấp hơn, nhưng mức lực cực đại như vậy có thể cao hơn, do vận tốc lớn hơn so với tàu thông thường. Để tránh hư hỏng cho hoặc đường ray hoặc bánh xe, thì giới hạn trên đối với siêu cao thiếu cho tàu tự nghiêng trên đường cong có ghi hoặc các đặc điểm tương tự khác, chẳng hạn như thiết bị co giãn, nên thấp hơn giới hạn chung đối với siêu cao thiếu.

Để xác minh vận tốc cho phép lớn nhất và tôn trọng tính đa dạng về đặc điểm vận hành của các tàu tự nghiêng khác nhau, thì nên đo trực tiếp các phản lực trên các bộ phận của đường ray và bánh xe.

Cũng cần lưu ý rằng các phép đo thông thường trên bánh xe, theo EN 14363, bị ảnh hưởng bởi ngưỡng tần số lọc thông thấp là khoảng từ 20 Hz đến 40 Hz. Do đó, có thể cần sử dụng hệ thống đo với ngưỡng tần số lọc thông thấp cao hơn, và/hoặc bổ sung hệ thống đo trên các bánh xe bằng cách thực hiện đo trực tiếp trên các bộ phận đường ray như ray cơ bản, ray hộ bánh và/hoặc ray cánh chề. Cũng có thể cần đánh giá tình trạng tại ray hộ bánh khi gờ bánh xe bị mài mòn lớn nhất theo phương ngang, do lực ngang lớn nhất có thể cao hơn so với khi gờ bánh xe chưa bị mòn.

Phụ lục H

(Tham khảo)

Độ thoải mái của hành khách trên đường cong

H.1 Quy định chung

Các phương pháp đo đặc và đánh giá độ thoải mái của hành khách được xác định trong TCVN 11806:2017 hoặc EN 12299:2009. Tiêu chuẩn đo định lượng độ thoải mái thông qua đo gián tiếp, tức là đo và xử lý các đại lượng chuyển động có liên quan. Các quy trình cụ thể trong tiêu chuẩn được dựa trên đo gia tốc lọc bằng thông và không bao gồm ảnh hưởng của hình học đường ray thiết kế. Chúng định lượng ảnh hưởng kết hợp của các bất thường đường ray và ứng xử động lực học của toa xe.

Độ thoải mái trên đường cong (phương pháp P_{CT}) là phương pháp để định lượng độ thoải mái (không thoải mái) trên đường cong chuyển tiếp. Độ thoải mái tức thời (phương pháp P_{DE}) là phương pháp để định lượng độ thoải mái (không thoải mái) trên các bất thường lớn của đường ray trên đường cong nằm và đường thẳng.

Độ thoải mái trên đường cong (phương pháp P_{CT}) và độ thoải mái tức thời (phương pháp P_{DE}) bao gồm đánh giá gia tốc ngang lọc thông thấp, tốc độ biến đổi gia tốc ngang lọc thông thấp và vận tốc bám lẫn lọc thông thấp. Phải thực hiện các đo đặc chuyển động này tại sàn xe đối với phương tiện. Do đó, hình học đường ray thiết kế, cũng như độ uốn lắn của toa xe (và hệ thống tự nghiêng nếu sử dụng), sẽ ảnh hưởng đến việc định lượng độ thoải mái.

Các phương pháp trong TCVN 11806:2017 hoặc EN 12299:2009 có thể được áp dụng cả cho việc đo chuyển động và để mô phỏng chuyển động.

H.2 Gia tốc ngang

Gia tốc ngang lọc thông thấp, song song với sàn toa xe, là thành phần chính trong cả độ thoải mái trên đường cong (phương pháp P_{CT}) và độ thoải mái tức thời (phương pháp P_{DE}). Lọc thông thấp làm giảm ảnh hưởng của các bất thường đường ray. Đóng góp chính là gia tốc ngang không bù trong mặt phẳng đường ray, tỷ lệ thuận với siêu cao thiếu.

Đối với toa xe không tự nghiêng, gia tốc ngang tại sàn xe có thể được ước tính bằng cách nhân gia tốc ngang không bù trong mặt phẳng đường ray với hệ số $(1 + s_r)$, trong đó (s_r) là hệ số uốn lắn.

Đối với toa xe tự nghiêng, gia tốc ngang tại sàn xe có thể được ước tính bằng cách nhân gia tốc ngang không bù trong mặt phẳng đường ray với hệ số $[(1 + s_r) \times (1 - s_i)]$, trong đó (s_r) là hệ số uốn lắn và (s_i) là hệ số bù trong hệ thống tự nghiêng.

H.3 Tốc độ biến đổi gia tốc ngang

H.3.1 Tốc độ biến đổi gia tốc ngang là hàm số của tốc độ biến đổi siêu cao thiếu

Tốc độ biến đổi gia tốc ngang lọc thông thấp là thành phần chính trong độ thoải mái trên đường cong (phương pháp P_{CT}). Lọc thông thấp làm giảm ảnh hưởng của các bất thường đường ray. Đóng góp chính là tốc độ biến đổi gia tốc ngang không bù trong mặt phẳng đường ray, tỷ lệ thuận với tốc độ biến đổi siêu cao thiếu.

Đối với toa xe không tự nghiêng, tốc độ biến đổi gia tốc ngang tại sàn xe có thể được ước tính bằng cách nhân tốc độ biến đổi gia tốc ngang không bù trong mặt phẳng đường ray với hệ số $(1 + s_r)$, trong đó (s_r) là hệ số uốn lắn.

Đối với toa xe tự nghiêng, tốc độ biến đổi gia tốc ngang tại sàn xe có thể được ước tính bằng cách nhân tốc độ biến đổi gia tốc ngang không bù trong mặt phẳng đường ray với hệ số $[(1 + s_r) \times (1 - s_i)]$, trong đó (s_r) là hệ số uốn lắn và (s_i) là hệ số bù trong hệ thống tự nghiêng.

Phương pháp P_{CT} đã được xác thực đối với đường clothoid với thời gian ít nhất là 2 s. Không có phương pháp nào được xác thực đối với các đường cong chuyển tiếp ngắn hơn hoặc đường cong chuyển tiếp có siêu cao thiếu biến đổi phi tuyến.

H.3.2 Tốc độ biến đổi gia tốc ngang là hàm số của biến đổi đột ngột siêu cao thiếu

Tốc độ biến đổi gia tốc ngang là lớn tại chỗ biến đổi đột ngột siêu cao thiếu. Tốc độ biến đổi gia tốc ngang đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu sẽ tăng (nhưng nhỏ so với tỷ lệ tương ứng) theo vận tốc.

Do không có phương pháp nào được xác thực để định lượng đường cong chuyển tiếp với quãng thời gian ngắn hơn 2 s, nên không có phương pháp chung nào được chấp nhận để định lượng độ không thoải mái tại biến đổi đột ngột siêu cao thiếu. Tuy nhiên, rõ ràng là biến đổi đột ngột siêu cao thiếu tạo ra độ không thoải mái nhiều hơn so với đường cong chuyển tiếp có cùng độ lớn của biến đổi siêu cao thiếu.

H.4 Chuyển động bám lắn

Vận tốc bám lắn dọc thông thấp là thành phần thứ yếu trong độ thoải mái trên đường cong (phương pháp P_{CT}). Dọc thông thấp giúp giảm ảnh hưởng của các bất thường đường ray.

Chuyển động bám lắn của thân xe bị ảnh hưởng bởi tốc độ biến đổi siêu cao trên đoạn vuốt siêu cao.

Chuyển động bám lắn cũng bị ảnh hưởng bởi tốc độ biến đổi siêu cao thiếu. Nếu cả siêu cao và siêu cao thiếu tăng trên đường cong chuyển tiếp, thì ảnh hưởng của tốc độ biến đổi siêu cao thiếu làm giảm vận tốc bám lắn của toa xe không tự nghiêng (do hệ số bám lắn), nhưng làm tăng vận tốc bám lắn của toa xe tự nghiêng.

Phụ lục I

(Quy định)

Quy tắc ký hiệu để tính (ΔD), (ΔI) và (Δp)

I.1 Quy định chung liên quan đến quy tắc ký hiệu

Trong hầu hết các tiêu chuẩn đối với các tham số thiết kế tuyến đường, các quy tắc và giới hạn được đưa ra không có quy tắc ký hiệu mà phân biệt giữa đường cong bên phải và bên trái, cũng như độ dốc dốc lên và dốc xuống. Cách tiếp cận tương tự đã được sử dụng trong Tiêu chuẩn này.

Phụ lục này xác định các quy tắc để tính sự khác biệt đối với các tham số đó.

I.2 Quy tắc ký hiệu để tính (ΔD)

(ΔD) là biến đổi siêu cao trên chiều dài đoạn vuốt siêu cao (L_D). Đối với trường hợp thông thường nhất của đoạn vuốt siêu cao mà tại đó ray bên trái hoặc là ray cao hoặc là ray thấp, thì biến đổi siêu cao (ΔD) được tính theo Công thức (I.1). Đối với trường hợp ít thông thường hơn của đoạn vuốt siêu cao mà tại đó ray bên trái là ray cao ở một đầu và ray thấp ở đầu kia, thì biến đổi siêu cao (ΔD) được tính theo Công thức (I.2):

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

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

trong đó:

D_1 - siêu cao thực tế ở đầu của đoạn vuốt siêu cao, (mm).

D_2 - siêu cao thực tế ở cuối của đoạn vuốt siêu cao, (mm).

Việc áp dụng Công thức (I.1) và (I.2) giả thiết rằng các tính chất toán học là không đổi trên toàn bộ chiều dài đoạn vuốt siêu cao. Mặt khác, phải chia đoạn vuốt siêu cao thành các phần, trong đó (ΔD) được tính cho từng phần, và tại đó các yêu cầu trong Điều 6 phải được đáp ứng cho từng phần của đoạn vuốt siêu cao. Ví dụ, phải đánh giá đoạn chuyển tiếp ngược với hai độ dốc siêu cao không đổi khác nhau là hai đoạn vuốt siêu cao.

I.3 Quy tắc ký hiệu để tính (ΔI)

(ΔI) hoặc là 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 hoặc đoạn vuốt siêu cao trên đường thẳng hoặc đường cong tròn), hoặc là biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (và/hoặc siêu cao thừa (E)) tại biến đổi đột ngột độ cong. (ΔI) được xác định theo Công thức (I.3) hoặc (I.4).

CHÚ THÍCH:

Theo định nghĩa, $I = -E$.

Công thức (I.3) áp dụng cho các đoạn chuyển tiếp với điều kiện A ở cả hai đầu, hoặc điều kiện B ở cả hai đầu, theo Bảng I.1. Công thức (I.3) cũng áp dụng cho các biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, mà tại đó các điều kiện ngay trước và ngay sau biến đổi đột ngột độ cong là giống nhau (hoặc điều kiện A hoặc điều kiện B trong Bảng I.1).

Công thức (I.4) áp dụng cho các đoạn chuyển tiếp với điều kiện A ở một đầu và điều kiện B ở đầu kia, theo Bảng I.1. Công thức (I.4) cũng áp dụng cho các biến đổi đột ngột siêu cao thiếu mà tại đó các điều kiện, theo Bảng I.1, ngay trước và ngay sau biến đổi đột ngột độ cong là khác nhau.

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

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

trong đó:

- I_1 - siêu cao thiếu ở đầu của đoạn vuốt siêu cao, hoặc ngay trước biến đổi đột ngột độ cong, (mm);
- I_2 - siêu cao thiếu ở cuối của đoạn vuốt siêu cao, hoặc ngay sau biến đổi đột ngột độ cong, (mm).

Bảng I.1 - Điều kiện tại các tiếp điểm

	Điều kiện văn bản a
Đường cong bên phải với siêu cao thiếu dương	A
Đường cong bên phải với siêu cao thiếu âm (siêu cao thừa)	B
Đường cong bên trái với siêu cao thiếu dương	B
Đường cong bên trái với siêu cao thiếu âm (siêu cao thừa)	A
Đường thẳng có siêu cao, ray bên trái thấp	A
Đường thẳng có siêu cao, ray bên trái cao	B
Văn bản a: Gia tốc ngang nhận biết được trong mặt bằng đường ray là hướng về bên trái trong điều kiện A, và hướng về bên phải trong điều kiện B.	

Việc áp dụng Công thức (I.3) và (I.4) giả thiết rằng các tính chất toán học là không đổi trên toàn bộ chiều dài đoạn chuyển tiếp. Mặt khác, phải chia đoạn chuyển tiếp thành các phần, trong đó (ΔI) được tính cho từng phần, và trong đó các yêu cầu trong Điều 6 phải được đáp ứng đối với từng phần của đoạn chuyển tiếp. Ví dụ, phải đánh giá đoạn chuyển tiếp ngược với các tính chất toán học khác nhau trước và sau điểm uốn là hai đường cong chuyển tiếp.

Điều 6 cho phép hai (hoặc nhiều hơn) biến đổi đột ngột độ cong được tách với chiều dài dưới chuẩn theo Điều 6.13, với điều kiện là tổng biến đổi siêu cao thiếu không vượt quá giới hạn trên đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu. Tổng biến đổi siêu cao thiếu được tính bằng Công thức (I.3) và (I.4) (tùy thuộc vào các điều kiện trong Bảng I.1), bằng cách sử dụng siêu cao thiếu ngay trước biến đổi đột ngột độ cong đầu tiên là (I_1) và siêu cao thiếu ngay sau biến đổi đột ngột độ cong sau cùng là (I_2).

I.4 Quy tắc kí hiệu để tính (Δp)

Biến đổi đột ngột độ dốc thường được xác định theo Công thức (I.5), nhưng khi độ dốc dốc xuống được nối với độ dốc dốc lên thì nó được xác định theo Công thức (I.6).

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

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

trong đó:

- p_1 - độ dốc của đoạn thứ nhất;
- p_2 - độ dốc của đoạn thứ hai;

(Tham khảo)

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

Trong một số ứng dụng nhất định, chiều dài thực tế của bất kỳ đoạn tuyến nào (trừ các đường cong chuyển tiếp) nên được đặt bằng hoặc cao hơn giới hạn dưới cho trong Bảng J.1, tính đến các tham số thiết kế tuyến thực tế của các đoạn siêu cao lân cận; các đoạn dài hơn nên được sử dụng đối với giá trị cao hơn của các tham số này.

Điều mong muốn là có thể nối hai đường cong tròn ngược bằng một đường cong chuyển tiếp liên tục thay vì đặt một đoạn thẳng giữa hai đường cong chuyển tiếp. Do đó, trong trường hợp này, chiều dài đoạn thẳng bằng không.

Bảng J.1 - Giới hạn dưới đối với chiều dài của đoạn siêu cao không đổi giữa hai đoạn vượt siêu cao tuyến tính (L_i)

Vận tốc (km/h)	Giới hạn thông thường ^a (m)	Giới hạn đặc biệt (m)
0 km/h < V ≤ 70 km/h	V / 3	V / 10
70 km/h < V ≤ 200 km/h	V / 2	V / 5,2
200 km/h < V ≤ 360 km/h	V / 1,5	V / 2,5

^a Không dưới 20 m.

Sự nối tiếp nhanh giữa đường cong và đường thẳng có thể làm giảm độ thoải mái, đặc biệt khi chiều dài các đoạn tuyến riêng rẽ đến mức khiến cho hành khách chịu sự biến đổi gia tốc ở tốc độ tương ứng với tần số dao động riêng của toa xe.

Phụ lục K

(Tham khảo)

Nguyên tắc chuyển tiếp ảo

K.1 Chuyển tiếp ảo tại biến đổi đột ngột siêu cao thiếu

Nguyên tắc này dựa trên giả thiết rằng toa xe đặc trưng chạy trên biến đổi đột ngột siêu cao thiếu tăng hoặc giảm, siêu cao thiếu (và/hoặc siêu cao thừa) trên chiều dài bằng khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe đặc trưng (L_b). Khoảng cách này cũng được biểu thị là chuyển tiếp ảo

và được giả thiết là kéo dài một khoảng $\left(\frac{L_b}{2}\right)$ mỗi bên của biến đổi đột ngột siêu cao thiếu.

Tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ được xác định theo Công thức (K.1).

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{L_b} \times \frac{V}{q_v} \quad (K.1)$$

trong đó:

q_v = 3,6 km.s/(h.m);

ΔI - biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, (mm);

V - vận tốc của toa xe, (km/h);

L_b - khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe đặc trưng, (m).

Tốc độ ảo tính toán của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ phụ thuộc vào khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe. Do đó, giá trị $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ không thể so sánh với tốc độ biến đổi siêu cao thiếu

$\left(\frac{dI}{dt}\right)$ trên đường cong chuyển tiếp được quy định trong Điều 6.8.

Giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ được đưa ra trong Điều K.3.
to)

Giá trị tương ứng của (ΔI) (xem Điều 6.11) đối với vận tốc (V) cho trước, chiều dài (L_b) cho trước và giá trị tốc độ ảo cho trước của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ có thể được tính theo Công thức (K.2).

$$\Delta I = \frac{q_v}{V} \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \times L_b \quad (K.2)$$

trong đó:

q_v = 3,6 km.s/(h.m);

V - vận tốc của toa xe, (km/h);

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ - tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu, (mm/s);

L_b - khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe đặc trưng, (m).

Các giá trị đối với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, khi dựa trên nguyên tắc chuyển tiếp ảo, cũng phải tuân theo các giới hạn trên được quy định trong Điều 6.11.

K.2 Chuyển tiếp ảo tại đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong

Khi hai biến đổi đột ngột siêu cao thiếu được phân tách bằng chiều dài (L_s) mà ngắn hơn khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe đặc trưng (L_b), và biến đổi đột ngột siêu cao thiếu thứ hai tương tác với biến đổi đột ngột siêu cao thiếu thứ nhất theo cách mà tổng biến đổi siêu cao thiếu qua hai tiếp điểm được tăng lên, thì chiều dài (L_s) của đoạn trung gian được đánh giá bằng cách tính tốc

độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ xác định theo Công thức (K.3).

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I_1 + \Delta I_2}{L_b + L_s} \times \frac{V}{q_v} \quad (K.3)$$

trong đó:

q_v = 3,6 km.s/(h.m);

ΔI - biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, (mm);

V - vận tốc của toa xe, (km/h);

L_b - khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe đặc trưng, (m);

L_s - chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong, (m).

CHÚ THÍCH:

Điều K.1 áp dụng cho mỗi trong số hai biến đổi siêu cao thiếu.

Tốc độ ảo tính toán của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ phụ thuộc vào khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe. Do đó, giá trị $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ không thể so sánh với tốc độ biến đổi siêu cao thiếu

$\left(\frac{dI}{dt}\right)$ trên đường cong chuyển tiếp được quy định trong Điều 6.8.

Giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ được đưa ra trong Điều K.3.

Giới hạn dưới của (L_s) đối với vận tốc (V) cho trước, tổ hợp cho trước của (ΔI_1) và (ΔI_2), và giá trị cho trước của $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ được biểu diễn bằng Công thức (K.4).

$$L_{s,\lim} = \frac{\Delta I_1 + \Delta I_2}{\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)_{\lim}} \times \frac{V}{q_v} - L_b \quad (K.4)$$

trong đó:

q_v = 3,6 km.s/(h.m);

ΔI - biến đổi đột ngột siêu cao thiếu, (mm);

V - vận tốc của toa xe, (km/h);

L_b - khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng của toa xe đặc trưng, (m);

L_s - chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong, (m).

Giá trị âm đối với ($L_{s,\lim}$) có nghĩa là không yêu cầu đoạn trung gian, và do đó có thể có bất kỳ chiều dài nào theo nguyên tắc chuyển tiếp ảo.

Giá trị đối với chiều dài trung gian (L_s), khi dựa trên nguyên tắc chuyển tiếp ảo, cũng phải tuân theo các giới hạn dưới được quy định trong Điều 6.12 và Điều 6.13. Phải luôn kiểm tra việc tuân thủ yêu cầu này, tức là đối với các trường hợp khi $L_s > L_b$.

K.3 Các giới hạn dựa trên nguyên tắc chuyển tiếp ảo

K.3.1 Quy định chung

Nguyên tắc chuyển tiếp ảo được xác định trong Điều K.1 và Điều K.2.

Các công ty đường sắt Châu Âu sử dụng nguyên tắc chuyển tiếp ảo thường có các toa xe đặc trưng khác nhau và do đó, có sự thay đổi về khoảng cách giữa các tâm giá chuyển hướng.

Ngoài ra, giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ là khác nhau đối với những công ty đường sắt này. Một số công ty đường sắt này hạn chế sử dụng nguyên tắc chuyển tiếp ảo cho vận tốc dưới 160 km/h.

Ví dụ về các giới hạn được đưa ra trong Điều K.3.2 và Điều K.3.3.

K.3.2 Toa xe đặc trưng với khoảng cách 20 m giữa các tâm giá chuyển hướng

Giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ cho toa xe đặc trưng có khoảng cách 20 m giữa các tâm giá chuyển hướng được quy định trong Bảng K.1.

Bảng K.1 - Giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$

	Giới hạn thông thường (mm/s)	Giới hạn đặc biệt (mm/s)
Chung	55	
Ghi	125	150

K.3.3 Toa xe đặc trưng với khoảng cách 12,2 m và 10,06 m giữa các tâm giá chuyển hướng

Giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ cho toa xe đặc trưng có khoảng cách 12,2 m và 10,06 m giữa các tâm giá chuyển hướng được quy định trong Bảng K.2.

Bảng K.2 - Giới hạn trên đối với tốc độ ảo của biến đổi siêu cao thiếu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$

	Giới hạn thông thường (mm/s)	Giới hạn đặc biệt (mm/s)
Chung	35	55
Ghi	35	80

Phụ lục L

(Quy định)

Chiều dài đoạn trung gian (L_c) để ngăn khóa đệm

L.1 Quy định chung

Có các giới hạn về độ nhô ra ở cuối toa xe, có thể khác nhau giữa hai toa xe liền kề. Tiêu chí này liên quan đến khóa đệm, nhưng các toa xe có khớp nối giữa cũng có thể có giới hạn tương tự. Độ nhô ra ở cuối toa xe là sự lệch ngang hình học (dg_a) đối với cuối toa xe, như được xác định trong EN 15273-1.

Tiêu chí này phù hợp với bình diện có đường cong bán kính nhỏ theo hướng ngược nhau. Đối với đường cong nằm có bán kính dưới chuẩn, tiêu chí này cũng có thể phù hợp với đường cong được nối với đường thẳng hoặc trong phạm vi đường cong ghép.

L.2 Toa xe cơ bản và các điều kiện vận hành

Yêu cầu về chiều dài các đoạn trung gian được rút ra để cho phép khả năng tương tác đối với hai loại phương tiện cơ bản.

Toa xe khách cơ bản có một số đặc điểm cụ thể như sau:

- Khoảng cách giữa các trục đứng của giá chuyển hướng: 19,0 m,
- Khoảng cách giữa mặt đệm và trục đứng của giá chuyển hướng: 3,7 m.

Toa xe hàng cơ bản có một số đặc điểm cụ thể như sau:

- Khoảng cách giữa các bánh xe, hoặc trục đứng của giá chuyển hướng: 12,0 m,
- Khoảng cách giữa mặt đệm và trục bánh xe hoặc trục đứng của giá chuyển hướng: 3,0 m.

Đối với các đường giao thông hỗn hợp và đường tàu khách chuyên dụng, giới hạn về bình diện được xác định trong Phụ lục này, dẫn đến chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe là 395 mm đối với hai toa xe khách cơ bản liền kề.

Đối với các đường tàu hàng chuyên dụng, giới hạn về bình diện được xác định trong Phụ lục này dẫn đến chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe là 225 mm đối với hai toa xe hàng cơ bản liền kề.

Đối với các phương tiện có các đặc điểm khác, người ta cho rằng cơ cấu truyền động, móc nối toa xe và bộ đệm được thiết kế cho chiều dài tối thiểu của đoạn trung gian (L_c).

Người quản lý cơ sở hạ tầng có thể quy định hạn chế hơn, chiều dài dài hơn (các đoạn chuyên dụng của) trên mạng đường sắt để ngăn khóa đệm đối với các phương tiện hiện tại không đáp ứng các giả thiết này.

L.3 Chiều dài (L_c) của đoạn thẳng trung gian giữa hai đường cong tròn hướng ngược nhau

Các bảng trong điều này dựa trên các trường hợp mà tại đó bình diện có chứa đường cong tròn dài, đường thẳng trung gian và đường cong tròn dài theo hướng ngược lại với đường cong thứ nhất. Đường ray có giá trị khổ đường khai thác lớn nhất là 1 470 mm (khổ danh định 1 435 mm cộng với 35 mm, xem EN 13848-5). Toa xe thứ nhất có bánh xe thứ nhất (hoặc trục đứng của giá chuyển hướng) trên đường cong tròn đầu tiên, và toa xe thứ hai có bánh xe sau cùng (hoặc trục đứng của giá chuyển hướng) trên đường cong tròn thứ hai. Hai bánh xe trung gian (hoặc trục đứng của giá chuyển hướng) được đặt hoặc trên đường cong hoặc trên đường thẳng trung gian. Đối với các trường hợp khác, xem Điều L.4.

Tiêu chuẩn này dựa trên tiêu chí về chênh lệch của độ nhô ra tính ở cuối toa xe. Giới hạn đề cập đến đường cong tròn dài bán kính 190 m, được nối với đường cong tròn dài bán kính 190 m theo hướng ngược lại, với đường thẳng trung gian dài 6,0 m. Điều này dẫn đến giá trị lớn nhất đối với chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe là 395 mm đối với hai toa khách cơ bản và cho phép đường cong tròn dài bán kính 213 m được nối trực tiếp với đường cong tròn dài cũng có bán kính 213 m theo hướng ngược lại. Nó cũng cho phép đối với bất kỳ kết hợp nào của các đường cong tròn mà tại đó biến đổi độ cong nhỏ hơn $1/106,5 \text{ m}^{-1}$.

Trường hợp các đường cong nằm có độ cong mà chênh lệch hơn $1/113 \text{ m}^{-1}$ thì phải chèn vào đoạn trung gian để giảm sự chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe, sử dụng phương pháp tính trong EN 15273-1, xuống nhỏ hơn hoặc bằng 395 mm đối với toa xe khách cơ bản. Đoạn này có thể là đường thẳng, đường cong chuyển tiếp hoặc đường cong tròn. Chiều dài cần thiết của đoạn trung gian phụ thuộc vào bán kính của các đường cong bán kính nhỏ cũng như loại đoạn trung gian.

Bảng L.1 quy định các giới hạn dưới đối với chiều dài đoạn thẳng trung gian cho các kết hợp đường cong tròn dài nhất định đối với toa xe khách xác định ở trên.

Tiêu chí đối với tuyến tàu hàng chuyên dụng cho phép đường cong tròn dài bán kính 200 m được nối trực tiếp với đường cong tròn dài cũng có bán kính 200 m theo hướng ngược lại. Nó cũng cho phép đối với bất kỳ kết hợp nào của các đường cong tròn mà tại đó biến đổi độ cong nhỏ hơn $1/100 \text{ m}^{-1}$.

Trường hợp các đường cong nằm có độ cong mà chênh lệch hơn $1/100 \text{ m}^{-1}$ thì phải chèn vào đoạn trung gian để giảm sự chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe, sử dụng phương pháp tính trong EN 15273-1, xuống nhỏ hơn hoặc bằng 225 mm đối với toa xe hàng cơ bản. Đoạn này có thể là đường thẳng, đường cong chuyển tiếp hoặc đường cong tròn. Chiều dài cần thiết của đoạn trung gian phụ thuộc vào bán kính của các đường cong bán kính nhỏ cũng như loại đoạn trung gian.

Bảng L.2 quy định các giới hạn dưới đối với chiều dài đoạn thẳng trung gian cho một số kết hợp đường cong tròn dài nhất định đối với các tuyến tàu hàng chuyên dụng cho toa xe hàng cơ bản xác định ở trên.

L.4 Các trường hợp chung đối với sự chênh lệch của độ nhô ra ở cuối toa xe

Khi cần có một đoạn đường trung gian, và không phải là đường thẳng, thì phải thực hiện tính toán chi tiết để kiểm tra độ lớn của chênh lệch độ nhô ra ở cuối toa xe.

Khi hai đường cong bán kính nhỏ là ngắn và các đoạn liền kề trước đường cong thứ nhất và/hoặc sau đường cong thứ hai có bán kính lớn hơn, thì chiều dài đoạn trung gian, sau kiểm tra đặc biệt, có thể sẽ ngắn hơn.

Tiêu chí này cũng có thể áp dụng cho đường cong nằm có bán kính dưới chuẩn nhỏ hơn 150 m. cần thiết kiểm tra đặc biệt để đảm bảo rằng chênh lệch của độ nhô ra tính ở cuối toa xe là nhỏ hơn hoặc bằng 395 mm đối với toa xe khách cơ bản trên tuyến giao thông hỗn hợp và tuyến tàu khách chuyên dụng, hoặc bằng 225 mm đối với các toa xe hàng cơ bản trên tuyến tàu hàng chuyên dụng.

Bảng L.1 - Giới hạn dưới đối với chiều dài L_c (m) của đoạn thẳng trung gian giữa hai đường cong tròn dài ngược chiều

R1 R2	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220
150	10,78	10,53	10,29	10,06	9,83	9,60	9,38	9,16	8,94	8,73	8,52	8,31	8,11	7,91	7,71
160	10,29	9,86	9,48	9,22	8,97	8,73	8,49	8,25	8,02	7,79	7,56	7,34	7,12	6,91	6,69
170	9,83	9,37	8,97	8,62	8,30	8,04	7,78	7,73	7,28	7,04	6,80	6,55	6,31	6,06	5,81
180	9,38	8,91	8,49	8,12	7,78	7,48	7,20	6,93	6,65	6,37	6,08	5,79	5,49	5,18	4,86
190	8,94	8,45	8,02	7,63	7,28	6,96	6,65	6,33	6,00	5,67	5,33	4,97	4,59	4,19	3,76
200	8,52	8,01	7,56	7,16	6,80	6,44	6,08	5,71	5,33	4,93	4,50	4,04	3,54	2,97	2,28
210	8,11	7,59	7,12	6,70	6,31	5,91	5,49	5,06	4,59	4,09	3,54	2,91	2,11	0,73	0
220	7,71	7,17	6,69	6,25	5,81	5,35	4,86	4,34	3,76	3,10	2,28	0,95	0	0	0
230	7,32	6,77	6,27	5,79	5,29	4,76	4,18	3,52	2,74	1,67	0	0	0	0	0
240	6,95	6,38	5,85	5,32	4,74	4,11	3,38	2,50	1,07	0	0	0	0	0	0
250	6,54	5,99	5,42	4,81	4,14	3,36	2,39	0,51	0	0	0	0	0	0	0
260	6,22	5,60	4,97	4,26	3,46	2,44	0,36	0	0	0	0	0	0	0	0

270	5,86	5,20	4,48	3,66	2,64	0,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	5,51	4,78	3,96	2,96	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	5,15	4,33	3,37	2,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	4,77	3,85	2,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310	4,37	3,31	1,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320	3,95	2,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330	3,47	1,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	2,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	2,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	1,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bảng L.2 - Giới hạn dưới, cho tuyến tàu hàng chuyên dụng, đối với chiều dài L_c (m) của đoạn thẳng trung gian giữa hai đường cong tròn dài ngược chiều

R1 R2	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
150	6,79	6,61	6,43	6,25	6,09	5,92	5,76	5,60	5,44	5,28	5,13
160	6,43	6,20	6,01	5,82	5,63	5,45	5,26	5,07	4,89	4,70	4,51
170	6,09	5,85	5,63	5,42	5,20	4,98	4,76	4,54	4,31	4,08	3,84
180	5,76	5,51	5,26	5,01	4,76	4,51	4,25	3,98	3,70	3,40	3,09
190	5,44	5,16	4,89	4,60	4,31	4,01	3,70	3,36	3,01	2,61	2,15
200	5,13	4,82	4,51	4,18	3,84	3,48	3,09	2,65	2,15	1,51	0
210	4,82	4,47	4,11	3,73	3,32	2,88	2,37	1,73	0,68	0	0
220	4,50	4,11	3,69	3,25	2,75	2,15	1,35	0	0	0	0
230	4,17	3,73	3,24	2,70	2,04	1,07	0	0	0	0	0
240	3,83	3,32	2,74	2,04	0,96	0	0	0	0	0	0
250	3,47	2,87	2,15	1,07	0	0	0	0	0	0	0
260	3,08	2,36	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0
270	2,65	1,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	2,16	0,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	1,51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Phụ lục M

(Tham khảo)

Xem xét đối với độ dốc dọc

M.1 Độ dốc dốc lên

Đối với tuyến giữa các ga (khu gian), nên hạn chế độ dốc dốc lên dài liên quan đến khối lượng và lực kéo sẵn có của tàu. Ngoài ra, cường độ của móc nối toa xe có thể xác định giới hạn ràng buộc đối với khối lượng tầu và/hoặc độ dốc dốc lên.

Đường cong nằm tạo ra sự gia tăng sức cản đối với chuyển động của tàu. Độ lớn của sự gia tăng này phụ thuộc vào bán kính cong nằm, chiều dài đường cong và đặc điểm của toa xe.

Độ dốc dọc ngắn hơn chiều dài đoàn tàu đối với tàu nặng nhất trên tuyến có thể có giới hạn ít hạn chế hơn đối với độ dốc.

Khi các tàu được dự kiến tăng tốc từ điểm dừng hoặc từ vận tốc thấp, thì giới hạn trên đối với độ dốc dọc nên hạn chế hơn so với các vị trí mà ở đó các tàu dự kiến chạy ở vận tốc không đổi.

Khuyến nghị rằng trong các dự án xây dựng tuyến mới, độ dốc được đánh giá thông qua vận hành mô phỏng, xem xét đến các đặc điểm của tàu hàng được xác định bởi Người quản lý cơ sở hạ tầng.

M.2 Độ dốc dốc xuống

Độ dốc dốc xuống nên được hạn chế, tính đến khả năng hãm phanh của các phương tiện.

M.3 Độ dốc đối với đường dừng tàu và ở ke ga

Độ dốc tại các ga nên tính đến việc tàu sẽ tăng tốc từ điểm dừng tại ga.

Các đường dừng tàu, lý tưởng, nên nằm ngang.

Các quy tắc của quốc gia hoặc của công ty có thể quy định các giới hạn về độ dốc qua ke ga.

Đối với các vị trí dừng tàu dọc theo ke ga và vị trí đỗ tàu, độ dốc liên quan là độ dốc trung bình trên chiều dài tàu, không phải là giá trị lớn nhất cục bộ.

Giới hạn hạn chế hơn đối với độ dốc dọc có thể được khẳng định khi các toa xe sẽ thường xuyên được nhập vào hoặc tách ra khỏi đoàn tàu.

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] DIN EN 13803:2017, *Railway applications - Track - Track alignment design parameters - Track gauge 1 435 mm and wider*.

MỤC LỤC

Lời nói đầu

1 Phạm vi áp dụng

2 Tài liệu viện dẫn

3 Thuật ngữ và định nghĩa

4 Kí hiệu và các từ viết tắt

4.1 Kí hiệu

4.2 Các từ viết tắt

5 Quy định chung

5.1 Khái quát

5.2 Đặc điểm của tuyến

6 Giới hạn đối với khổ đường 1 435 mm

6.1 Bán kính đường cong nằm (R)

6.2 Siêu cao (D)

6.3 Siêu cao thiếu (I)

6.4 Siêu cao thừa (E)

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

6.6 Độ dốc vuốt siêu cao (dD/ds)

6.7 Tốc độ biến đổi siêu cao (dD/dt)

6.8 Tốc độ biến đổi siêu cao thiếu (dI/dt)

6.9 Chiều dài đoạn cong tròn có siêu cao không đổi giữa hai đoạn vuốt siêu cao tuyến tính (L_i)

6.10 Biến đổi đột ngột độ cong ngang

6.11 Biến đổi đột ngột siêu cao thiếu (ΔI)

6.12 Chiều dài đoạn nối giữa hai đường cong (L_c)

6.13 Chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong (L_s)

6.14 Độ dốc dọc (p)

6.15 Bán kính đường cong đứng (R_v)

6.16 Chiều dài đường cong đứng (L_v)

6.17 Biến đổi đột ngột độ dốc dọc (Δp)

Phụ lục A (Tham khảo) Thông tin bổ sung về hình dạng và chiều dài đường cong chuyển tiếp

Phụ lục B (Tham khảo) Các ràng buộc và rủi ro liên quan đến sử dụng các giới hạn đặc biệt

Phụ lục C (Tham khảo) Đánh giá các điều kiện ở mũi lưới ghi

Phụ lục D (Tham khảo) Xem xét thiết kế đối với ghi

Phụ lục E (Tham khảo) Ví dụ áp dụng

Phụ lục F (Tham khảo) Ví dụ về các giới hạn cục bộ đối với siêu cao thiếu

Phụ lục G (Tham khảo) Xem xét liên quan đến siêu cao thiếu và siêu cao thừa

Phụ lục H (Tham khảo) Độ thoải mái của hành khách trên đường cong

Phụ lục I (Quy định) Quy tắc kí hiệu để tính (ΔD), (ΔI) và (Δp)

Phụ lục J (Tham khảo) Chiều dài đoạn cong tròn có siêu cao không đổi giữa hai đoạn vuốt siêu cao tuyến tính (L_i)

Phụ lục K (Tham khảo) Nguyên tắc chuyển tiếp ảo

Phụ lục L (Quy định) Chiều dài đoạn trung gian (L_c) để ngăn khóa đệm

Phụ lục M (Tham khảo) Xem xét đối với độ dốc dọc

Thư mục tài liệu tham khảo