

LÊ HẢI HÀ (CHỦ BIÊN)
BÙI THỊ TRÍ
NGUYỄN THANH TÙNG

CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG SẮT

TẬP MỘT

(DÙNG CHO CÁC LỚP KHÔNG CHUYÊN NGÀNH)



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
HÀ NỘI 2002

LÊ HẢI HÀ (CHỦ BIÊN)
BÙI THỊ TRÍ
NGUYỄN THANH TÙNG

CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG SẮT
TẬP MỘT
(DÙNG CHO CÁC LỚP KHÔNG CHUYÊN NGÀNH)

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
HÀ NỘI 2002
LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình "Công trình đường sắt" tập 1 "Tuyến đường sắt, kết cấu tầng trên đường sắt và nền đường sắt" nhằm phục vụ sinh viên các ngành đường ô tô, cầu hầm,

kinh tế xây dựng, khai thác vận tải sắt và các ngành khác liên quan đến giao thông vận tải.

Trong cuốn sách giới thiệu các vấn đề có liên quan tới tính sức kéo đầu máy, nguyên tắc thiết kế bình đồ và trắc dọc tuyến đường sắt, khái niệm vạch tuyến, phương pháp so sánh kinh tế kỹ thuật các phương án, cấu tạo các bộ phận kết cấu tầng trên đường sắt, thiết kế đường ray, đường giao cắt trong ga, khái niệm đường sắt không mối nối và nền đường sắt.

Để phục vụ cho sinh viên các lớp không chuyên ngành đường sắt, khi biên soạn các tác giả đã cố gắng bám sát nội dung đổi mới của chương trình môn học để phù hợp tình hình thực tế.

Sách tái bản lần này có bổ xung một số nội dung cho phù hợp với chương trình đào tạo và một số quy định về các tiêu chuẩn mới của ngành đường sắt. Sau các phần lý thuyết có đưa những ví dụ cụ thể để bạn đọc dễ hiểu.

Nội dung giáo trình và các chương mục đã được tập thể các thầy giáo Bộ môn Đường sắt Trường ĐH Giao thông vận tải góp ý.

Trong quá trình biên soạn có sự phân công sau:

TS. Lê Hải Hà viết phần 1: phần tuyến đường sắt gồm các chương 1, 2, 3, 4, 5.

ThS. Bùi Thị Trí viết phần 2: chương 1, 2, 3, 5.

PGS-TS. Nguyễn Thanh Tùng viết phần 2 chương 4.

Giáo trình "Công trình đường sắt" tập 2 sẽ trình bày những phần sau:

Phần 1: Thi công đường sắt

Phần 2: Kỹ thuật sửa chữa đường sắt

Trong quá trình biên soạn, chắc chắn không tránh khỏi những sai sót, chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để lần xuất bản sau được hoàn thiện hơn.

Hà Nội, tháng 6-2002

Các tác giả

MỤC LỤC

<i>Lời nói đầu</i>	Trang
<i>Mục lục</i>	5
Phần 1. TUYẾN ĐƯỜNG SẮT	
Chương 1. Tính sức kéo đầu máy	
1.1. Khái niệm chung	11
1.1.1. Mục đích tính sức kéo đầu máy khi thiết kế đường sắt	11
1.1.2. Mô hình tính của đoàn tàu và các lực tác dụng lên nó	11
1.2. Lực cản chuyển động	13
1.2.1. Thành phần của lực cản	13
1.2.2. Lực cản cơ bản	13
1.2.3. Công thức thực nghiệm tính lực cản đơn vị cơ bản của toa xe	14
1.2.4. Lực cản đơn vị cơ bản của đầu máy	17
1.2.5. Lực cản đơn vị cơ bản bình quân của đoàn tàu	18
1.2.6. Lực cản phụ	19
1.2.7. Các biện pháp làm giảm lực cản	23
1.3. Lực hãm đoàn tàu	24
1.3.1. Các phương tiện hãm tàu	24
1.3.2. Tính lực hãm do tác dụng của má phanh	24
1.3.3. Tính lực hãm hoàn nguyên	30
1.4. Lực kéo và đặc tính lực kéo của đầu máy	31
1.4.1. Khái niệm chung	31
1.4.2. Sự thể hiện lực kéo của đầu máy	31
1.4.3. Phân biệt 3 khái niệm về lực kéo đầu máy	32
1.4.4. Hạn chế lực kéo theo điều kiện bám	33
1.4.5. Các khái niệm về trọng lượng đoàn tàu	34
1.4.6. Tổng số lực kéo của nhiều đầu máy	34
1.5. Phương trình vi phân chuyển động của đoàn tàu	34
1.5.1. Phân tích điều kiện chuyển động của tàu	34
1.5.2. Sự phụ thuộc của hợp lực vào tốc độ chạy tàu	34
1.5.3. Thành lập phương trình vi phân chuyển động của đoàn tàu	35
1.5.4. Tính trọng lượng đoàn tàu và kiểm tra trọng lượng đoàn tàu theo các điều kiện hạn chế nó	38
Chương 2. Bình đồ và trắc dọc đường sắt	

2.1.	Yếu tố bình đồ đường sắt ở khu gian	44
2.1.1.	Đường thẳng và đường cong	44
2.1.2.	Bán kính tối thiểu và bán kính hạn chế	48
2.1.3.	Đường cong hoà hoãn (chuyển tiếp)	49
2.1.4.	Đoạn thẳng giữa hai đường cong	54
2.1.5.	Góc quay nhỏ nhất	57
2.2.	Những yếu tố trắc dọc đường sắt	58
2.2.1.	Khái niệm chung	58
2.2.2.	Phân loại dốc trắc dọc	58
2.2.3.	Dốc hạn chế i_p	58
2.2.4.	Dốc cân bằng i_{cb}	61
2.2.5.	Dốc gia cường i_{gc}	62
2.2.6.	Dốc quán tính i_j	63
2.2.7.	Dốc vận doanh	65
2.2.8.	Chiều dài các yếu tố trắc dọc	66
2.2.9.	Nói các yếu tố trắc dọc	68
2.3.	Phân bố điểm phân giới	70
2.3.1.	Mục đích phân bố điểm phân giới	70
2.3.2.	Phân loại điểm phân giới	70
2.3.3.	Nội dung phân bố điểm phân giới	70
2.3.4.	Nguyên tắc phân bố điểm phân giới	72
2.4.	Yêu cầu bình đồ, trắc dọc tại điểm phân giới	73
2.4.1.	Yêu cầu về bình đồ tại điểm phân giới	73
2.4.2.	Yêu cầu về trắc dọc tại điểm phân giới	74
2.4.3.	Chiều dài ga	76
2.5.	Thiết kế bình đồ, trắc dọc đường sắt	77
2.5.1.	Bố trí điểm đổi dốc theo bình đồ và công trình nhân tạo	77
2.5.2.	Thiết kế trắc dọc theo điều kiện tránh ngập nước	78
2.5.3.	Thiết kế bình đồ và trắc dọc đường sắt khi gặp cầu, gặp các đường giao thông khác và qua hầm	78
2.5.4.	Thiết kế trắc dọc bảo đảm an toàn chạy tàu	80
2.5.5.	Thiết kế trắc dọc bảo đảm chạy tàu liên tục	81
2.5.6.	Những số đo về bình đồ và trắc dọc	83
	Chương 3. Vạch tuyến	
3.1.	Nhiệm vụ vạch tuyến, các phương án về hướng tuyến	85

3.1.1.	Nhiệm vụ vạch tuyến	85
3.1.2.	Nêu các phương án về hướng tuyến	85
3.1.3.	Đường chim bay và điểm kinh tế, chướng ngại và điểm khống chế	86
3.2.	Phân loại vạch tuyến	87
3.2.1.	Vạch tuyến theo điều kiện địa hình	87
3.2.2.	Vạch tuyến theo điều kiện sử dụng dốc giới hạn	88
3.3.	Nhiệm vụ và phương pháp vạch tuyến tự do và vạch tuyến khó khăn	88
3.3.1.	Nhiệm vụ và phương pháp vạch tuyến tự do	88
3.3.2.	Nhiệm vụ và phương pháp vạch tuyến khó khăn	90
3.3.3.	Các loại hình triển tuyến	93
3.4.	Đặc điểm vạch tuyến theo những điều kiện địa hình, địa thế và địa chất khác nhau	96
3.4.1.	Vạch tuyến men sông	96
3.4.2.	Vạch tuyến ven theo đường phân thủy	97
3.4.3.	Vạch tuyến men theo sườn núi	97
3.4.4.	Vạch tuyến cắt đường phân thủy	98
3.4.5.	Vạch tuyến theo địa chất phức tạp	98
3.5.	Vạch tuyến qua sông	99
3.6.	Đánh giá việc vạch tuyến	100
3.7.	Quy định bản vẽ bình đồ và trắc dọc tuyến	101
Chương 4. So sánh kinh tế kỹ thuật các phương án		
4.1.	Những nguyên tắc cơ bản khi so sánh phương án	102
4.1.1.	Khái niệm	102
4.1.2.	Các chỉ tiêu so sánh phương án	102
4.2.	So sánh phương án theo chỉ tiêu giá tiền	103
4.2.1.	Ý nghĩa của việc so sánh theo chỉ tiêu giá tiền	103
4.2.2.	So sánh phương án khi đầu tư một giai đoạn	103
4.2.3.	So sánh phương án khi đầu tư nhiều giai đoạn	106
4.2.4.	Phương pháp chọn độ dốc hạn chế i_p theo kinh phí quy đổi	107
4.3.	Tính khối lượng công trình và giá thành xây dựng các phương án	108
4.3.1.	Khái niệm	108
4.3.2.	Tính khối lượng công tác và giá thành nền đường	109
4.3.3.	Tính khối lượng công tác và giá thành công trình nhân tạo	110
4.3.4.	Tính khối lượng và giá thành kết cấu tầng trên	111

4.3.5.	Tính khối lượng công tác và giá thành các ga	111
4.3.6.	Tính giá thành xây dựng các phương án	111
4.4.	Tính chi phí khai thác khi so sánh phương án	112
4.4.1.	Các phương pháp tính chi phí khai thác khi so sánh phương án	112
4.4.2.	Tính chi phí khai thác trực tiếp theo tiêu chuẩn từng loại	114
4.4.3.	Tính chi phí khai thác gián tiếp theo tiêu chuẩn từng loại	115

Chương 5. Lựa chọn các thông số kỹ thuật và phân tích khả năng vận chuyển thích ứng

5.1.	Năng lực tính toán và những thông số kỹ thuật cơ bản	116
5.1.1.	Năng lực tính toán	116
5.1.2.	Những thông số kỹ thuật cơ bản	117
5.2.	Đồ thị khả năng vận chuyển, khả năng thông qua có thể và yêu cầu	117
5.2.1.	Đồ thị khả năng vận chuyển, khả năng thông qua có thể và yêu cầu	117
5.2.2.	Các trường hợp tính toán, các trạng thái kỹ thuật	119
5.3.	Tính khả năng thông qua và khả năng vận chuyển có thể	119
5.3.1.	Tính khả năng thông qua có thể	119
5.3.2.	Các chỉ tiêu vận tốc	124
5.4.	Phân tích khả năng vận chuyển thích ứng và lựa chọn thông số kỹ thuật của tuyến đường	125
5.4.1.	Phân tích khả năng vận chuyển thích ứng	125
5.4.2.	Lựa chọn các thông số kỹ thuật riêng biệt của tuyến đường	127

Phần 2. KẾT CẤU TẦNG TRÊN ĐƯỜNG SẮT, NỀN ĐƯỜNG SẮT

Chương 1. Cấu tạo kiến trúc tầng trên

1.1	Ray	130
1.1.1.	Công dụng và yêu cầu đối với ray	130
1.1.2.	Hình dạng và kích thước hình học của ray	130
1.2	Phụ tùng nối giữ ray	132
1.2.1.	Yêu cầu đối với phụ tùng nối giữ	132
1.2.2.	Phụ kiện giữ ray	133
1.2.3.	Mối nối ray và phụ kiện mối nối	145
1.3	Tà vẹt	149
1.3.1.	Công dụng và yêu cầu đối với tà vẹt	149
1.3.2.	Tà vẹt sắt	149
1.3.3.	Tà vẹt gỗ	150
1.3.4.	Tà vẹt bê tông	151

1.4.	Lớp đá ba lát	154
1.4.1.	Công dụng và yêu cầu đối với lớp đá ba lát	154
1.4.2.	Mặt cắt ngang của lớp đá ba lát	155
1.5.	Phòng trôi và gia cường đường cong	162
Chương 2. Thiết kế đường ray		
2.1.	Đặc điểm cấu tạo của đôi bánh xe	165
2.2.	Đường ray trên đường thẳng	172
2.2.1.	Cự ly ray trên đường thẳng (S_0)	172
2.2.2.	Độ nghiêng của ray	173
2.2.3.	Vị trí mặt ngang đỉnh hai ray	173
2.3.	Đường ray trên đường cong	174
2.3.1.	Các đặc điểm của đường ray trên đường cong	174
2.3.2.	Nội tiếp của đầu máy toa xe trên đường cong	175
2.3.3.	Tính độ nở rộng cự ly ray trên đường cong	176
2.3.4.	Đặt ray hộ bánh trên đường cong	190
2.3.5.	Siêu cao ray lưng trên đường cong	191
2.3.6.	Đường cong chuyển tiếp	199
2.3.7.	Đặt ray ngắn trong đường cong	203
Chương 3. Cấu tạo ghi đơn		
3.1.	Khái niệm chung	207
3.2.	Cấu tạo bộ ghi đơn phổ thông	209
3.2.1.	Bộ phận đầu ghi	209
3.2.2.	Bộ phận tâm ghi	213
3.2.3.	Bộ phận nối dẫn trong ghi	216
3.3.	Tà vệt ghi	217
3.4.	Bản vẽ ghi	217
Chương 4. Khái niệm đường sắt không mối nối		
4.1.	Ưu nhược điểm của đường sắt có mối nối và không mối nối	219
4.1.1.	Nhược điểm của đường sắt có mối nối	219
4.1.2.	Ưu nhược điểm của đường sắt không mối nối	219
4.2.	Phân biệt chiều dài ray trên đường sắt	220
4.2.1.	Ray thông thường	220
4.2.2.	Ray dài có chiều dài ray lớn hơn chiều dài ray tiêu chuẩn	220
4.2.3.	Ray không mối nối	221
4.3.	Nguyên lý cơ bản để tính đường sắt không mối nối	222

4.3.1.	Ứng suất nhiệt σ_t và lực nhiệt độ P_t	222
4.3.2.	Lực cản tuyến đường	222
4.4.	Yêu cầu về thiết kế đường sắt không mối nối	223
4.4.1.	Yêu cầu về bình đồ và trắc dọc	223
4.4.2.	Yêu cầu về cấu tạo đường ray	223
4.5.	Đặt ray không mối nối trên đường đang khai thác	225
4.5.1.	Công tác cơ bản	225
4.5.2.	Công tác chỉnh lý đường sắt không mối nối	226
	Chương 5. Nền đường sắt	
5.1.	Phân loại trắc ngang nền đường	227
5.2.	Trắc ngang nền đắp định hình	228
5.2.1.	Cấu tạo nền đường	229
5.2.2.	Các công trình của nền đường	233
5.3.	Trắc ngang định hình nền đào	234
5.4.	Đất đắp nền đường	235
5.4.1.	Đất dùng để đắp nền đường	235
5.4.2.	Đàn nén nền đường	236
	<i>Chuyển đổi đơn vị đo lường</i>	239
	<i>Tài liệu tham khảo</i>	240

PHẦN 1

TUYẾN ĐƯỜNG SẮT

CHƯƠNG 1. TÍNH SỨC KÉO ĐẦU MÁY

1.1. KHÁI NIỆM CHUNG.

1.1.1. Mục đích tính sức kéo đầu máy khi thiết kế đường sắt.

Khi thiết kế đường mới cũng như cải tạo đường cũ việc tính sức kéo cho phép xác định được trọng lượng đoàn tàu, đặc tính và chế độ chuyển động của tàu (mở máy, đóng máy, đóng và hãm), vận tốc chạy tàu và thời gian chạy tàu, tiêu hao nhiên liệu dầu ma dút nếu là đầu máy điêzen, tiêu hao than nước nếu là đầu máy hơi nước, tiêu hao năng lượng điện nếu là đầu máy điện. Theo những số liệu này xác định được chi phí khai thác của đường trong tương lai, do đó cho phép đánh giá và so sánh các phương án tuyến thiết kế.

1.1.2. Mô hình tính của đoàn tàu và các lực tác dụng lên nó.

1. Các giả thiết.

Khi tàu chuyển động trên đường ta xem đoàn tàu như chất điểm chuyển động dưới tác dụng của các lực đặt tại trọng tâm.

Khi tàu chuyển động tiến dần (ở mọi thời điểm vận tốc bằng nhau về đại lượng và chiều) ta không xét đến nội lực vì nội lực không gây ra chuyển động mà chỉ xét đến ngoại lực gây ra chuyển động của đoàn tàu.

2. Các ngoại lực.

a. Lực kéo F (N, KN) do đầu máy sinh ra và do người lái máy tăng giảm hoặc đóng máy.

b. Lực cản chuyển động W (N, KN) phụ thuộc vào loại đoàn tàu, tốc độ chuyển động, độ dốc và vị trí đường cong mà tàu chạy trên đó. Lực cản chuyển động xuất hiện vì những nguyên nhân khác nhau vì vậy người lái máy không điều chỉnh được.

c. Lực hãm đoàn tàu B (N, KN) là lực tạo ra do con người thông qua bộ phận hãm để cản chuyển động của đoàn tàu nhằm giảm hoặc giữ nguyên vận tốc khi xuống dốc, khi vào ga hoặc cho tàu dừng lại nếu cần thiết.

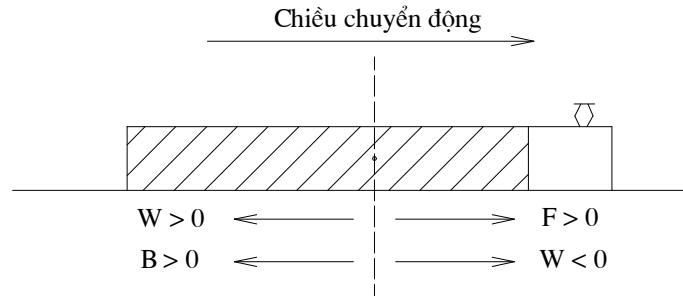
Phụ thuộc vào cách điều khiển chạy tàu của người lái máy mà có thể phân ra các chế độ chạy tàu sau:

- Chế độ kéo: động cơ của đầu máy mở máy.
- Chế độ chạy đà: động cơ của đầu máy đóng máy nhưng không sử dụng hãm và đoàn tàu chuyển động dưới tác dụng của thành phần trọng lực hoặc lực quán tính.

- Chế độ hãm: động cơ của đầu máy đóng máy, hệ thống hãm làm việc.

d. Quy tắc dấu.

Có thể dùng quy tắc dấu như sau:



Hình 1-1. Quy tắc dấu của F, W, B

Lực kéo bao giờ cũng tác dụng theo chiều chuyển động lấy dấu dương $F > 0$. Lực hãm bao giờ cũng tác dụng ngược chiều chuyển động lấy dấu dương $B > 0$. Lực cản có dấu dương $W > 0$ khi ngược chiều chuyển động, có dấu âm $W < 0$ khi cùng chiều chuyển động.

Cũng tồn tại quy tắc dấu khác đó là những lực cùng chiều chuyển động mang dấu dương và ngược chiều chuyển động mang dấu âm. Theo quy tắc này lực kéo mang dấu dương, lực hãm mang dấu âm, lực cản cũng mang dấu âm trừ trường hợp lực cản do dốc khi tàu chuyển động xuống dốc mang dấu dương tức là kích thích chuyển động và khi lên dốc mang dấu âm.

e. Lực toàn phần và lực đơn vị.

Trong tính toán sức kéo đầu máy người ta đưa ra khái niệm lực toàn phần và lực đơn vị.

Những lực tính toán cho cả đoàn tàu, cho đầu máy, cho một toa xe hoặc một nhóm toa xe được gọi là lực toàn phần. Các lực này được ký hiệu chữ in hoa F, W, B và đơn vị đo là Niu ton (N).

Những lực tính cho một đơn vị trọng lực của đoàn tàu, của đầu máy, của toa xe được gọi là lực đơn vị. Trọng lực của đoàn tàu, của đầu máy, của toa xe tốt nhất dùng đơn vị KN với điều kiện là khối lượng của chúng dùng đơn vị tấn. Các lực đơn vị này được ký hiệu chữ thường f, w, b.

$$f = \frac{F}{(P+Q)g} \quad (\text{N/KN}) \quad (1-1)$$

$$w = \frac{W}{(P+Q)g} \quad (\text{N/KN}) \quad (1-2)$$

$$b = \frac{B}{(P+Q)g} \quad (\text{N/KN}) \quad (1-3)$$

Ở đây: P - khối lượng đầu máy (tấn)

Q - khối lượng đoàn toa xe (tấn)

g - gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Ví dụ: lực kéo toàn phần có trị số 385500 N tác dụng vào đoàn tàu có trọng lực $(P+Q).g = 65000 \text{ KN}$ thì lực kéo đơn vị là

$$f = 385500/65000 = 5,93 \text{ N/KN}$$

Tùy theo tương quan giữa trị số lực kéo, lực cản đơn vị mà tàu có những chuyển động khác nhau: nhanh dần, chậm dần và đều.

1.2. LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG.

1.2.1. Thành phần của lực cản.

Khi chuyển động đoàn tàu chịu lực cản do nhiều yếu tố khác nhau. Để dễ dàng tính đến các yếu tố này người ta chia lực cản chuyển động thành hai phần:

a. Lực cản cơ bản W_0, w_0 : là lực cản tất nhiên khi tàu chạy trên đường thẳng, bằng và rộng thoáng với vận tốc nhất định.

b. Lực cản phụ: xuất hiện chỉ khi đoàn tàu qua dốc W_i, w_i hoặc qua đường cong W_r, w_r hoặc khi khởi động W_{kd}, w_{kd} . Ngoài ra cần tính đến một số lực cản phụ khác như khi có gió to, khi tàu chạy trong hầm...

Tổng số đại số của lực cản cơ bản và lực cản phụ gọi là lực cản chung của đoàn tàu:

$$W = W_0 + W_i + W_r \quad (\text{N}) \quad (1-4)$$

$$w = w_0 + w_i + w_r \quad (\text{N/KN}) \quad (1-5)$$

Như vậy lực cản cơ bản luôn luôn xảy ra khi tàu chuyển động còn lực cản phụ có thể có tùy theo điều kiện chuyển động và đặc tính của trắc dọc và bình đồ trên đoạn đường đã cho.

Lực cản chung đơn vị của đầu máy

$$w' = w_0' + w_i' + w_r' \quad (\text{N/KN}) \quad (1-6)$$

Lực cản chung đơn vị của toa xe

$$w'' = w_0'' + w_i'' + w_r'' \quad (\text{N/KN}) \quad (1-7)$$

Lực cản chung toàn phần của đoàn tàu

$$W = w'.P.g + w''.Q.g \quad (\text{N}) \quad (1-8)$$

Hay
$$W = (w_0' + w_i' + w_r').P.g + (w_0'' + w_i'' + w_r'').Q.g \quad (\text{N})$$

1.2.2. Lực cản cơ bản.

1. Định nghĩa.

Lực cản cơ bản là lực cản khi tàu chạy trên đường thẳng, bằng và rộng thoáng dưới các điều kiện sau: vận tốc tàu chạy $V_{\text{tàu}} > 10 \text{ km/h}$; vận tốc gió $V_{\text{gió}} < 10 \text{ m/s}$ và nhiệt độ không khí môi trường $t^0 > -25^0\text{C}$ (với các nước Liên Xô cũ và một số nước khác); vận tốc tàu chạy $V_{\text{tàu}} > 10 \text{ km/h}$; $t^0 > -10^0\text{C}$; $V_{\text{gió}} < 5 \text{ m/s}$ (với Trung Quốc).

2. Các yếu tố tạo nên lực cản cơ bản.

Lực cản cơ bản phát sinh khi có ma sát giữa các bộ phận của tàu, giữa tàu và đường, giữa tàu và môi trường không khí. Khi tàu chạy trên đoạn thẳng và bằng lực cản cơ bản phát sinh do các nguyên nhân chính sau:

a. Lực cản do ma sát giữa cổ trục và ổ bi: là thành phần lớn của lực cản cơ bản, lực cản này tỉ lệ thuận với hệ số ma sát trong ổ bi, với tải trọng trục, với đường kính trục và tỉ lệ nghịch với đường kính bánh xe.

b. Lực cản do ma sát lăn giữa bánh xe và ray: lực cản này xuất hiện do vành bánh ép trên ray và do ray bị võng xuống nên tàu chuyển động lượn sóng làm tổn thất năng lượng.

c. Lực cản do ma sát trượt giữa đai bánh và ray: khi bánh xe lăn trên ray thì phát sinh hiện tượng trượt. Hai bánh vừa quay vừa trượt là do vành bánh xe có cấu tạo hình côn, do đôi bánh lắp không đúng, do sự chấn động của máy, do sự tiếp xúc của đai bánh với ray không phải là một điểm mà là một dải và trên dải đó các bán kính khác nhau.

d. Tổn thất động năng do chấn động và va chạm giữa bánh xe và ray ở mỗi nối ray, bởi vì mỗi sự va đập đều làm cho một phần động năng biến thành "công cơ giới" xung kích nên tốc độ giảm dần.

e. Lực cản không khí: một vật thể chuyển động đều làm không khí xung quanh chuyển động. Tốc độ của các bộ phận không khí khác nhau tùy theo vị trí của vật chuyển động. Không khí chính diện bị nén, phía sau sinh ra chân không, áp lực phía trước lớn hơn phía sau và sự chênh lệch áp lực đó tạo ra lực cản.

1.2.3. Công thức thực nghiệm tính lực cản đơn vị của toa xe.

Lực cản đơn vị cơ bản của toa xe được xác định bằng thực nghiệm và chủ yếu phụ thuộc vào vận tốc chạy tàu V (km/h), tải trọng trục của toa xe q_0 (tấn/trục), loại toa xe.

1. Công thức thực nghiệm tính lực cản đơn vị cơ bản cho một toa xe.

a. Đối với toa hàng:

Công thức tổng quát

$$w_0'' = a + (b + \frac{c}{q_0})v \quad (\text{N/KN}) - \text{toa hàng hai trục Liên Xô} \quad (1-9)$$

$$w_0'' = a + \frac{1}{q_0}(b + cv + dv^2) \quad (\text{N/KN}) - \text{toa hàng 4, 6, 8 trục LX(1-10)}$$

$$w_0'' = \frac{29 + v}{9 + 0,5q_{cabi}} \quad (\text{N/KN}) - \text{toa hàng 2, 4 trục trung Quốc(1-11)}$$

trong đó a, b, c, d - hệ số thực nghiệm

Biểu 1-1. Hệ số thực nghiệm a, b, c, d toa hàng

Loại toa	a	b	c	d
Toa 2 trục	1,4	0,02	0,25	
Toa 4 trục	0,7	3	0,1	0,0025
Toa 6 trục	0,7	8	0,1	0,0025
Toa 8 trục	0,7	6	0,038	0,0021

$$q_0 = \frac{q_{cabi}}{n} \quad (\text{tấn/trục})$$

q_{cabi} - khối lượng hàng và bì; $q_{cabi} = \beta q_{tt} + q_{bi}$ (tấn)

q_{tt} - khối lượng tính toán của toa xe (tấn)

q_{bi} - khối lượng bì (toa rỗng) (tấn)

β - hệ số chất hàng tùy theo loại hàng và loại toa xe

n - số trục của một toa xe

Lực cản đơn vị cơ bản của toa xe hàng 4 trục trên đường khổ 1000 mm ở nước ta được tính theo các công thức sau:

Với toa đặc chạy bằng ổ trượt

$$w_0'' = 1,0 + 0,04V + 0,00032V^2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-12)$$

Với toa rỗng chạy bằng ổ trượt

$$w_0'' = 1,2 + 0,02V + 0,0017V^2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-13)$$

Với toa đặc chạy bằng ổ lăn

$$w_0'' = 0,7 + 0,04V + 0,0032V^2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-14)$$

Với toa rỗng chạy bằng ổ lăn

$$w_0'' = 0,9 + 0,02V + 0,0017V^2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-15)$$

Lực cản đơn vị cơ bản của toa xe khách và toa xe hàng 4 trục trên đường khổ 1435 mm ở nước ta được tính theo các công thức sau:

Với toa xe khách hoặc hàng chạy bằng ổ trượt

$$w_0'' = 2 + (0,007 + m) \frac{V^2}{100} \quad (\text{N/KN}) \quad (1-16)$$

Với toa xe khách hoặc hàng chạy bằng ổ lăn

$$w_0'' = 2,2 - \frac{80}{V + 38} + (0,007 + m) \frac{V^2}{100} \text{ (N/KN)} \quad (1-17)$$

Trong đó m là hệ số bề mặt được quy định như sau:

m = 0,033 - đối với toa xe khách 4 trục

m = 0,05 - đối với toa xe hàng đặc

m = 0,033 - đối với toa xe hàng rỗng

b. Đối với toa khách.

Công thức tổng quát

$$w_0'' = a + bv + cv^2 \quad \text{(N/KN)} \quad (1-18)$$

trong đó a, b, c - hệ số thực nghiệm

Biểu 1-2. Hệ số thực nghiệm toa khách

Loại toa	a	b	c
Toa khách Liên Xô	1,4	0,012	0,0003
Toa khách Ấn Độ	2,46	0,026	0,00029

Với toa khách Trung Quốc $w_0'' = 1,49 + \frac{20}{v} + 0,00032v^2 \text{ (N/KN)} \quad (1-19)$

Ví dụ: Tính lực cản toàn phần của đoàn toa xe hàng 4 trục Liên Xô có khối lượng 5600 tấn tại thời điểm $V = 60 \text{ km/h}$ biết khối lượng bì của toa 4 trục là 22 tấn, khối lượng tính toán của toa 4 trục là 62,5 tấn và $\beta = 0,9$.

Giải:

$$q_{\text{cabi}} = 22 + 0,9.62,5 = 78,25 \text{ tấn}$$

$$q_0 = \frac{78,25}{4} = 19,56 \text{ tấn/trục}$$

$$w_0''_{(4)} = 0,7 + \frac{3,0 + 0,1.60 + 0,0025.60^2}{19,56} = 1,52 \text{ (N/KN)}$$

$$W_0'' = w_0'' \cdot Q \cdot g = 1,52.5600.9,81 = 73502 \text{ (N)}$$

2. Công thức tính lực cản bình quân của đoàn toa xe.

Trong thực tế đoàn tàu được hình thành từ nhiều loại toa xe, lúc đó:

$$W_0'' = w_0''_{(2)}Q_2 \cdot g + w_0''_{(4)}Q_4 \cdot g + w_0''_{(6)}Q_6 \cdot g \quad \text{(N)} \quad (1-20)$$

$$w_0'' = \frac{W_0''}{Q \cdot g} = \frac{Q_2}{Q} w_0''_{(2)} + \frac{Q_4}{Q} w_0''_{(4)} + \frac{Q_6}{Q} w_0''_{(6)} \text{ (N/KN)}$$

$$w_0'' = \alpha_2 \cdot w_0''_{(2)} + \alpha_4 \cdot w_0''_{(4)} + \alpha_6 \cdot w_0''_{(6)} = \sum_{i=1}^n w_{0(i)}'' \cdot \alpha_i \text{ (N/KN)} \quad (1-$$

21)

Trong đó:

$w''_{0(2)}, w''_{0(4)}, w''_{0(6)}$ - lực cản đơn vị cơ bản của từng loại toa (N/KN)

Q_2, Q_4, Q_6 - khối lượng các nhóm toa trong đoàn tàu (tấn)

$\alpha_2, \alpha_4, \alpha_6$ - tỷ lệ tính theo khối lượng của từng loại toa so với khối lượng đoàn tàu

Mặt khác nếu biết tỷ lệ tính theo số lượng của từng loại toa γ_i , số toa trong đoàn tàu m và khối lượng của từng toa q_i (kể cả hàng và bì) ta có:

$$\alpha_2 = \frac{m\gamma_2q_2}{m(\gamma_2q_2 + \gamma_4q_4 + \gamma_6q_6)} = \frac{\gamma_2q_2}{\gamma_2q_2 + \gamma_4q_4 + \gamma_6q_6} \quad (1-22)$$

$$\alpha_4 = \frac{m\gamma_4q_4}{m(\gamma_2q_2 + \gamma_4q_4 + \gamma_6q_6)} = \frac{\gamma_4q_4}{\gamma_2q_2 + \gamma_4q_4 + \gamma_6q_6} \quad (1-23)$$

$$\alpha_6 = \frac{m\gamma_6q_6}{m(\gamma_2q_2 + \gamma_4q_4 + \gamma_6q_6)} = \frac{\gamma_6q_6}{\gamma_2q_2 + \gamma_4q_4 + \gamma_6q_6} \quad (1-24)$$

hay là
$$\alpha_i = \frac{\gamma_i q_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i q_i} \quad (1-25)$$

Để kiểm tra tính toán cần sử dụng công thức
$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

1.2.4. Lực cản đơn vị cơ bản của đầu máy.

Đối với đầu máy khi đóng và khi mở máy có lực cản cơ bản khác nhau. Khi đóng máy lực cản cơ bản lớn hơn khi mở máy (khi đóng máy phải tính thêm lực cản phụ do ma sát ở các bộ phận chuyển động và truyền động của đầu máy sinh ra), tàu chạy đóng máy dưới tác dụng của trọng lực hoặc lực quán tính.

$$w'_{od} = w'_o + \Delta w'_{od} \quad (N/KN) \quad (1-26)$$

Khi tàu chạy mở máy và đóng máy lực cản đơn vị cơ bản có dạng tổng quát như sau:

$$w'_o = a_1 + b_1V + c_1V^2 \quad (N/KN)$$

$$w'_{od} = a_2 + b_2V + c_2V^2 \quad (N/KN)$$

trong đó $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ - các hệ số thực nghiệm

1. Khi tàu chạy mở máy.

Đầu máy tàu khách $w'_o = 1,9 + 0,01V + 0,0005V^2 \quad (N/KN) \quad (1-27)$

Đầu máy tàu hàng $w'_o = 2,2 + 0,01V + 0,0003V^2 \quad (N/KN) \quad (1-28)$

Đầu máy loại mới $w'_o = 1,2 + 0,025V + 0,00016V^2 \quad (N/KN) \quad (1-29)$

2. Khi tàu chạy đóng máy.

Đối với đầu máy hơi nước loại mới:

$$w'_{0d} = 3,0 + 0,002V + 0,0009V^2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-30)$$

Đối với đầu máy điêzen loại mới:

$$w'_{0d} = 2,4 + 0,011V + 0,00035V^2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-31)$$

1.2.5. Lực cản đơn vị cơ bản bình quân của đoàn tàu.

Khi tàu mở máy

$$w_0 = \frac{W_0}{(P+Q)g} = \frac{w'_0 \cdot P + w''_0 \cdot Q}{P+Q} = w'_0 \delta_1 + w''_0 \delta_2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-32)$$

Khi tàu đóng máy

$$w_{0d} = \frac{W_{0d}}{(P+Q)g} = \frac{w'_{0d} \cdot P + w''_{0d} \cdot Q}{P+Q} = w'_{0d} \delta_1 + w''_{0d} \delta_2 \quad (\text{N/KN}) \quad (1-33)$$

Trong đó δ_1, δ_2 - tỉ lệ về khối lượng của đầu máy và toa xe so với khối lượng đoàn tàu

Trong đại đa số trường hợp $\delta_1 \ll \delta_2$ vì vậy khi tính toán gần đúng lấy $w_0 \approx w''_0$

Ví dụ: Tính lực cản đơn vị cơ bản bình quân của tàu hàng trường hợp mở máy và đóng máy khi $V = 60 \text{ km/h}$. Đoàn tàu bao gồm 30% số toa 2 trục và khối lượng mỗi toa (cả hàng và bì) là 30 tấn, 40% số toa 4 trục và khối lượng mỗi toa (cả hàng và bì) là 80 tấn, 30% số toa 6 trục và khối lượng mỗi toa (cả hàng và bì) là 126 tấn. Khối lượng đoàn toa xe 3000 tấn được kéo bởi 2 đầu máy TE10 có tổng khối lượng là 258 tấn, toa xe Liên Xô.

Giải:

Lực cản đơn vị cơ bản của đầu máy khi mở máy

$$w'_0 = 2,2 + 0,01V + 0,0003V^2 = 2,2 + 0,01 \cdot 60 + 0,0003 \cdot 60^2 = 3,88 (\text{N/KN})$$

Lực cản đơn vị cơ bản của đầu máy khi đóng máy

$$w'_{0d} = 2,4 + 0,011V + 0,00035V^2 = 2,4 + 0,011 \cdot 60 + 0,00035 \cdot 60^2 = 4,32 (\text{N/KN})$$

Lực cản đơn vị cơ bản của toa 2 trục

$$w''_{0(2)} = 1,4 + (0,02 + \frac{0,25}{q_0})V = 1,4 + (0,02 + \frac{0,25}{30/2}) \cdot 60 = 3,6 (\text{N/KN})$$

Lực cản đơn vị cơ bản của toa 4 trục

$$w''_{0(4)} = 0,7 + \frac{3,0 + 0,1V + 0,0025V^2}{q_0} = 0,7 + \frac{3,0 + 0,1 \cdot 60 + 0,0025 \cdot 60^2}{80/4} = 1,6 (\text{N/KN})$$

Lực cản đơn vị cơ bản của toa 6 trục

$$w''_{0(6)} = 0,7 + \frac{8 + 0,1V + 0,0025V^2}{q_0} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 60 + 0,0025 \cdot 60^2}{126/6} = 1,65 \text{ (N/KN)}$$

Ta có tỷ lệ theo khối lượng của các loại toa xe

$$\alpha_2 = \frac{\gamma_2 q_2}{\gamma_2 q_2 + \gamma_4 q_4 + \gamma_6 q_6} = \frac{0,3 \cdot 30}{0,3 \cdot 30 + 0,4 \cdot 80 + 0,3 \cdot 126} = 0,11$$

$$\alpha_4 = \frac{\gamma_4 q_4}{\gamma_2 q_2 + \gamma_4 q_4 + \gamma_6 q_6} = \frac{0,4 \cdot 80}{0,3 \cdot 30 + 0,4 \cdot 80 + 0,3 \cdot 126} = 0,41$$

$$\alpha_6 = \frac{\gamma_6 q_6}{\gamma_2 q_2 + \gamma_4 q_4 + \gamma_6 q_6} = \frac{0,3 \cdot 126}{0,3 \cdot 30 + 0,4 \cdot 80 + 0,3 \cdot 126} = 0,48$$

Kiểm tra $\Sigma \alpha_i = 0,11 + 0,41 + 0,48 = 1$

Lực cản đơn vị cơ bản bình quân của đoàn toa xe

$$w''_0 = \alpha_2 w''_{0(2)} + \alpha_4 w''_{0(4)} + \alpha_6 w''_{0(6)} = 0,11 \cdot 3,6 + 0,41 \cdot 1,6 + 0,48 \cdot 1,65 = 1,85 \text{ (N/KN)}$$

Lực cản đơn vị cơ bản bình quân của tàu hàng khi mở máy

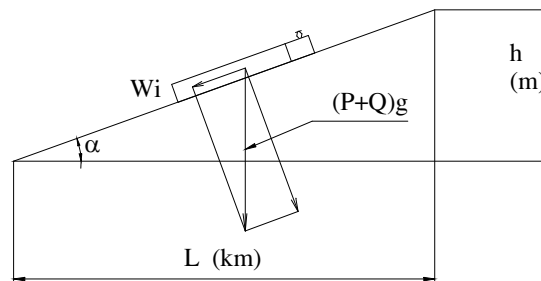
$$w_0 = \frac{w'_0 P + w''_0 Q}{P + Q} = \frac{3,88 \cdot 258 + 1,85 \cdot 3000}{258 + 3000} = 2,01 \text{ (N/KN)}$$

Lực cản đơn vị cơ bản bình quân của tàu hàng khi đóng máy

$$w_{0d} = \frac{w'_{0d} P + w''_0 Q}{P + Q} = \frac{4,32 \cdot 258 + 1,85 \cdot 3000}{258 + 3000} = 2,05 \text{ (N/KN)}$$

1.2.6. Lực cản phụ.

1. Lực cản do độ dốc W_i, w_i .



Hình 1-2. Lực cản do độ dốc W_i

Khi tàu chạy trên dốc thì phát sinh một lực song song với đường, chiều của lực này hoặc trùng với chiều chuyển động (xuống dốc) hoặc ngược chiều chuyển động (lên dốc).

$$W_i = 1000(P+Q)g \cdot \sin\alpha \quad (\text{N}) \quad (1-34)$$

Vì α nhỏ (thậm chí với dốc 15% thì $\alpha = 0^{\circ}51'$) nên có thể coi $\sin\alpha = \text{tg}\alpha$

$$\text{mà } \text{tg}\alpha = \frac{h}{L} = \frac{i}{1000} \text{ do } h \text{ tính bằng (m) và } L \text{ tính bằng (km)}$$

$$\text{Khi đó } W_i = 1000(P+Q)g \frac{i}{1000} = (P+Q)gi$$

$$w_i = \frac{W_i}{(P+Q)g} = \frac{(P+Q)gi}{(P+Q)g} = i \quad (1-35)$$

Như vậy lực cản đơn vị do dốc về trị số bằng độ dốc và w_i mang dấu dương khi tàu lên dốc, mang dấu âm khi tàu xuống dốc.

Ví dụ: Nếu đoàn tàu có khối lượng 6000 tấn chạy trên dốc 5% thì $w_i = 5$ (N/KN) và $W_i = (P+Q)g \cdot w_i = 6000 \cdot 9,81 \cdot 5 = 294300$ N

2. Lực cản do đường cong W_r, w_r .

Khi tàu vào đường cong chịu một lực cản do những nguyên nhân chính sau đây:

- Do vành bánh phía ngoài siết chặt vào má trong ray lưng dưới tác dụng của lực ly tâm.
- Do trượt ngang của đầu máy toa xe khi vào đường cong.
- Do bánh xe trên cùng một trục không chạy trên cùng một chiều dài, bánh xe phía ngoài phải vượt nhanh lên vì đường phía ngoài dài hơn nên bánh xe vừa quay vừa trượt.

Lực cản do đường cong chủ yếu phụ thuộc vào bán kính đường cong, vào khổ đường, vào đường kính bánh xe, vào cự ly cứng nhắc của toa xe, vào vận tốc chạy tàu, vào siêu cao ray lưng.

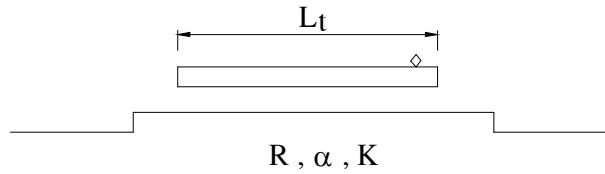
Để xác định lực cản do đường cong thường sử dụng các công thức kinh nghiệm sau:

- Khi chiều dài đường cong lớn hơn chiều dài đoàn tàu ($l_c > l_t$)

$$w_r = \frac{700}{R} \quad (\text{N/KN}) \text{ đối với đường } 1435 \text{ mm} \quad (1-36)$$

$$w_r = \frac{425}{R} \quad (\text{N/KN}) \text{ đối với đường } 1000 \text{ mm} \quad (1-37)$$

Trong đó R - bán kính đường cong (m)



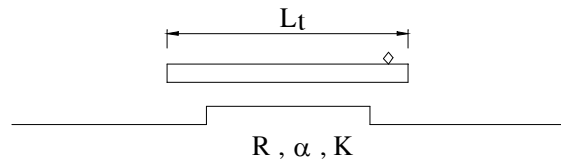
Hình 1-3. $l_c > l_t$

b. Khi chiều dài đường cong < chiều dài đoàn tàu ($l_c < l_t$), một phần tàu nằm trong đường cong thì chịu lực cản do đường cong:

$$w_r = \frac{700}{R} \cdot \frac{l_c}{l_t} = \frac{12,2\alpha^\circ}{l_t} \quad (\text{N/KN}) \quad \text{đường } 1435 \text{ mm} \quad (1-38)$$

$$\text{vì } l_c = \frac{\pi R \alpha^\circ}{180^\circ} = \frac{R \alpha^\circ}{57,3}$$

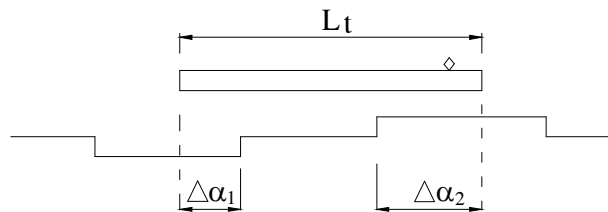
$$w_r = \frac{425}{R} \cdot \frac{l_c}{l_t} = \frac{7,5\alpha^\circ}{l_t} \quad (\text{N/KN}) \quad \text{đường } 1000 \text{ mm} \quad (1-39)$$



Hình 1-4. $l_c < l_t$

c. Khi tàu nằm trên nhiều đường cong.

Trường hợp thứ nhất tàu nằm một phần trên các đường cong:

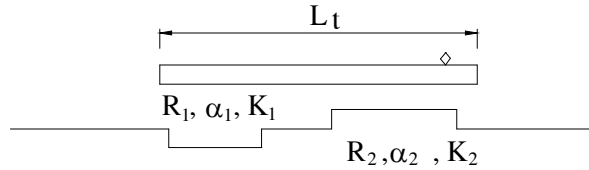


Hình 1-5. Tàu nằm trên một phần đường cong

$$w_r = \frac{12,2(\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2)}{l_t} \quad (\text{N/KN}) \quad \text{đường } 1435 \text{ mm} \quad (1-40)$$

$$w_r = \frac{7,5(\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2)}{l_t} \quad (\text{N/KN}) \quad \text{đường } 1000 \text{ mm} \quad (1-41)$$

Trường hợp thứ hai tàu nằm trọn trên các đường cong:



Hình 1-6. Tàu nằm trọn trong 2 đường cong

$$w_r = \frac{12,2(\alpha_1 + \alpha_2)}{l_t} \quad (\text{N/KN}) \quad \text{đường } 1435 \text{ mm} \quad (1-42)$$

$$w_r = \frac{7,5(\alpha_1 + \alpha_2)}{l_t} \quad (\text{N/KN}) \quad \text{đường } 1000 \text{ mm} \quad (1-43)$$

Khi tàu vào đường cong lực cân do đường cong được coi tương đương như lực cân do độ dốc i_r nào đó. Do đó khi tàu vào đường cong thì chịu một lực cân phụ

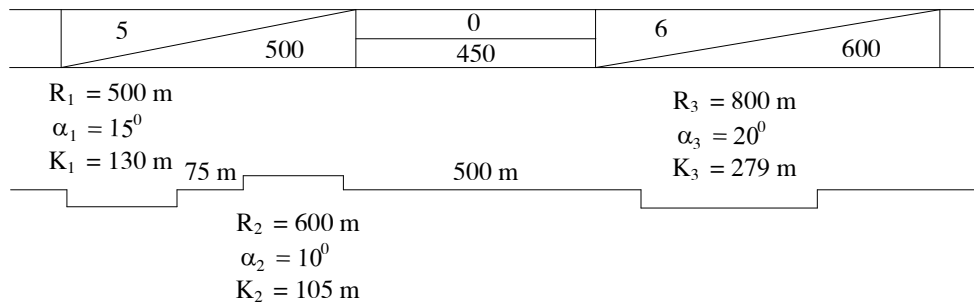
$$i_k = \pm i + i_r \quad (1-44)$$

i_k - độ dốc tính đối (dốc dẫn xuất)

i_r luôn dương vì lực này luôn trái chiều chuyển động

i - dốc thực tế hay dốc trung bình, có dấu (+) khi lên dốc; dấu (-) khi xuống dốc

Ví dụ: Hãy xác định lực cân do đường cong và dốc dẫn xuất trên đoạn tuyến sau biết $l_{\text{tàu}} = 400\text{m}$, đường khổ 1000 mm



Giải:

$$\left. \begin{array}{l} K_1 < l_t \\ K_2 < l_t \end{array} \right\} K_1 + 75 + K_2 < l_t$$

$$w_r = \frac{7,5 \sum \alpha^\circ}{l_t} = \frac{7,5 \cdot (15 + 10)}{400} = 0,47 \approx 0,5 \text{ (N/KN)}$$

$$w_r = i_r = 0,5 \text{ ‰}$$

Chiều lên dốc $i_k = 5 + 0,5 = 5,5 \text{ ‰}$

Chiều xuống dốc $i_k = -5 + 0,5 = -4,5 \text{ ‰}$

$$K_3 = 279\text{m} < l_t = 400\text{m} \rightarrow w_r = \frac{7,5\alpha}{l_t} = \frac{7,5 \cdot 20}{400} = 0,38 \approx 0,4 \text{ (N/KN)}$$

$$w_r = i_r = 0,4\%$$

Chiều lên dốc $i_k = 6 + 0,4 = 6,4\%$

Chiều xuống dốc $i_k = -6 + 0,4 = -5,6\%$

c. Lực cản khi tàu khởi động W_{kd}, w_{kd} .

Công thức tính lực cản cơ bản chỉ đúng khi mà $V > 10 \text{ km/h}$. Lúc tàu khởi động phát sinh lực cản phụ khởi động vì:

+ Dầu ở cổ trục bị chảy xuống dưới đông đặc lại làm cho hệ số ma sát φ tăng lên.

+ Tàu đỡ ray bị võng xuống khi tàu chạy ma sát tăng lên.

Công thức thực nghiệm tính lực cản khởi động:

$$w_{kd} = \frac{A}{q_0 + 7} \text{ (N/KN)} \quad (1-45)$$

$A = 142$ đối với toa chạy bạc (trượt)

$A = 28$ đối với toa có bi cầu

q_0 - tải trọng trục (T/trục)

Hiện nay khi tính sơ bộ người ta lấy $w_{kd} = 4 \text{ N/KN}$

d. Lực cản chuyển động trong hầm W_h, w_h .

Khi tàu chạy trong hầm trước tàu không khí bị ép, không khí chèn hai bên mạn tàu, cuối tàu không khí xoắn lại do đó gây nên lực cản. Tùy theo chiều dài hầm, độ ẩm ướt và tốc độ chạy tàu mà $w_h = 0,5 \div 1,5 \text{ N/KN}$

e. Lực cản tăng thêm do gió, do nhiệt độ thấp.

Khi $V_{\text{gió}} > 10 \text{ m/s}$ và khi nhiệt độ không khí môi trường xuống thấp làm dầu mỡ ở cổ trục bị đông đặc lại làm tăng lực cản của tàu.

$$w_{0(g,t)} = w_0(1+\alpha_g).(1+\alpha_t) \text{ (N/KN)} \quad (1-46)$$

α_g, α_t - các hệ số tính đến gió mạnh, đến nhiệt độ thấp.

1.2.7. Các biện pháp làm giảm lực cản.

Làm giảm lực cản thì tăng được vận tốc và trọng lượng đoàn tàu, mặt khác làm cho đầu máy tiêu thụ ít nhiên liệu nên phí tổn vận doanh trực tiếp giảm. Làm giảm lực cản bằng các biện pháp sau:

a. Cải thiện tuyến đường.

Tăng cường năng lực kết cấu tầng trên:

Dùng ray nặng để khi tàu chạy ít bị võng.

Dùng ray dài, ray hàn không mối nối để giảm bớt lực xung kích ở mối nối.

Dùng lớp đá ba lát dày được chèn chặt dưới tà vẹt.

Giữ cự ly đường đúng vị trí thiết kế.

b. Khi thiết kế tuyến mới.

Giảm bớt trị số dốc và chiều dài dốc.

Dùng bán kính R lớn và giảm bớt góc quay α .

c. Cải thiện đầu máy toa xe.

Dùng toa xe 4 trục thay cho toa xe 2 trục để giảm cự ly cứng nhắc và tăng tải trọng trục.

Dùng bi cầu thay cho bi trượt (để giảm w_{kd}).

Dùng dầu tốt và tra dầu kịp thời.

Dùng toa xe và đầu máy theo hình thoi.

d. Đề cao chất lượng tu sửa đường và đầu máy toa xe.

1.3. LỰC HÃM ĐOÀN TÀU.

1.3.1. Các phương tiện hãm tàu.

Để giảm tốc, để giữ nguyên vận tốc hoặc để tàu dừng người ta dùng các phương tiện hãm.

Có thể tạo ra lực hãm bằng hai cách:

1. Hãm cơ.

Hãm bằng má phanh (guốc hãm) như ép guốc hãm vào băng đa bánh xe hoặc ép guốc hãm vào ray.

2. Hãm điện.

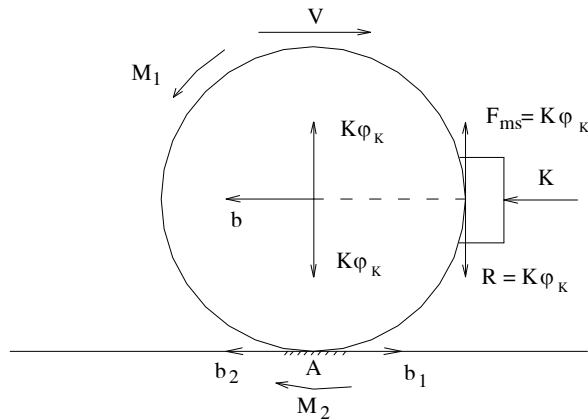
Hãm bằng cách thay đổi tác dụng của động cơ điện của đầu máy (đối với đầu máy điện và diesel truyền động điện, hãm bằng cách biến đổi cơ năng thành điện năng, điện năng này trở về mạng điện qua dây tiếp xúc gọi là hãm hoàn nguyên. Ở đầu máy hơi nước hãm bằng cách mở ngược chiều hơi vào xi lanh - cách này rất nguy hiểm)

Lực hãm đoàn tàu thường lớn hơn lực kéo.

1.3.2. Tính lực hãm do tác dụng của má phanh.

1. Cơ chế hình thành.

Khi ép guốc hãm vào vành bánh xe bằng một lực K thì giữa chúng xuất hiện lực ma sát có trị số $F_{ms} = K \cdot \varphi_k$ (φ_k - hệ số ma sát giữa guốc hãm và vành bánh). Đồng thời khi đó cũng xuất hiện một lực có trị số $R = K \cdot \varphi_k$ tác dụng từ vành bánh vào má phanh theo chiều ngược lại.



Hình 1-7. Hình thành lực hãm tàu b

Dời hai lực về tâm trục

+ Lực $F_{ms} = K \cdot \varphi_k$ và mômen M_1 tác dụng vào vành bánh xe.

+ Lực $R = K \cdot \varphi_k$ và mômen M_2 tác dụng vào khung xe thông qua bộ phận hãm.

+ Mômen M_2 bị triệt tiêu bởi các lực thẳng góc giữa bánh và ray, chỉ còn M_1 tác dụng vào vành bánh xe.

+ Thay M_1 bằng ngẫu lực $b \cdot b_1$ với cánh tay đòn $D/2$ trong đó $b = K \cdot \varphi_k$ là lực hãm, $b_1 = K \cdot \varphi_k$ là lực tác dụng từ bánh vào ray, tại điểm A có $b_2 = K \cdot \varphi_k$ là phản lực tác dụng từ ray vào bánh xe theo chiều ngược lại. Như vậy nguyên nhân gây ra lực hãm b chính là lực ma sát $F_{ms} = K \cdot \varphi_k$ và tất nhiên sự xuất hiện lực hãm không thể thiếu sự tồn tại của sức bám giữa bánh xe và ray $F_\psi = P_h \cdot \psi$ để đảm bảo cho bánh xe lăn từ từ và dừng lại.

2. Hạn chế lực hãm theo điều kiện bám.

Khi tăng lực ép K tác dụng vào một trục thì $b = K \cdot \varphi_k$ tăng

$$\text{nhưng } b \leq F_\psi = P_h \cdot \psi \quad (1)$$

Trong đó P_h - tải trọng tính cho một trục được hãm

ψ - hệ số bám lăn giữa bánh xe và ray

Vì nếu $b > F_\psi$ thì sức bám mất, bánh xe ngừng quay, má phanh bó chặt kéo bánh xe lết trên ray làm bánh xe mòn vẹt. Hiện tượng như thế gọi là bó hãm và cần tránh nó trong vận dụng đầu máy toa xe.

$$\text{Như vậy } K \leq \frac{\psi}{\varphi_k} P_h = \delta P_h \quad (2)$$

$$\delta = \frac{\psi}{\varphi_k} - \text{hiệu suất hãm}$$

$$\text{đầu máy } \delta = 0,5 \div 0,6$$

toa hàng $\delta = 0,6 \div 0,65$

toa khách $\delta = 0,7 \div 0,9$

3. Hệ số ma sát giữa guốc hãm và vành bánh xe φ_k .

Hệ số ma sát φ_k chủ yếu phụ thuộc vào vận tốc chạy tàu (km/h), vào lực nén của guốc hãm K (KN), vào các yếu tố khác như thời gian kéo dài quá trình hãm, độ cứng của guốc hãm, trạng thái mặt lăn...

Hệ số ma sát φ_k được xác định bởi các công thức thực nghiệm.

+ Với má phanh gang

$$\varphi_k = 0,6 \frac{16.k + 1000}{80.k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} \quad (3)$$

+ Với má phanh gang có tăng hàm lượng phốt pho

$$\varphi_k = 0,5 \frac{16.k + 1000}{52.k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} \quad (4)$$

+ Với má phanh kim loại hỗn hợp

$$\varphi_k = 0,44 \frac{k + 200}{4.k + 200} \cdot \frac{V + 150}{2V + 150} \quad (5)$$

Trong đó k - lực nén má phanh đơn vị

$$k = \frac{K}{4} \text{ với má phanh kép (hãm hai phía)}$$

$$k = \frac{K}{2} \text{ với má phanh đơn (hãm một phía)}$$

4. Tính lực hãm của đoàn tàu do tác dụng của guốc hãm sinh ra.

Lực hãm toàn phần tác dụng vào đoàn tàu bằng tổng của tích các lực ép má phanh với các hệ số ma sát

$$B = 1000 \sum K\varphi_k \quad (\text{N}) \quad (6)$$

Trong đó K - lực ép má phanh lên một trục (KN).

Lực hãm đơn vị tác dụng lên đoàn tàu

$$b = \frac{B}{(P+Q)g} = 1000 \frac{\sum K\varphi_k}{(P+Q)g} = 1000\delta \cdot \varphi_k \quad (\text{N/KN}) \quad (7)$$

$$\delta = \frac{\sum K}{(P+Q)g} \text{ - hiệu suất hãm của các guốc hãm ở đoàn tàu.}$$

Nếu đoàn tàu có các toa xe có cùng loại guốc hãm ta dùng công thức (6), (7) để xác định lực hãm.

Nếu đoàn tàu có nhiều loại toa và trang bị các loại guốc hãm khác nhau thì ta tính cho từng nhóm toa riêng biệt.

$$\frac{\sum K_d}{(P+Q)g} = \delta_d ; \quad \frac{\sum K_x^1}{(P+Q)g} = \delta_x^1 ; \quad \frac{\sum K_x^2}{(P+Q)g} = \delta_x^2 ; \quad \frac{\sum K_x^n}{(P+Q)g} = \delta_x^n$$

Nếu hệ số φ_k khác nhau ta có:

$$b = 1000(\delta_d \varphi_k^d + \delta_x^1 \varphi_k^1 + \delta_x^2 \varphi_k^2 + \dots + \delta_x^n \varphi_k^n) \quad (N/KN) \quad (8)$$

Như vậy dùng công thức trên để tính lực hãm là phức tạp, để đơn giản phép tính ấy người ta sử dụng phương pháp dẫn xuất.

5. *Tính lực hãm của đoàn tàu theo phương pháp dẫn xuất (phương pháp thu gọn).*

Hệ số thực tế φ_k của guốc hãm mỗi bánh xe phụ thuộc vào vận tốc chạy tàu V và lực ép guốc hãm k . Để đơn giản phép tính người ta loại trừ tham số k ra khỏi φ_k bằng cách thay thế hệ số ma sát thực tế φ_k bằng hệ số ma sát tính toán φ_{kt} và lực ép của guốc hãm thực tế k được thay thế bằng lực ép tính toán k_t . Để đảm bảo điều kiện lực hãm không bị thay đổi ta phải có:

$$B = 1000 \sum K \varphi_k = 1000 \sum K_t \varphi_{kt}$$

$$\text{hay là } K \varphi_k = K_t \varphi_{kt} \rightarrow K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} \quad (9)$$

Như vậy để xác định K_t cần biết k , φ_k , φ_{kt} . Trị số φ_k được xác định theo các công thức (3, 4, 5), còn φ_{kt} cũng được xác định theo công thức này song với điều kiện là $k_t = 27$ (KN/trục) ứng với trị số lực nén trung bình của guốc hãm toa xe 4 trục Liên Xô.

+ Với má phanh gang:

$$\begin{aligned} \varphi_{kt} &= 0,6 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} = 0,6 \frac{16 \cdot 27 + 1000}{80 \cdot 27 + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} \\ &= 0,27 \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} \end{aligned}$$

$$K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} = K \frac{0,6 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}}{0,27 \frac{V + 100}{5V + 100}} = 2,22 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} K \quad (KN)$$

+ Với má phanh gang có tăng hàm lượng phốt pho:

$$\varphi_{kt} = 0,5 \frac{16k + 1000}{52k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} = 0,5 \frac{16 \cdot 27 + 1000}{52 \cdot 27 + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

$$= 0,30 \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

$$K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} = K \frac{0,5 \frac{16k + 1000}{52k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}}{0,3 \frac{V + 100}{5V + 100}} = 1,67 \frac{16k + 1000}{52k + 1000} K \text{ (KN)}$$

+ Với má phanh kim loại hỗn hợp lấy $k_t = 16$ (KN/trục) (toa Liên Xô):

$$\varphi_{kt} = 0,44 \frac{k + 200}{4k + 200} \cdot \frac{V + 150}{2V + 150} = 0,44 \frac{16 + 200}{4 \cdot 16 + 200} \cdot \frac{V + 150}{2V + 150}$$

$$= 0,36 \cdot \frac{V + 150}{2V + 150}$$

$$K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} = K \frac{0,44 \frac{k + 200}{4k + 200} \cdot \frac{V + 150}{2V + 150}}{0,36 \frac{V + 150}{2V + 150}} = 1,22 \frac{k + 200}{4k + 200} K \text{ (KN)}$$

Ở nước ta và một số nước trên thế giới (Trung Quốc) lấy $k_t = 17,5$ (KN/trục)

+ Với má phanh gang:

$$\varphi_{kt} = 0,6 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} = 0,6 \frac{16 \cdot 17,5 + 1000}{80 \cdot 17,5 + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

$$= 0,32 \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

$$K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} = K \frac{0,6 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}}{0,32 \frac{V + 100}{5V + 100}} = 1,88 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} K \text{ (KN)}$$

+ Với má phanh gang có tăng hàm lượng photpho:

$$\varphi_{kt} = 0,5 \frac{16k + 1000}{52k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} = 0,5 \frac{16 \cdot 17,5 + 1000}{52 \cdot 17,5 + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

$$= 0,34 \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

$$K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} = K \frac{0,5 \frac{16k + 1000}{52k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}}{0,34 \frac{V + 100}{5V + 100}} = 1,47 \frac{16k + 1000}{52k + 1000} K \text{ (KN)}$$

+ Với má phanh kim loại hỗn hợp lấy.

$$\varphi_{kt} = 0,44 \frac{k+200}{4k+200} \cdot \frac{V+150}{2V+150} = 0,44 \frac{17,5+200}{4 \cdot 17,5+200} \cdot \frac{V+150}{2V+150}$$

$$= 0,36 \cdot \frac{V+150}{2V+150}$$

$$K_t = K \frac{\varphi_k}{\varphi_{kt}} = K \frac{0,44 \frac{k+200}{4k+200} \cdot \frac{V+150}{2V+150}}{0,36 \frac{V+150}{2V+150}} = 1,22 \frac{k+200}{4k+200} K \text{ (KN)}$$

Thông thường các trị số K, K_t được đưa ra trong quy trình tính sức kéo đầu máy.
Cuối cùng lực hãm đơn vị có dạng:

$$b = 1000 \frac{\Sigma K_t}{(P+Q)g} \cdot \varphi_{kt} = 1000 \delta_t \varphi_{kt} \text{ (N/KN)} \quad (1-47)$$

Trong đó $\delta_t = \frac{\Sigma K_t}{(P+Q)g}$ - hiệu suất hãm tính toán, nó thể hiện lực nén có trị

số là bao nhiêu tác dụng vào một đơn vị trọng lực của đoàn tàu.

Để xác định hiệu suất hãm tính toán của toa xe cần biết:

- + Số toa có hãm của từng nhóm toa trong từng đoàn tàu n_i .
- + Số trục có hãm của mỗi toa của từng nhóm toa trong đoàn tàu m_i .
- + Lực nén tính toán trên mỗi trục toa của từng nhóm toa $K_{t(i)}$.
- + Khối lượng đoàn toa xe Q .

Lực ép toàn phần trên tất cả các trục có hãm của đoàn toa xe:

$$\Sigma K_t = \Sigma n_i \cdot m_i \cdot K_{t(i)} \text{ (KN)}$$

Hiệu suất hãm tính toán của toa xe:

$$\delta_t = \frac{\Sigma K_{tx}}{Qg} = \frac{\Sigma n_i m_i K_{t(i)}}{Qg} \quad (1-48)$$

Nếu tính cả hãm của đầu máy thì:

$$\delta_t = \frac{\Sigma K_{tx} + \Sigma K_{td}}{(P+Q)g} \quad (1-49)$$

Chú ý: Khi hãm tàu khẩn cấp sử dụng 100% lực hãm lớn nhất $\alpha = 1$

Khi hãm tàu dừng ở ga sử dụng 50% lực hãm lớn nhất $\alpha = 0,5$

Khi hãm tàu xuống dốc sử dụng 20% lực hãm lớn nhất $\alpha = 0,2$

Ví dụ: Một đoàn tàu có 3 loại toa xe với $Q = 3000$ tấn gồm:

- 8 toa xe chở hàng 4 trục hãm một phía (phanh đơn) có $K_1 = 65$ KN/trục
- 15 toa xe rỗng 4 trục hãm một phía (phanh đơn) có $K_2 = 35$ KN/trục
- 10 toa xe chở hàng 2 trục hãm hai phía (phanh kép) có $K_3 = 65$ KN/trục

Hãy tính lực hãm đơn vị khi đoàn tàu chạy với vận tốc 60 km/h, các toa xe dùng má phanh gang có $k_t = 17,5$ KN/trục.

Giải:

a. Tính lực hãm theo phương pháp thông thường.

Trước hết tính:

$$\varphi_k = 0,6 \frac{16k + 1000}{80k + 1000} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}$$

+ Đối với nhóm toa xe thứ nhất ta có:

$$k_1 = \frac{K_1}{2} = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ KN}$$

$$\varphi_{k1} = 0,6 \frac{16.32,5 + 1000}{80.32,5 + 1000} \cdot \frac{60 + 100}{5.60 + 100} = 0,101$$

+ Đối với nhóm toa xe thứ hai ta có:

$$k_2 = \frac{K_2}{2} = \frac{35}{2} = 17,5 \text{ KN}$$

$$\varphi_{k2} = 0,6 \frac{16.17,5 + 1000}{80.17,5 + 1000} \cdot \frac{60 + 100}{5.60 + 100} = 0,128$$

+ Đối với nhóm toa xe thứ ba ta có:

$$k_3 = \frac{K_3}{4} = \frac{65}{4} = 16,25 \text{ KN}$$

$$\varphi_{k3} = 0,6 \frac{16.16,25 + 1000}{80.16,25 + 1000} \cdot \frac{60 + 100}{5.60 + 100} = 0,131$$

Như vậy lực hãm toàn phần của cả đoàn tàu là:

$$B = 1000(\sum n_i m_i \sum K_i \varphi_{ki})$$

$$B = 1000(8.4.65.0,101 + 15.4.35.0,128 + 10.2.65.0,131)$$

$$B = 650000 \text{ N}$$

$$b = \frac{B}{Qg} = \frac{650000}{3000.9,81} = 22,09 \text{ (N/KN)}$$

b. Tính theo phương pháp dẫn xuất (thu gọn)

Trước hết tính:

$$\varphi_{kt} = 0,32 \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} = 0,32 \cdot \frac{60 + 100}{5.60 + 100} = 0,128$$

+ Đối với nhóm toa xe thứ nhất tính lực nén tính toán cho một trục bánh:

$$K_{t1} = \frac{\varphi_{k1}}{\varphi_{kt}} \cdot K_1 = \frac{0,101}{0,128} \cdot 65 = 51,29 \text{ KN}$$

+ Đối với nhóm toa xe thứ hai tính lực nén tính toán cho một trục bánh:

$$K_{t2} = \frac{\varphi_{k2}}{\varphi_{kt}} \cdot K_2 = \frac{0,128}{0,128} \cdot 35 = 35 \text{ KN}$$

+ Đối với nhóm toa xe thứ ba tính lực nén tính toán cho một trục bánh:

$$K_{t3} = \frac{\varphi_{k3}}{\varphi_{kt}} \cdot K_3 = \frac{0,131}{0,128} \cdot 65 = 66,52 \text{ KN}$$

Lực hãm toàn phần của đoàn tàu là:

$$B = 1000 \varphi_{kt} (\sum n_i m_i \Sigma K_i)$$

$$B = 1000 \cdot 0,128 (8.4.51,29 + 15.4.35 + 10.2.66,52) = 650000 \text{ KN}$$

$$b = \frac{B}{Qg} = \frac{650000}{3000 \cdot 9,81} = 22,09 \text{ (N/KN)}$$

Kết luận: Từ hai phương pháp khác hẳn nhau nhận được kết quả như nhau song rõ ràng phương pháp thu gọn đơn giản hơn.

1.3.3. Tính lực hãm hoàn nguyên (với đầu máy điện và đầu máy diesel truyền động điện).

Lực hãm hoàn nguyên xảy ra khi tàu chạy đóng máy xuống dốc. Lúc này mặc dù đã ngắt điện ở động cơ điện kéo, nhưng bánh xe tiếp tục quay và qua hệ thống bánh răng làm quay trục động cơ điện biến nó thành máy phát điện trở lại mạng đồng thời tạo ra mô men hãm (lực hãm).

Để tàu xuống dốc với tốc độ cho phép thường sử dụng hãm điều hoà (hãm đầu máy), khi đó đại lượng tốc độ cho phép được xác định theo phương pháp cơ học (hãm toa xe) để sao cho ứng với chiều dài hãm ấn định tàu phải dừng được.

Lực hãm cần thiết B_{ct} để giữ tốc độ cho phép khi tàu xuống dốc i_k có thể xác định từ điều kiện cân bằng lực tác dụng khi tàu chuyển động đều.

$$B_{ct} + Pgw'_{0d} + Qgw''_0 = (P+Q)gi_k \quad (N)$$

$$B_{ct} = (P+Q)gi_k - Pgw'_{0d} - Qgw''_0 \quad (N) \quad (1-50)$$

hoặc là $B_{ct} + (P+Q)gw_{0d} = (P+Q)gi_k \quad (N)$

$$B_{ct} = (P+Q)g(i_k - w_{0d}) \quad (N) \quad (1-51)$$

Ví dụ: Xác định lực hãm điều hoà cần thiết với đoàn tàu do đầu máy BL80 kéo có $(P+Q) = 3800$ tấn, $i_k = -10\text{‰}$, $V = 75$ km/h, $w_{0d} = 2,3$ N/KN

$$B_{ct} = (P+Q)g(i_k - w_{0d}) = 3800 \cdot 9,81 \cdot (10 - 2,3) = 281586 \text{ (N)}$$

1.4. LỰC KÉO VÀ ĐẶC TÍNH LỰC KÉO CỦA ĐẦU MÁY.

1.4.1. Khái niệm chung.

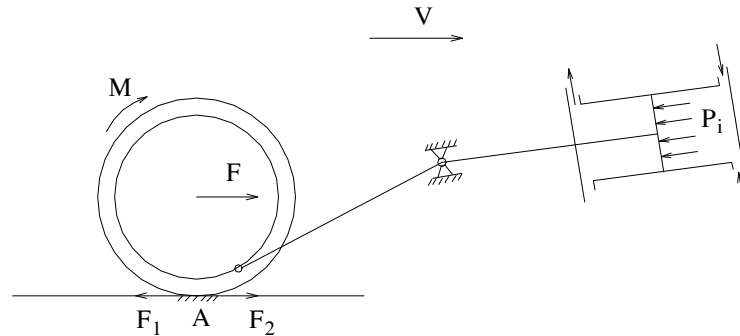
Hiện nay ngành đường sắt thế giới sử dụng các loại sức kéo: điện, điêzen, hơi nước, khí.

Hiệu suất của đầu máy điện $18 \div 25\%$, điêzen $24 \div 28\%$, hơi nước $6 \div 8\%$.

Đối với mỗi đầu máy người ta tìm ra vận tốc tính toán V_p và lực kéo tính toán F_{kp} mà ứng với chúng đầu máy được sử dụng hợp lý nhất. Những trị số này được đưa ra trong quy trình tính sức kéo.

1.4.2. Sự thể hiện lực kéo của đầu máy.

a. Đối với đầu máy hơi nước.



Hình 1-8. Hình thành lực kéo F đầu máy hơi nước.

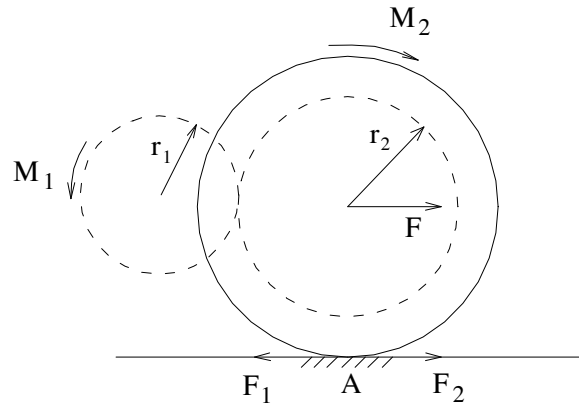
Áp lực hơi nước P_i hình thành trong xi lanh được đun sôi làm cho pít tông chuyển động và thông qua hệ thống cần biên làm cho bánh xe quay với mô men M . Thay M bằng ngẫu lực FF_1 .

F - lực kéo của đầu máy tại tâm quay của bánh xe.

F_1 - lực đặt tại điểm tiếp xúc giữa bánh xe và ray (điểm A) tác dụng từ bánh xe xuống ray có hướng ngược chiều chuyển động.

Tại A có phản lực F_2 tác dụng từ ray vào bánh xe và đây là ngoại lực gây ra chuyển động của đoàn tàu.

b. Đối với đầu máy điện và đầu máy điêzen.



Hình 1-9. Lực kéo F của đầu máy điêzen

Trục động cơ quay sinh ra mô men M_1 , khi đó bánh xe quay sinh ra mô men M_2

$$M_2 = \mu M_1 \eta$$

Trong đó:

$$\mu = \frac{r_2}{r_1} \text{ - hệ số truyền đạt}$$

η - hệ số xét đến tổn thất trong quá trình truyền đạt

Thay mô men M_2 bằng ngẫu lực như đầu máy hơi nước để phân tích lực.

1.4.3. Phân biệt ba khái niệm về lực kéo đầu máy.

a. Lực kéo chỉ thị F_i .

Là lực kéo tác dụng lên vành bánh hoàn toàn tương ứng với công do hơi nước tác dụng lên pít tông hoặc tương ứng với công do động cơ điện sinh ra trong đầu máy điện và điêzen mà không xét đến sự hao hụt do sức cản của các bộ phận máy móc của đầu máy.

b. Lực kéo bám F_k .

Là lực kéo đặt lên vành bánh, nó được xác định bằng lực kéo chỉ thị với sức cản của các bộ phận máy móc của đầu máy.

$$F_k = F_i - P_g \Delta w'_0 \quad (N) \quad (1-52)$$

Trong đó $P_g \Delta w'_0$ - sức cản của các bộ phận máy móc của đầu máy.

c. Lực kéo có ích F_c .

Là lực kéo ở móc nối của đầu máy với toa xe đầu tiên.

$$F_c = F_k - P_g(w'_0 + w'_i + w'_r) \quad (N) \quad (1-53)$$

lực này dùng để thắng lực cản của đoàn tàu.

Chú ý: Khi tính sức kéo người ta sử dụng F_k mà không sử dụng F_i vì chuyển động trên đường phức tạp do các yếu tố dốc và đường cong.

1.4.4. Hạn chế lực kéo theo điều kiện bám.

F là lực bên trong do người điều khiển, F tăng thì F_2 tăng nhưng F chỉ tăng đến một giới hạn tối đa nào đó. Lực tối đa này không vượt quá lực bám giữa bánh xe và ray.

$$F_k \leq 1000 \Sigma P_g \psi \quad (N) \quad (1-54)$$

Trong đó:

ψ - hệ số ma sát bám lăn giữa bánh xe và ray.

ΣP - khối lượng bám của đầu máy, đó là khối lượng của các bánh xe chủ động đè lên ray.

Giải thích: Vì khi $F_k > 1000\Sigma P g \cdot \psi$ thì sức bám giữa bánh xe và ray sẽ mất đi dẫn đến bánh xe không thể lăn mà bắt đầu trượt tăng nhanh chuyển động tròn theo tâm trục dẫn đến bánh xe đánh võng tại chỗ. Muốn tránh hiện tượng đó phải giảm bớt lực kéo hoặc rải cát lên ray tăng thêm sức bám.

Hệ số ma sát bám lăn ψ giữa bánh xe và ray phụ thuộc vào cấu tạo của các bộ phận chạy của đầu máy, vào trạng thái mặt ray và vành bánh, vào nhiều yếu tố khác. Vì vậy ψ được xác định bằng thực nghiệm.

+ Đối với đầu máy hơi nước:

$$\psi = \frac{A}{100 + V}$$

Trong đó:

V - tốc độ tàu chạy

A - hệ số thực nghiệm; A=22÷28 tùy đầu máy; A=30 đầu máy hiện đại

+ Đối với đầu máy điện và điêzen:

$$\psi = B + \frac{A}{C + DV}$$

Trong đó: B, C, D - hệ số thực nghiệm

$$\psi = 0,20 + \frac{10}{100 + 12V} \quad \text{với đầu máy điêzen khổ đường 1000 mm}$$

$$\psi = 0,25 + \frac{8}{100 + 20V} \quad \text{với đầu máy điêzen khổ đường 1435 mm}$$

+ Khi tàu chạy trên đường cong có $R \leq 400\text{m}$ và trong hầm thì ψ giảm xuống.

+ Thường $\psi = 0,4$ với ray sạch có rải lớp bột thạch anh mịn

$$\psi = 0,15 \text{ ray ẩm ướt.}$$

1.4.5. Các khái niệm về trọng lượng đầu máy.

Khối lượng bám của đầu máy: là khối lượng của các bánh xe chủ động đè lên ray

Khối lượng tính toán của đầu máy: là khối lượng của đầu máy cộng với tăng đe than nước và 2/3 số than nước.

Ở đầu máy điện và đầu máy điêzen khối lượng bám bằng khối lượng tính toán vì nó không có bánh dẫn hướng và tăng đe than nước.

1.4.6. Tổng số lực kéo của nhiều đầu máy.

Để nâng cao khối lượng và vượt qua những dốc lớn người ta tăng cường lực kéo bằng cách dùng hai hoặc ba đầu máy. Đầu máy phụ thêm có thể lắp ở đầu (kéo) hay ở cuối (đẩy). Nếu lực kéo quá lớn dễ xảy ra đứt móc, nếu lực đẩy quá lớn thì vào

đường cong toa xe có nguy cơ bị lật ra ngoài. Do đó người tài xế phải phối hợp cho ăn khớp.

1.5. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐOÀN TÀU.

1.5.1. Phân tích điều kiện chuyển động của đoàn tàu.

Tàu chuyển động được là do lực tác động lên nó. Quá trình vận động của đoàn tàu trên tuyến được đặc trưng bởi ba chế độ làm việc của đầu máy.

a. Chế độ kéo (mở máy).

$$R = F_k - W \quad (N) \quad (1-55)$$

$$r = f_k - w \quad (N/KN)$$

trong đó : R, r - hợp lực toàn phần và hợp lực đơn vị

b. Chế độ chạy đà (đóng máy).

$$R = -W_d \quad (N) \quad (1-56)$$

$$r = -w_d \quad (N/KN)$$

c. Chế độ hãm.

$$R = -(W_d + B) \quad (N) \quad (1-57)$$

$$r = -(w_d + b) \quad (N/KN)$$

Đặc trưng vận động của đoàn tàu được xác định bởi trị số và hướng của hợp lực.

+ Nếu $R = 0$ thì tàu chạy đều hoặc đứng yên.

+ Nếu $R > 0$ thì đoàn tàu vận động có gia tốc.

+ Nếu $R < 0$ thì đoàn tàu vận động giảm tốc.

1.5.2. Sự phụ thuộc của hợp lực vào tốc độ chạy tàu.

Bởi vì lực kéo bám F_k phụ thuộc vào vận tốc tàu chạy V (thông qua hệ số ψ), sức cản cơ bản W_0 cũng phụ thuộc vào vận tốc chạy tàu V cho nên chúng ta có thể dùng phương pháp đồ thị để xác định giá trị của hợp lực và từ đó phân tích đặc tính vận động của đoàn tàu.

$$\text{Ta có} \quad F_k = f_1(V)$$

$$W_0 = f_2(V)$$

do đó đồ thị của chúng bao giờ cũng xác định được thông qua việc khảo sát các hàm số trên. Bởi vì sức cản phụ không phụ thuộc vào vận tốc nên:

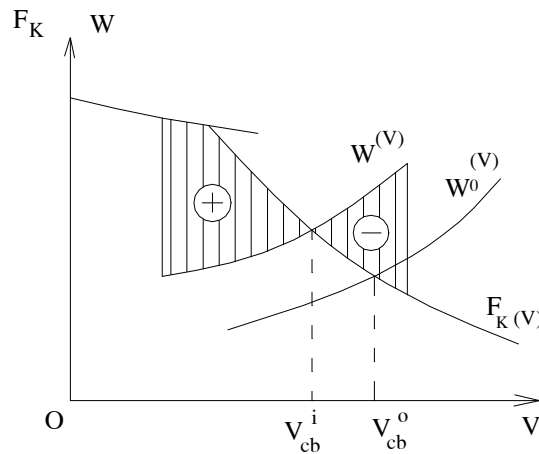
$$W = W_0 + W_i$$

$$\text{từ đó} \quad R = F_k - W$$

Trên hình vẽ trình bày phương pháp xác định giá trị R

Trên hình đường cong $F_k = f(V)$ biểu thị đặc tính sức kéo của đầu máy đã cho, đường cong $W = f(V)$ biểu thị sức cản của đoàn tàu. Từ hình vẽ ta thấy R giảm khi tăng vận tốc chạy. Ở một vận tốc V_{cb} nào đó mà trị số của lực kéo và lực cản bằng nhau $F_k = W$ thì vận tốc đó được gọi là vận tốc cân bằng (ví dụ ở đây nếu đoàn tàu chạy trên đường thẳng và bằng thì vận tốc cân bằng là V_{cb}^0 , còn đoàn tàu chạy trên tuyến đường có thêm sức cản phụ thì vận tốc cân bằng là V_{cb}^i).

Vận tốc cân bằng là vận tốc lớn nhất mà đoàn tàu có thể đạt được do kết quả của gia tốc gây ra trên đoạn đường khảo sát.



Hình 1-10. Quan hệ giữa F_k , W và V

Từ phân tích trên ta có nhận xét:

Nếu $V < V_{cb}$ thì $R > 0$

Nếu $V = V_{cb}$ thì $R = 0$

Nếu $V > V_{cb}$ thì $R < 0$

1.5.3. Thành lập phương trình vi phân chuyển động của đoàn tàu.

Nếu xem xét chuyển động của đoàn tàu có khối lượng $(P+Q)$ tấn như một chất điểm có lực đặt tại trọng tâm thì khi đó theo định luật II Niu ton:

$$R = ma$$

Trong đó:

R - Hợp lực toàn phần tác dụng lên đoàn tàu (N)

m - khối lượng đoàn tàu $m = 1000(P+Q)$ (kg)

a - gia tốc chuyển động (m/s^2)

Từ công thức trên chúng ta có:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{R}{m}$$

Nếu ta nhân cả tử số và mẫu số của vế phải với gia tốc rơi tự do g thì:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{R.g}{m.g} = \frac{R.g}{1000(P+Q)g} = \frac{R}{(P+Q)g} \cdot \frac{g}{1000} = r.\xi$$

Nếu vận tốc đoàn tàu tính theo km/h và $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ đổi ra km/h^2 thì

$$\xi = \frac{9,81.60^2.60^2}{1000.1000} = 127$$

và gia tốc của đoàn tàu là

$$\frac{dv}{dt} = 127.r \text{ (km/h}^2\text{)}$$

Nếu đoàn tàu có khối lượng m chuyển động với vận tốc V đồng thời có chú ý tới các chi tiết tham gia chuyển động quay (tiêu biểu nhất là hệ thống bánh xe quay với vận tốc góc và động năng của chúng) thì khi tính toán người ta thêm hệ số khối lượng quay γ .

$$\frac{dv}{dt} = \frac{127}{1+\gamma} .r$$

Biểu 1-3. Bảng hệ số khối lượng quay

Kiểu đầu máy và toa xe	γ
Đầu máy hơi nước có tầng đê	0,04 ÷ 0,06
Đầu máy điện và điêzen	0,20 ÷ 0,30
Đầu máy điện và điêzen	0,10 ÷ 0,15
Toa xe khách	0,04 ÷ 0,05
Toa xe 4 trục có hàng và không hàng	0,03 ÷ 0,04
Toa xe 2 trục có hàng	0,04 ÷ 0,05
Toa xe 2 trục không hàng	0,10 ÷ 0,12

Trong thực tế tính toán người ta lấy $\gamma = 0,06$

$$\frac{dv}{dt} = 120.r \tag{1}$$

Ý nghĩa của phương trình vi phân chuyển động của đoàn tàu là ở chỗ: theo phương trình này khi tác dụng lên tàu một hợp lực đơn vị có trị số 1 N/KN thì tàu nhận một gia tốc có trị số 120 km/h cho một giờ hay 2 km/h cho một phút, khi đó phương trình có dạng:

$$\frac{dv}{dt} = 2.r \quad (\text{km/h cho một phút})$$

Ví dụ: Ở một thời điểm nào đó trên đường tàu chạy lên dốc 4‰ với $V = 40$ km/h và trong thời điểm đó có $f_k - w_0 = 5$ (N/KN) thì sau 1 phút:

$$\begin{aligned} V &= 40 + 2.r.1 = 40 + 2(f_k - w).1 = 40 + 2(f_k - w_0 - w_i).1 \\ &= 40 + 2(5 - 4).1 = 42 \text{ km/h} \end{aligned}$$

Khi tốc độ tăng thì lực kéo bám F_k giảm (do ψ giảm) và lực cản W tăng, ví dụ qua 1 phút nữa $(f_k - w_0) = 4$ (N/KN) thì $r = 0$ và $V = 42$ km/h.

Tuỳ theo sự kết hợp của các lực tác dụng vào đoàn tàu mà có ba chế độ chuyển động:

a. Tàu chuyển động mở máy:

$$\frac{dv}{dt} = 120(f_k - w) \quad (\text{km/h}^2) \quad (1-59)$$

Phụ thuộc vào tương quan giữa f_k và w mà có thể có các trường hợp tàu chạy gia tốc, đều và giảm tốc.

b. Tàu chuyển động đóng máy:

$$\frac{dv}{dt} = -120 w_d \quad (\text{km/h}^2) \quad (1-60)$$

Xảy ra trong trường hợp xuống dốc dài trước lúc hãm đóng máy. Tuỳ theo trắc dọc và bình diện mà tàu chạy có lúc chậm dần $w_d > 0$ (thường xuống dốc nhỏ và có nhiều đường cong), nhanh dần $w_d < 0$ (thường xuống dốc lớn), đều $w_d = 0$.

c. Khi tàu chuyển động đóng máy kết hợp với hãm.

$$\frac{dv}{dt} = -120(w_d + \alpha b) \quad (\text{km/h}^2) \quad (1-61)$$

trong đó α là hệ số sử dụng hãm.

Khi xuống dốc hãm để giữ nguyên tốc độ cố định (hãm cục bộ) thì

$$w_d + \alpha b = 0 \quad \left(\frac{dv}{dt} = 0 \right)$$

Khi hãm để tàu dừng thì

$$w_d + \alpha b > 0 \quad \left(\frac{dv}{dt} < 0 \right)$$

Phương trình vi phân chuyển động của đoàn tàu là phương trình cơ bản của sức kéo đầu máy. Dựa trên phương trình này có thể xác định khối lượng cho phép lớn nhất, tốc độ và thời gian chạy tàu, đồng thời giải được các bài toán hãm, xác định hao phí nhiên liệu và năng lượng điện, công cơ học của đầu máy và công của lực cản.

1.5.4. Tính khối lượng đoàn tàu và kiểm tra khối lượng đoàn tàu theo các điều kiện hạn chế nó.

1. Tính khối lượng đoàn tàu.

a. Công thức tính khối lượng đoàn tàu (cả bi).

Với đường sắt tồn tại khái niệm dốc hạn chế i_p . Dốc hạn chế là dốc lớn nhất có chiều dài không hạn chế mà trên đó tàu hàng với khối lượng Q do một đầu máy kéo lên dốc với vận tốc đều và bằng vận tốc tính toán nhỏ nhất V_p . Giá trị vận tốc tính toán nhỏ nhất V_p và lực kéo bám tính toán F_{kp} của các đầu máy được đưa ra trong quy trình tính toán sức kéo.

Với việc thiết kế tuyến mới người ta tính khối lượng đoàn tàu Q theo dốc hạn chế. Ta thấy khi tàu chuyển động đều thì $F_k = W$

$$F_{kp} = Pg(w'_0 + i_p) + Qg(w''_0 + i_p) \quad (N)$$

$$\rightarrow Q = \frac{F_{kp} - Pg(w'_0 + i_p)}{(w''_0 + i_p)g} \quad (\text{tấn}) \quad (1)$$

Nếu thay w'_0 và w''_0 bằng w_0 thì

$$F_{kp} = (P+Q)g.(w_0 + i_p)$$

$$\rightarrow Q = \frac{F_{kp}}{(w_0 + i_p)g} - P \quad (\text{tấn}) \quad (2)$$

Nhận xét: Ta thấy rằng:

- Khối lượng đoàn tàu tỷ lệ nghịch với i_p .
- F_k và w_0 có quan hệ với V (xem phần 1.5.2), nếu Q lớn thì V nhỏ và F_k phải lớn. Quan hệ giữa Q và V tốt nhất là lợi dụng đầy đủ sức kéo bám.

- Mỗi loại đầu máy có F_{kp} và ở đó có vận tốc tính toán nhỏ nhất v_p (hay là vận tốc lâm giới).

- + Ở đầu máy hơi nước V_p lấy theo điểm giao cắt giữa đường hạn chế theo điều kiện bám lẫn và đường năng suất cấp hơi tính toán cho máy hơi.

- + Ở đầu máy điện V_p lấy theo điểm giao cắt giữa đường hạn chế theo điều kiện bám và cường độ dòng điện.

- + Ở đầu máy điêzen V_p lấy theo giá trị cường độ lâu dài.

Công thức (2) có thể được sử dụng như công thức gần đúng bởi vì không thể xác định w_0 nếu không biết Q . Một cách gần đúng có thể coi $w_0 \approx w''_0$, lúc đó

$$Q = \frac{F_{kp}}{(w''_0 + i_p)g} - P \quad (\text{tấn})$$

b. Công thức tính khối lượng hàng của đoàn tàu.

$$Q_H = \sum_{i=1}^k n_i \beta_i q_{tt(i)}$$

Trong đó:

n_i - số toa nhóm i (2 trục, 4 trục, 6 trục...)

β_i - hệ số sử dụng tải trọng tính toán toa nhóm i (hệ số chất hàng)

$q_{tt(i)}$ - tải trọng tính toán của toa nhóm i

Nếu chỉ biết tổng số toa xe n và tỷ lệ theo số lượng của từng nhóm toa so với tổng số toa là γ_i thì khối lượng hàng được tính theo công thức:

$$Q_H = \sum_{i=1}^k n \gamma_i \beta_i q_{tt(i)} = n \sum_{i=1}^k \gamma_i \beta_i q_{tt(i)}$$

Khi tính sơ bộ thường người ta sử dụng hệ số sử dụng tải trọng đoàn tàu η (tỷ lệ giữa khối lượng hàng và khối lượng cả bì)

$$\eta = \frac{Q_H}{Q}$$

Có thể xác định η khi chỉ cần biết tỷ lệ theo số lượng của từng nhóm toa so với tổng số toa γ_i và tải trọng của chúng.

$$\text{Ta có } Q = n \sum_{i=1}^k \gamma_i q_i$$

Trong đó:

q_i - khối lượng toa cả bì của từng nhóm

k - số lượng nhóm toa trong đoàn tàu

$$\eta = \frac{n \sum_{i=1}^k \gamma_i \beta_i q_{tt(i)}}{n \sum_{i=1}^k \gamma_i q_i} = \frac{\sum_{i=1}^k \gamma_i \beta_i q_{tt(i)}}{\sum_{i=1}^k \gamma_i q_i}$$

Thường người ta lấy $Q_H = \eta \cdot Q$ ($\eta = 0,6 \div 0,7$) (3)

Ví dụ: Xác định khối lượng đoàn tàu do đầu máy 2TE116 kéo lên dốc $i_p = 12\%$ biết $V_p = 24,2$ km/h, $F_{kp} = 487970$ N, $P = 271$ tấn, toa xe 4 trục có $q_0 = 18$ tấn/trục.

Giải:

$$w''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1V + 0,0025V^2}{18} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{18}$$

$$= 1,08 \text{ N/KN}$$

$$w'_0 = 2,2 + 0,01V + 0,0003V^2 = 2,2 + 0,01 \cdot 24,2 + 0,0003 \cdot 24,2^2$$

$$= 2,62 \text{ N/KN}$$

$$Q = \frac{487970 - 271 \cdot 9,81(2,62 + 12)}{9,81(1,08 + 12)} = 3500 \text{ (tấn)}$$

Tính theo công thức gần đúng:

$$Q = \frac{487970}{9,81(1,08 + 12)} - 271 = 3529 \text{ (tấn)}$$

Ví dụ: Hãy xác định hệ số sử dụng tải trọng đoàn tàu η biết đoàn tàu bao gồm 40% toa 4 trục có $q_{bi} = 22$ tấn, $q_{ti} = 62$ tấn, $\beta = 0,9$; 60% toa 4 trục có $q_{bi} = 21,7$ tấn, $q_{ti} = 50$ tấn, $\beta = 0,85$.

Giải:

Trước hết ta tính khối lượng toa cả bì:

$$q_1 = 22 + 0,9 \cdot 62 = 77,8 \text{ tấn}$$

$$q_2 = 21,7 + 0,85 \cdot 50 = 64,2 \text{ tấn}$$

$$\eta = \frac{0,4 \cdot 0,9 \cdot 62 + 0,6 \cdot 0,85 \cdot 50}{0,4 \cdot 77,8 + 0,6 \cdot 64,2} = 0,69$$

2. Kiểm tra khối lượng đoàn tàu theo các điều kiện hạn chế nó.

a. Kiểm tra theo điều kiện khởi động.

Ở các ga đoàn tàu thường phải dừng. Ở các điểm dừng đó thường có độ dốc không lớn song sau mỗi lần dừng đoàn tàu lại phải khởi động để thực hiện hành trình của mình. Do đó ngoài việc khắc phục sức cản cơ bản và sức cản đường dốc còn phải khắc phục sức cản khởi động nữa. Khi đó phương trình cân bằng lực của đoàn tàu có dạng:

$$F_{k(kd)} = Pg(w_{kd} + i_{k(kd)}) + Qg(w_{kd} + i_{k(kd)}) \quad (N)$$

$$Q_{kd} = \frac{F_{k(kd)}}{(w_{kd} + i_{k(kd)})g} - P \quad \text{(tấn)} \quad (4)$$

Trong đó:

$F_{k(kd)}$ - lực kéo bám của đầu máy khi khởi động.

w_{kd} - lực cản đơn vị cơ bản và lực cản phụ của đoàn tàu lúc khởi động.

$i_{k(kd)}$ - đại lượng dốc quy đổi mà trên đó đoàn tàu khởi động.

Như vậy kiểm tra điều kiện khởi động của đoàn tàu có thể bằng cách:

+ So sánh Q_{kd} với Q và nếu $Q_{kd} \geq Q$ thì tàu khởi động được.

$$+ \text{ So sánh } i_{k(kd)} \text{ với } i_k \text{ và nếu } i_k \leq i_{k(kd)} = \frac{F_{k(kd)}}{(P + Q)g} - w_{kd} \quad (5)$$

thì tàu khởi động được.

Ví dụ. Hãy kiểm tra khối lượng đoàn tàu do đầu máy VL80 kéo theo điều kiện khởi động biết đoàn tàu bao gồm 40% khối lượng là toa 4 trục bi cầu, còn lại là toa 4 trục bi trượt. Cả hai loại toa có $q_0 = 18$ tấn; $i_p = 9\%$; $V_p = 44,3$ km/h; $F_{k(kd)} = 650010$ N; $F_{kp} = 475785$ N; $P = 184$ tấn.

Giải:

$$w_{kd} = 0,4 \cdot \frac{28}{18+7} + 0,6 \cdot \frac{142}{18,0+7} = 3,85 \text{ (N/KN)}$$

$$Q_{kd} = \frac{650010}{(3,85 + i_{k(kd)})g} - 184$$

$i_{k(kd)}$ (‰)	0	1,5	2,5	4	5	6	7	8	9
Q_{kd} (tấn)	17010	12190	10240	8250	7300	6540	5920	5400	4790

$w''_0 = 1,38$ (N/KN) - với toa xe 4 trục bi cầu

$w''_0 = 1,66$ (N/KN) - với toa xe 4 trục bi trượt

$w''_0 = 0,4 \cdot 1,38 + 0,6 \cdot 1,66 = 1,52$ (N/KN)

$w'_0 = 2,93$ (N/KN)

$$Q = \frac{475785 - 184 \cdot (2,93 + 9) \cdot 9,81}{(1,52 + 9) \cdot 9,81} = 4400 \text{ tấn}$$

Như vậy độ dốc lớn nhất mà đoàn tàu có $Q = 4400$ tấn có thể khởi động được là:

$$i_k \leq \frac{650010}{(184 + 4400) \cdot 9,81} = 10,6\%$$

Kết luận: Đoàn tàu có khối lượng được tính với dốc hạn chế $i_p = 9\%$ được kéo bởi đầu máy VL80 có thể khởi động được thậm chí nếu nó dừng trên dốc 9%.

Nhận xét: Nếu vì lý do nào đó mà tàu bắt buộc phải dừng trên dốc lớn thì có khả năng tàu không khởi động được, lúc này hoặc là gọi thêm đầu máy nữa, hoặc là kéo từng phần của đoàn tàu, hoặc là lùi đoàn tàu tới dốc có thể khởi động được.

b. Kiểm tra khi dừng tàu trong phạm vi chiều dài sử dụng của đường đón gửi.

Trong trường hợp đoàn tàu có khối lượng lớn dẫn đến chiều dài của nó cũng dài thì cần kiểm tra xem chiều dài sử dụng của đường đón gửi có đủ để nó đỗ không. Muốn đỗ được phải đảm bảo được điều kiện:

$$L_{sd} \geq L_{tàu} = L_{dm} + n \sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot l_i + 10 \text{ m} \quad (6)$$

Trong đó:

L_{sd} - chiều dài sử dụng của đường đón gửi

L_{dm} = chiều dài đầu máy
 n - số toa trong đoàn tàu
 γ_i - tỷ lệ về số lượng của từng nhóm toa so với tổng số toa trong đoàn tàu
 l_i - chiều dài toa xe của mỗi nhóm
 10 m - chiều dài dự trữ (để phòng đỡ không đúng vị trí)

3. Tính đến ảnh hưởng của một số yếu tố khi xác định khối lượng đoàn tàu với sức kéo diesel.

a. Tính đến ảnh hưởng của điều kiện không khí.

Công suất của động cơ kéo bị giảm đối với khu vực có điều kiện không khí khác tiêu chuẩn (điều kiện chuẩn khi $t_{\text{môi trường}}^0 = +20^{\circ}\text{C}$; áp suất không khí là 760^{mm} cột thủy ngân)

$$F_{kp}^t = F_{kp}(1 - k_t - k_a) \quad (7)$$

Trong đó: k_t - hệ số tính đến việc giảm lực kéo bám do nhiệt độ khu vực khác nhiệt độ chuẩn

k_a - hệ số tính đến việc giảm lực kéo bám do áp suất không khí khu vực khác áp suất tiêu chuẩn.

(k_t ; k_a xem trong quy trình tính sức kéo đầu máy)

Ví dụ: Với đầu máy 2TE10L ở điều kiện chuẩn có $F_{kp} = 502270\text{ N}$ thì với $t_{kk}^0 = 30^{\circ}\text{C}$; áp suất không khí $A = 700^{\text{mm}}$ thủy ngân thì

$$F_{kp}^t = 502270 \cdot (1 - 0,050 - 0,086) = 433600\text{ N}$$

Khối lượng đoàn tàu có $i_p = 9\%$; $P = 258\text{ tấn}$; $w''_0 = 2,31\text{ (N/KN)}$; $w'_0 = 1,38\text{ (N/KN)}$ thì:

+ Trong điều kiện tiêu chuẩn:

$$Q = \frac{502270 - 258(2,31 + 9) \cdot 9,81}{(1,38 + 9) \cdot 9,81} = 4650\text{ tấn}$$

+ Trong điều kiện khác tiêu chuẩn:

$$Q = \frac{433600 - 258(2,31 + 9) \cdot 9,81}{(1,38 + 9) \cdot 9,81} = 3980\text{ tấn}$$

b. Tính đến ảnh hưởng của đường cong bán kính nhỏ.

Đường khổ 1435 mm , khi tàu vào đường cong có $R \leq 500\text{m}$ thì hệ số bám lăn giảm do tăng độ trượt của bánh xe.

$$\Psi_{(r)} = \Psi \frac{250 + 1,55R}{500 + 1,1R}$$

Trong đó:

ψ - hệ số bám lăn trên đường thẳng

$\psi_{(r)}$ - hệ số bám lăn trên đường cong

R - bán kính đường cong

Lúc này khối lượng đoàn tàu qua dốc hạn chế và đường cong có $R < 500\text{m}$ là:

$$Q = \frac{1000\psi_k P - P(i_p + w'_0 + w_r)}{i_p + w''_0 + w_r} \quad (\text{tấn}) \quad (8)$$

Đối với đầu máy khổ đường 1000 mm khi chạy trên đường cong có $R \leq 200\text{m}$ thì lượng giảm hệ số bám lăn tính theo bảng sau (hoặc là xem quy phạm thiết kế kỹ thuật đường sắt khổ 1000 mm)

Biểu 1-4. Lượng giảm hệ số bám khi bán kính nhỏ

Bán kính đường cong R (m)	200	150	125	100	75	60	40
Lượng giảm hệ số bám lăn φ_k (%)	9	11	13	15	18	20	25

Câu hỏi ôn tập

Phần I . Thiết kế tuyến ĐS

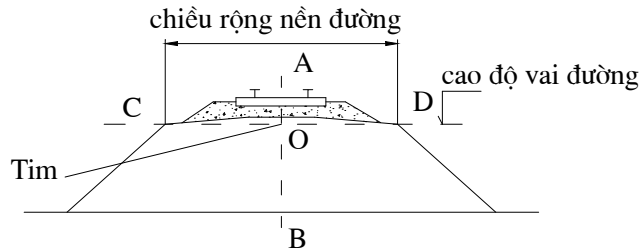
Chương 1 . Tính sức kéo đầu máy

1. Mục đích và mô hình tính sức kéo đầu máy. Các ngoại lực tác dụng lên đoàn tàu, quy tắc dấu. Phân biệt lực toàn phần và lực đơn vị.
2. Công thức tổng quát tính lực cản đơn vị cơ bản của đầu máy, toa xe, đoàn toa xe, của đoàn tàu. Các loại lực cản phụ, công thức tính. Các biện pháp làm giảm lực cản.
3. Sự hình thành lực hãm, lực kéo. Phân tích hạn chế lực hãm, lực kéo theo điều kiện bám. Tính lực hãm.
4. Phương trình chuyển động đoàn tàu. Tính khối lượng đoàn tàu Q. Kiểm tra Q theo điều kiện hạn chế.

CHƯƠNG 2. BÌNH ĐỒ VÀ TRẮC DỌC ĐƯỜNG SẮT

MỘT SỐ KHÁI NIỆM

1. Tuyến đường sắt: là đường xác định vị trí không gian của trục dọc đường sắt tại mức vai đường. Trên đường thứ hai hoặc đường sắt có nhiều đường người ta xác định tuyến cho mỗi đường.



2. Bình đồ tuyến: là hình chiếu của tuyến trên mặt phẳng nằm ngang. Trên bình đồ tuyến là các đoạn thẳng được nối với nhau bởi những đoạn cong có góc chuyển hướng khác nhau.

3. Trắc dọc: là hình chiếu của tuyến đã được duỗi thẳng ra trên mặt phẳng đứng. Trên trắc dọc tuyến là các yếu tố có độ dốc khác nhau và được nối với nhau tại điểm đổi dốc.

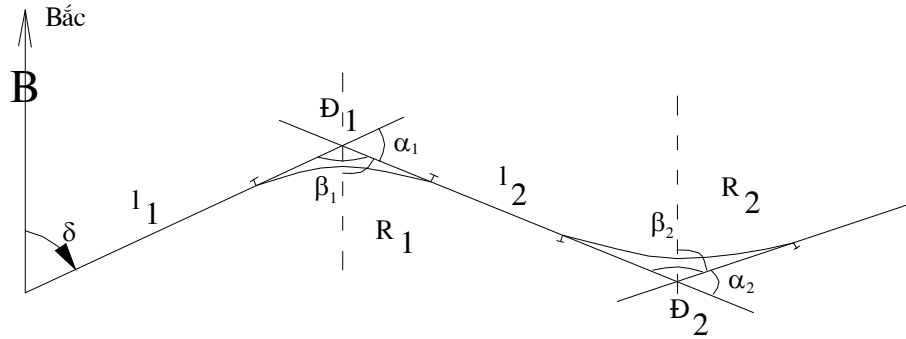
Các yếu tố bình đồ và trắc dọc nhiều khi được gọi là các yếu tố của tuyến. Chúng xác định đặc tính của đường sắt về mặt xây dựng và khai thác.

Bình diện và trắc dọc đường sắt cần đảm bảo an toàn chuyển động cho đoàn tàu có trọng lượng tính toán với vận tốc chạy tàu cho phép lớn nhất, tức là không được trật bánh và đứt móc. Việc thay đổi vị trí tuyến trong không gian không được gây tác động đột ngột tới đường ray và đầu máy toa xe cũng như không gây bất tiện cho hành khách, tức là cần đảm bảo êm thuận khi tàu chạy.

2.1. YẾU TỐ BÌNH ĐỒ ĐƯỜNG SẮT Ở KHU GIAN.

2.1.1. Đường thẳng và đường cong.

a. Đường thẳng: được xác định bằng chiều dài và hướng của nó, chiều dài đoạn thẳng được tính từ cuối đường cong nọ đến đầu của đường cong kia. Hướng của một đường nào đó là góc hợp bởi đường đó với một đường khác đã được chọn làm gốc. Hướng gốc được chọn có thể là kinh tuyến thực, kinh tuyến từ, kinh tuyến trục của múi. Tương ứng với chúng có các khái niệm: góc phương vị thực, góc phương vị từ, góc định hướng.



Hình 2-1. Đường thẳng và đường cong.

δ - góc phương vị (theo kim la bàn trong máy kinh vĩ) quay theo chiều kim đồng hồ : $\delta = 0 \div 360^0$.

α_i - góc chuyển hướng

β_i - góc trong

$$\alpha_i = 180^0 - \beta_i$$

R_i - góc hai phương $0 \div 90^0$

$$R_1 = 180^0 - (\delta + \alpha_1)$$

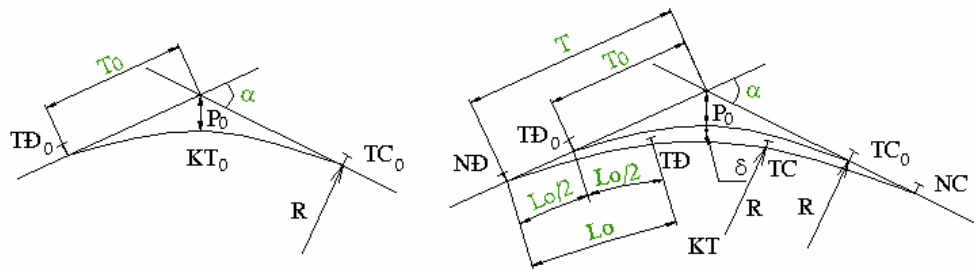
Nếu địa hình cho phép nên thiết kế đoạn thẳng dài một vài km hoặc dài hơn chiều dài đoàn tàu.

b. Đường cong: dùng khi tránh chướng ngại, tránh vùng địa chất xấu hoặc giảm khối lượng công trình.

Đường cong có thể là đường cong tròn hoặc đường cong có hoà hoãn.

Thông số của mỗi đường cong là góc chuyển hướng α (0 , rad), bán kính đường cong R (m), hướng rẽ (phải hoặc trái), chiều dài đường cong hoà hoãn L_0 (m).

Các yếu tố đường cong được xác định như sau:



Hình 2-2. a. Đường cong tròn

b. Đường cong có hoà hoãn

Đường tang $T_0 = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ (m) (2-1)

$$T = T_0 + \frac{L_0}{2} \quad (\text{m})$$

Chiều dài đường cong $KT_0 = \frac{\pi R \alpha^0}{180} \quad (\text{m})$ (2-2)

$$KT = KT_0 + L_0 \quad (\text{m})$$

Phân cự $P_0 = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1) \quad (\text{m})$ (2-3)

$$P = P_0 + \delta = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1) + \frac{L_0^2}{24R} \quad (\text{m})$$

δ - lượng dịch trong khi có đường cong hoà hoãn.

Lưu ý: Công thức tính các yếu tố đường cong trên đường cong có hoà hoãn là công thức gần đúng.

Các yếu tố đường cong được tính sẵn trong bảng cắm đường cong, khi thiết kế cần phải ghi đầy đủ các yếu tố đường cong trên bình đồ cũng như trên trắc dọc.

c. Những nhược điểm của đường cong bán kính nhỏ.

- Hạn chế vận tốc chạy tàu: vận tốc chạy tàu qua đường cong phụ thuộc vào siêu cao ray lưng, vào điều kiện ổn định và bền vững của đường cong, đầu máy toa xe, vào điều kiện đảm bảo tiện nghi cho hành khách. Do vậy nếu vận tốc chạy tàu qua đường cong giảm so với đường thẳng thì thời gian chạy tàu tăng dẫn đến chu trình đầu máy toa xe kéo dài và làm tăng số lượng đầu máy toa xe. Mặt khác do hãm tàu làm tiêu phí động năng dẫn đến chi phí vận chuyển tăng. Vận tốc tối đa khi tàu vào đường cong có thể tính theo công thức sau:

$$[V_{\max}] = 3,6 \sqrt{R([\alpha_{tt}] + \frac{g}{S_1} h)} = A\sqrt{R} \quad (\text{km/h}) \quad (2-4)$$

Trong đó

$[\alpha_{tt}]$ - gia tốc ly tâm dư cho phép (m/s^2)

S_1 - cự ly giữa hai trục ray (m)

g - gia tốc trọng trường (m/s^2)

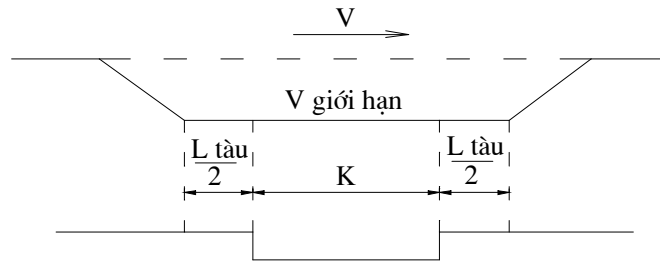
h - siêu cao ray lưng (m)

R - bán kính đường cong (m)

3,6 - hệ số đổi từ m/s ra km/h

Ở nước ta hiện nay vận tốc tối đa khi tàu vào đường cong cho cả hai khổ đường được tính theo công thức:

$$V_{\max} = 4,1 \sqrt{R} \quad (\text{km/h})$$



Hình 2-3. Hạn chế vận tốc chạy tàu khi qua đường cong bán kính nhỏ

Biểu 2-1

$V_{\max}(\text{km/h})$ \backslash R (m)	250	300	350	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
$4,1 \sqrt{R}$	65	75	80	85	90	100	110	120	130	145	160

Tương lai dự kiến muốn tăng tốc độ tàu lên 100 km/h thì bán kính đường cong tròn $R \geq 500\text{m}$, muốn tăng tốc độ tàu khách lên 120 km/h thì $R \geq 700\text{m}$. Trường hợp thông thường trong khu gian sử dụng bán kính sau: 4000, 3000, 2500, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 650, 600, 550, 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100 m.

Đường 1435 mm quy định $R_{\max} = 4000 \text{ m}$

Đường 1000 mm quy định $R_{\max} = 3000 \text{ m}$

- Giảm hệ số bám lăn giữa bánh xe đầu máy với ray φ_k do trên đường cong ray ngoài và ray trong có độ dài không bằng nhau nên có hiện tượng bánh ngoài vừa lăn vừa trượt dẫn đến sức kéo bám của đầu máy bị giảm và có khi phải giảm bớt trọng lượng đoàn tàu.

$$F_k \leq 1000\varphi_k \sum P g (N)$$

Trong đó $\sum P$ - trọng lượng bám của đầu máy.

Theo tài liệu thí nghiệm của Viện nghiên cứu khoa học đường sắt Liên bang Nga thì

$$R = 400 \text{ m} ; \varphi_k \text{ giảm } 7,5 \%$$

$$R = 300 \text{ m} ; \varphi_k \text{ giảm } 14 \%$$

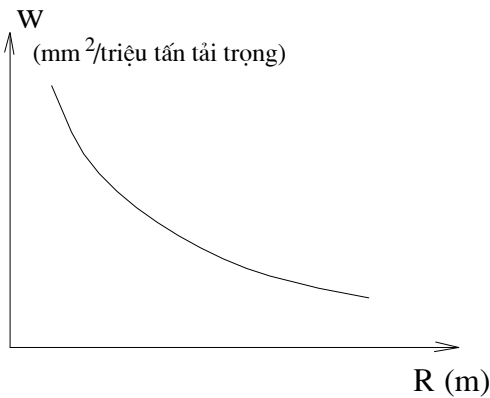
$$R = 200 \text{ m} ; \varphi_k \text{ giảm } 22 \%$$

- Tăng duy tu bảo quản kiến trúc tầng trên

+ R giảm nên ray chóng mòn do bánh trượt trên ray lệch tâm đầy ngang.

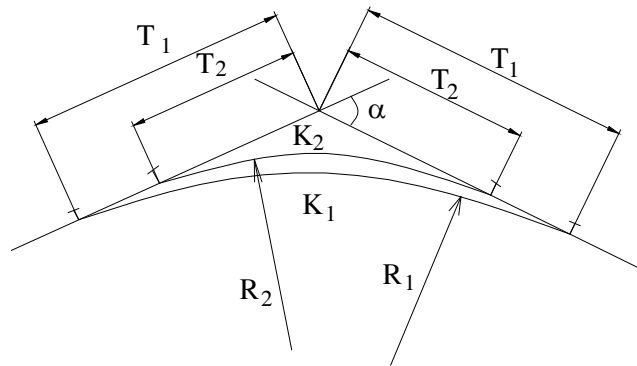
+ Độ hao mòn của ray w phụ thuộc cường độ vận chuyển, bán kính đường cong, chiều dài khung cứng toa xe, vận tốc chạy tàu, tải trọng trục...

+ Trong đường cong bán kính nhỏ tà vẹt và phụ kiện phải tăng và chóng hỏng.



Hình 2-4. Đồ thị biểu diễn hao mòn ray theo bán kính

- Chi phí sửa chữa đầu máy và toa xe tăng chủ yếu do chi phí cho các bộ phận chuyển động như vành đai bánh xe.
- Làm cho đường bị dài thêm ra



Hình 2-5. Làm cho đường dài thêm ra khi $R_2 < R_1$

Nếu $\alpha = \text{const}$ và giảm $R_1 \rightarrow R_2$ thì đường dài thêm ra một đoạn

$$\Delta L = 2(T_1 - T_2) + K_2 - K_1 \quad (\text{m})$$

Thường trong thực tế khi R giảm thì luôn tăng α để bám địa hình, do α tăng lại càng làm đường dài thêm ra.

2.1.2. Bán kính tối thiểu và bán kính hạn chế.

Bán kính tối thiểu là bán kính nhỏ nhất dùng tùy theo cấp đường, vận tốc chạy tàu, khối lượng vận chuyển và điều kiện địa hình.

Bán kính hạn chế là bán kính nhỏ nhất được phép dùng tùy theo cấu tạo của đầu máy toa xe, nó không thể nhỏ hơn nữa nếu không tàu chạy không an toàn.

Ví dụ: $R_{hc} = 75 \text{ m}$ cho đầu máy loại nhỏ

$R_{hc} = 150 \text{ m}$ cho đầu máy loại lớn

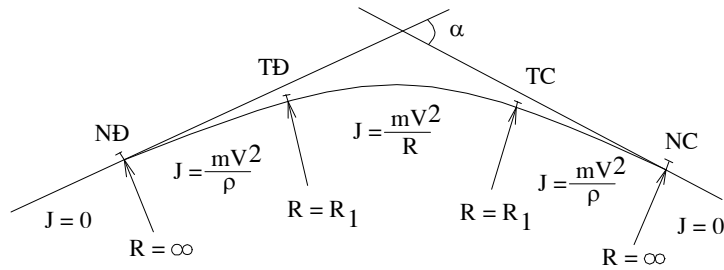
Biểu 2-2. Bán kính nhỏ nhất ở chính tuyến

Thứ tự	Khổ đường	Cấp đường	Địa hình thông thường	Địa hình khó khăn	Địa hình đặc biệt khó khăn
1	1435mm quốc gia	cao tốc I ; II III	1500	1200	
			700	350	250
			400	300	200
2	1000mm quốc gia	chủ yếu thứ yếu	400	200	150
			300	150	100

2.1.3. Đường cong hoà hoãn (đường cong chuyển tiếp).

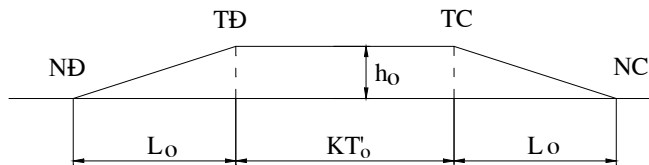
a. Tác dụng của đường cong hoà hoãn.

Để các lực phụ (chủ yếu là lực ly tâm) không phát sinh đột ngột khi tàu chạy từ đường thẳng vào đường cong và ngược lại hoặc chuyển từ đường cong nọ sang đường cong kia.



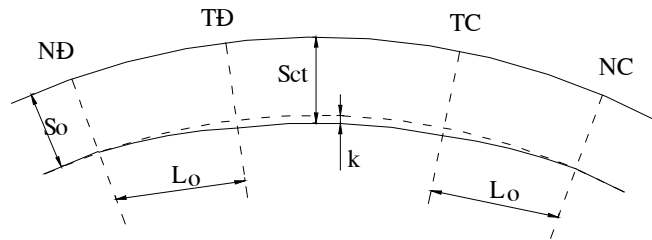
Hình 2-6. Đường cong hoà hoãn.

Thực hiện siêu cao ray lũng.



Hình 2-7. Vuốt siêu cao trên đường cong hoà hoãn

Thực hiện nói rộng cự ly (gia khoan) từ đường thẳng vào đường cong.



Hình 2-8. Nới rộng cự ly trên đường cong hoà hoãn

b. Chiều dài đường cong hoà hoãn.

$$L_0 = \frac{h}{i}$$

mà: $h = \frac{7,6V_{\max}^2}{R}$ hoặc là $h = \frac{11,8V_0^2}{R}$ (đường 1435 mm) (2-5)

$$h_{\max} = 125 \text{ mm}$$

$$h = \frac{5,4V_{\max}^2}{R}$$
 hoặc là $h = \frac{8,24V_0^2}{R}$ (đường 1000 mm) (2-6)

$$h_{\max} = 95 \text{ mm}$$

Trong đó: h - siêu cao ray lũng

V_{\max} - vận tốc lớn nhất của tàu khi qua đường cong

R - bán kính đường cong

i - độ vuốt dốc siêu cao

Chiều dài đường cong hoà hoãn L_0 phải thỏa mãn các điều kiện sau:

+ Độ vuốt dốc siêu cao phải đảm bảo để bánh xe ở trục sau không bò lên mặt đỉnh ray bụng, muốn vậy:

$$i \leq i_0$$

$$i_0 = 1\text{‰} \text{ với đường 1435 mm ; đường cải tạo } i_0 = 2\text{‰}$$

$$i_0 = 2\text{‰} \text{ với đường 1000 mm ; đường cải tạo } i_0 = 2,5\text{‰}$$

+ Tốc độ nâng cao bánh xe ray lũng không phát triển quá nhanh, muốn vậy:

$$i \leq i_2$$

$$i_2 = \frac{1}{KV_{\max}}$$

ở đây V_{\max} - vận tốc lớn nhất (km/h)

$$K - \text{hệ số đổi đơn vị khi } f_0 = 28 \text{ mm/s thì } K = \frac{1}{10} \text{ km/h}$$

$$\text{khi } f_0 = 35 \text{ mm/s thì } K = \frac{1}{8} \text{ km/h}$$

f_0 - tốc độ nâng cao bánh xe cho phép

$$i_2 = \frac{dh}{ds} = \frac{dh}{vdt} = \frac{dh}{dt} \cdot \frac{1}{V} = f_0 \cdot \frac{1}{V}$$

Trường hợp bất lợi nhất $V = V_{\max}$ thì $i_2 = \frac{f_0}{V_{\max}}$

hay
$$i_2 = \frac{1}{KV_{\max}} \rightarrow L_0 = \frac{hV_{\max}}{3,6f}$$

Bảng 2-3. Siêu cao đường cong tính theo $h_{\max} = 125 \text{ mm}$
(đường 1435 mm)

R (m) \ V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
200	35	60	95							
250	25	50	75	11						
300	25	40	65	0	12					
350	20	35	55	90	5					
400	15	30	50	80	10	120				
450	15	25	40	70	5	110				
500	15	25	40	60	95	95	12			
550	10	20	35	55	85	90	5			
600	10	20	30	50	75	80	11	125		
650	10	20	30	45	70	75	0	115		
700	10	15	25	40	60	70	10	110		
750	10	15	25	40	55	65	5	100	125	
800	10	15	25	35	55	60	95	95	115	
850	10	15	20	35	50	55	90	90	110	
900	10	15	20	30	45	50	80	85	100	120
950	10	15	20	30	45	50	75	80	95	115
1000		10	20	30	40	50	70	75	90	110
1200		10	15	25	40	40	70	65	75	90
1400		10	15	25	35	35	65	55	65	80
1600			10	20	30	30	60	50	60	70
1800			10	15	25	25	50	40	50	60
2000			10	15	25	25	45	40	45	55
3000				15	20	15	40	35	30	35
4000				10	20	10	35	20	25	25
				10	10		30			
					10		20			
							15			

Bảng 2-4. Siêu cao đường cong tính theo $h_{\max} = 80 \text{ mm}$
(đường 1000 mm)

R (m) \ V (km/h)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
100	15	25	40	60	80							
150	15	20	30	40	50	70	80					
200	10	15	20	30	40	55	60	65				
250	5	10	15	25	35	40	55	60	80			
300	5	10	15	20	25	35	45	55	65	80		
350	5	10	10	15	25	30	40	45	55	70	80	
400	5	5	10	15	20	25	35	40	50	60	70	80
450	5	5	10	15	20	25	30	35	45	55	60	70
500	5	5	10	10	15	20	25	35	40	50	55	65
550		5	10	10	15	20	25	30	35	45	50	60
600		5	5	10	15	20	20	30	35	40	45	55
650		5	5	10	10	15	20	25	30	35	40	50
700		5	5	10	10	15	20	25	30	35	40	45
750		5	5	10	10	15	20	20	25	30	35	45
800		5	5	5	10	15	15	20	25	30	35	40
850			5	5	10	15	15	20	25	30	35	40
900			5	5	10	10	15	20	20	25	30	35
950			5	5	10	10	15	15	20	25	30	35
1000			5	5	10	10	15	15	20	25	30	30
1100			5	5	5	10	10	15	20	25	25	30
1200			5	5	5	10	10	15	15	20	25	25
1300			5	5	5	10	10	15	15	20	20	25
1400				5	5	10	10	10	15	15	20	25
1500				5	5	5	10	10	15	15	20	20
1600				5	5	5	10	10	10	15	15	20
1700				5	5	5	10	10	10	15	15	20
1800				5	5	5	5	10	10	15	15	20
1900					5	5	5	10	10	15	15	15
2000					5	5	5	10	10	10	15	15

Bảng 2-5. Chiều dài hoà hoãn (đường 1435 mm quốc gia)

ST T	R (m)	Chiều dài hoà hoãn L_0 (m)			
		Đường cao tốc	Cấp I	Cấp II	Cấp III
1	4000	70 - 50 - 40	40 - 30 - 30	30 - 20 - 20	
2	3000	90 - 80 - 60	50 - 40 - 40	40 - 30 - 30	
3	2500	110 - 90 - 70	60 - 50 - 50	50 - 40 - 40	
4	2000	140 - 110 - 90	80 - 70 - 60	60 - 50 - 50	20 - 20 - 20
5	1800	170 - 140 - 110	90 - 80 - 70	70 - 60 - 50	20 - 20 - 20
6	1500	220 - 180 - 140	100 - 90 - 80	80 - 70 - 60	30 - 20 - 20
7	1200	240 - 190 - 150	140 - 120 - 100	100 - 90 - 80	30 - 30 - 30
8	1000	220 - 180 - 140	160 - 140 - 120	120 - 100 - 90	40 - 30 - 30
9	800		170 - 150 - 130	150 - 130 - 120	50 - 40 - 40
10	700		170 - 140 - 120	150 - 130 - 110	60 - 50 - 40
11	600		150 - 130 - 110	140 - 120 - 110	70 - 60 - 50
12	550		150 - 130 - 110	130 - 100 - 100	70 - 60 - 50
13	500		140 - 120 - 110	120 - 100 - 90	80 - 70 - 60
14	450		130 - 110 - 100	120 - 100 - 90	90 - 80 - 70
15	400		130 - 110 - 90	110 - 90 - 80	90 - 80 - 70
16	350		120 - 100 - 90	110 - 90 - 80	80 - 70 - 60
17	300		100 - 90 - 80	100 - 80 - 70	80 - 70 - 60
18	250		100 - 80 - 70	90 - 80 - 70	70 - 60 - 50
19	200		100 - 80 - 70	90 - 80 - 70	70 - 60 - 50

Ghi chú: Chiều dài đường cong hoà hoãn trong bảng ghi 3 số: Trị số lớn, trị số trung gian và trị số nhỏ.

Nói chung tận lượng dùng trị số lớn. Trường hợp khó khăn ở trắc dọc lõm, đoạn xuống dốc lớn và dài, tàu hàng một trong hai hướng đạt gần tốc độ tối đa thì cần dùng trị số lớn. Ở những đoạn tàu hàng tốc độ đạt trị số trung bình có thể dùng trị số trung gian. Ở đoạn trắc dọc lồi, các đoạn nằm sát trắc dọc lồi, tốc độ tàu hàng cả hai hướng chỉ bằng tốc độ tính toán nhỏ nhất thì có thể dùng trị số nhỏ.

Bảng 2-6. Chiều dài hoà hoãn (đường 1000 mm)

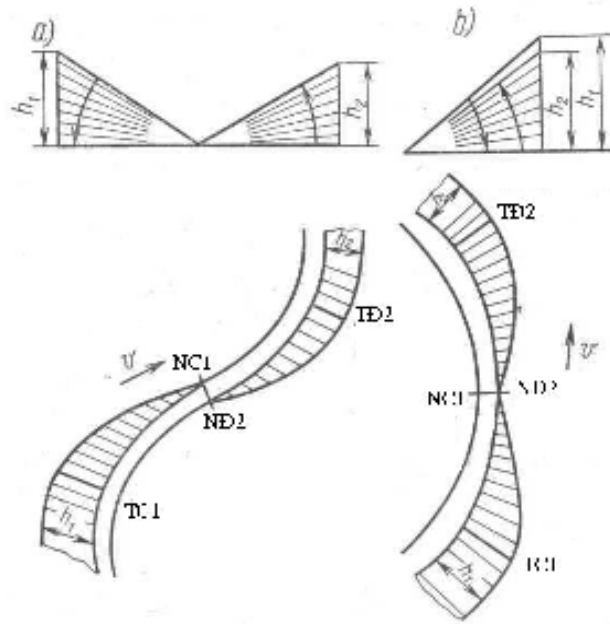
ST T	R (m)	Chiều dài đường cong hoà hoãn L_0 (m)		
		Đường chủ yếu	Đường thứ yếu	Đường chuyên dụng
1	1000	30 - 20		
2	900	30 - 20		
3	800	40 - 30 - 20		
4	700	40 - 30 - 20		
5	600	50 - 40 - 30		
6	550	50 - 40 - 30		
7	500	60 - 50 - 40	20 - 10	20 - 10
8	45	60 - 50 - 40	30 - 20	30 - 20
9	400	60 - 50 - 40	30 - 20	30 - 20
10	35	60 - 50 - 40	30 - 20	30 - 20
11	300	60 - 50 - 40	30 - 20	30 - 20
12	250	60 - 50 - 40	40 - 30	40 - 30
13	200	50 - 40 - 30	40 - 30	40 - 30
14	150	40 - 30	40 - 30	40 - 30
15	100		40 - 30	40 - 30

2.1.4. Đoạn thẳng giữa hai đường cong.

Khi thiết kế bình diện đường sắt trong những trường hợp khó khăn thường phải bố trí đường cong liên tiếp nhau và đoạn thẳng giữa hai đường cong rất ngắn thậm chí là không có. Chuyển động của đoàn tàu qua những đường cong này không được êm thuận, an toàn, làm xuất hiện những dao động của đầu máy toa xe và gắn liền với nó là gia tốc gây bất tiện cho hành khách, cũng như làm xuất hiện những lực gây bất lợi đến tác động qua lại giữa đầu máy toa xe và đường. Vì vậy đoạn thẳng giữa hai đường cong phải đủ dài để dao động tắt dần và ổn định trước khi đoàn tàu vào đường cong tiếp theo.

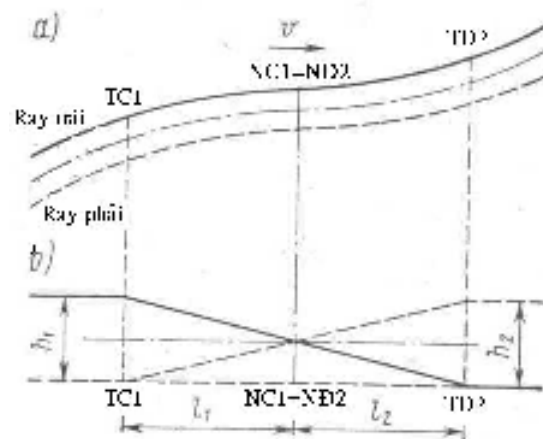
Khi chuyển động trên đường cong hoà hoãn do vượt siêu cao ray ngoài làm quay đầu máy toa xe quanh trục dọc của nó. Trên những đường cong ngược chiều sự quay này vẫn tiếp tục cùng một hướng khi chạy từ đường cong này sang đường cong khác (xem hình 2.9a). Khi không có đoạn thẳng ở giữa hai đường cong trái chiều sự quay nói trên không bị gián đoạn và vẫn đảm bảo độ êm thuận chuyển động.

Trong trường hợp hai đường cong cùng chiều hướng quay của đầu máy toa xe khi chuyển từ đường cong này sang đường cong khác thay đổi (xem hình 2.9b), vì vậy để đảm bảo độ êm thuận của chuyển động cần đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong với chiều dài cần thiết.



Hình 2.9. Chuyển vị góc của đầu máy toa xe theo trục dọc khi chuyển động qua các đường cong a. ngược chiều b. cùng chiều

Ở một số nước như Đức, Áo người ta thường nối các đường cong ngược chiều mà không cần đoạn thẳng đệm, lúc này vượt siêu cao được thực hiện trên cả hai ray (xem hình 2.10) giống như ở các nước Liên Xô cũ dùng trong hầm và đường tàu điện ngầm.



Hình 2.10. Sơ đồ nối các đường cong ngược chiều không có đoạn thẳng đệm và vượt siêu cao theo cả hai ray
a. bình diện b. trắc dọc đỉnh ray

Phân tích tài liệu của nước ngoài thấy rằng với đường cong ngược chiều nếu đủ đặt đoạn thẳng đệm nên thiết kế đoạn thẳng đệm, nếu đoạn thẳng đệm quá ngắn thì bỏ đoạn thẳng đệm và kéo dài đường cong chuyển tiếp sẽ có lợi hơn.

Để xác định chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong hoà hoãn người ta thường dùng công thức sau:

$$d = \frac{V}{n}$$

Trong đó: d - chiều dài đoạn thẳng đệm, m

V - vận tốc chạy tàu, km/h

n - hệ số thường dùng trên đường sắt của các nước: $n = 2 \div 5$

Công thức trên nhận được từ điều kiện tắt dần các dao động ngang sau q chu kỳ với tần số dao động riêng q_1 .

$$d = \frac{Vq}{3,6q_1}$$

Trong đó $q = 2 \div 3$ và $q_1 = 1,5 \div 2,5$ Hz ; $n = 2 \div 4,5$.

Trong thực tế thiết kế của ta hiện nay khi hai đường cong cùng chiều mà đoạn thẳng đệm thiếu và hai bán kính có trị số như nhau có thể làm thành một đường cong. Nếu mức chênh siêu cao của hai đường cong nhỏ hơn hay bằng giới hạn nào đó (thí dụ nhỏ hơn hay bằng siêu cao của đường cong có $R = 2000\text{m}$) thì có thể trực tiếp nối chúng với nhau.

$$\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \leq \frac{1}{2000}$$

Trường hợp ngược lại thì phải dùng đường cong chuyển tiếp để nối hai đường cong đó với nhau và chiều dài đường cong chuyển tiếp này là

$$L = \frac{h_2 - h_1}{1000i}$$

Trong đó:

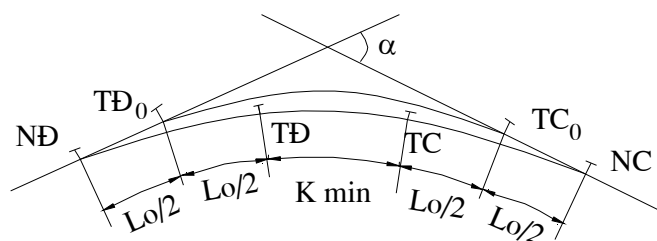
h_1, h_2 - siêu cao của đường cong

i - độ vượt dốc siêu cao tính theo V_{\max} của đường cong có bán kính nhỏ hơn.

Quy định về chiều dài đoạn thẳng đệm giữa hai đường cong cùng chiều và ngược chiều được đưa ra trong các quy phạm thiết kế kỹ thuật đường sắt khổ 1435 mm và 1000 mm.

2.1.5. Góc quay nhỏ nhất.

Thực tế thiết kế bình diện đường sắt có thể góc quay α rất nhỏ khi đó chiều dài đường cong không lớn. Trường hợp cần đặt đường cong hoà hoãn cần kiểm tra xem có đặt được hay không.



Hình 2-11. Đoạn cong tròn K_{\min} có siêu cao không đổi

Để đặt được đường cong hoà hoãn cần có điều kiện:

$$\alpha^0 \geq \frac{180}{\pi R} (L_0 + K_{\min}) = \frac{57,3}{R} (L_0 + K_{\min}) \quad (2-7)$$

Trong đó: K_{\min} - chiều dài đường cong tròn nhỏ nhất cần thiết để đoàn tàu chuyển động được êm thuận, lớn hơn cự ly cứng nhắc lớn nhất của toa xe, thường $K_{\min} = 14$ m cho đường 1435 mm và đường 1000 mm.

Trường hợp biết α , L cần tìm bán kính nhỏ nhất để đặt được đường cong hoà hoãn:

$$R \geq \frac{57,3}{\alpha^0} (L_0 + K_{\min}) \quad (\text{m})$$

Trường hợp biết α , R cần tìm chiều dài đường cong hoà hoãn lớn nhất:

$$L_0 \leq \frac{R\alpha^0}{57,3} - K_{\min} \quad (\text{m})$$

Trên đường 1435 mm và đường 1000 mm khi bán kính lớn hơn trị số sau thì không cần đặt hoà hoãn:

Biểu 2-7. Giới hạn về bán kính R không cần đặt hoà hoãn

Cấp đường	Đường 1435 mm	Đường 1000 mm

	Quốc gia	Chuyên dụng	Quốc gia	Chuyên dụng
I	> 4000	> 2000	>1000 (chủ yếu)	> 500
II	> 4000	> 1000	>500 (thứ yếu)	
III	>1000	>1000		

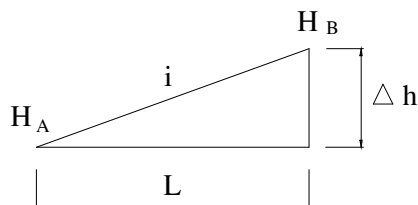
2.2 NHỮNG YẾU TỐ TRẮC DỌC ĐƯỜNG SẮT.

2.2.1. Khái niệm chung.

Các yếu tố trắc dọc đường sắt được xác định bởi trị số dốc, chiều dài dốc và phương pháp nối chúng tại các điểm giao cắt.

Trị số dốc có đơn vị ‰ là tỷ số giữa hiệu số cao độ (m) và chiều dài theo hình chiếu bằng của hai điểm ngoài cùng.

$$i = \operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta h}{L} \text{ ‰} \quad (2-8)$$



Hình 2-12. Dốc dọc i

Chiều dài yếu tố trắc dọc là chiều dài dốc tính theo hình chiếu bằng.

Điểm giao cắt của các yếu tố trắc dọc liền nhau được gọi là điểm đổi dốc.

2.2.2. Phân loại dốc trắc dọc.

Khi thiết kế đường sắt người ta phân ra:

a. Các dốc giới hạn: độ dốc lớn nhất của các yếu tố trắc dọc, bao gồm dốc hạn chế i_p , dốc cân bằng i_{cb} , dốc gia cường i_{gc} , dốc quán tính i_j .

b. Các dốc thiết kế (các dốc vận doanh): Dốc thực tế i_{tt} , dốc trung bình i_{tb} (hay còn gọi là dốc nắn thẳng trong tính sức kéo), dốc tương đương lực cản đường cong i_r , dốc dẫn xuất i_k , dốc có hại i_{ch} và dốc vô hại i_{vh} .

2.2.3. Dốc hạn chế i_p .

1. Định nghĩa: Dốc hạn chế là dốc lớn nhất có chiều dài không hạn chế mà trên đó tàu hàng với khối lượng tính toán Q do một đầu máy kéo lên dốc với vận tốc đều và bằng vận tốc tính toán của đầu máy V_p .

Dốc hạn chế và khối lượng đoàn tàu có quan hệ sau:

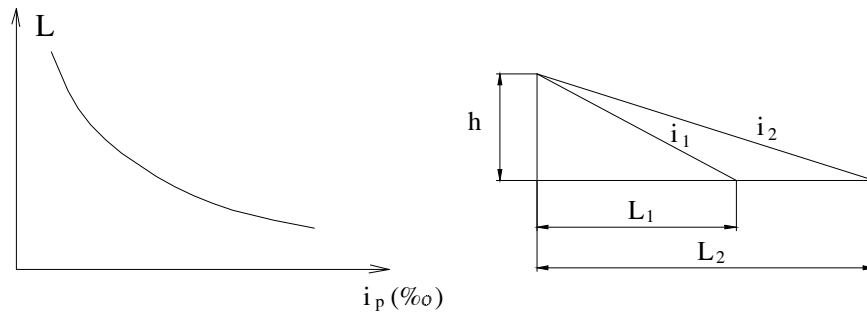
$$i_p = \frac{F_{kp} - (Pw'_0 + Qw''_0)g}{(P + Q)g} \% \quad (2-9)$$

Trong đó các ký hiệu được trình bày ở chương 1.

Tuyến đường sắt Hà Nội - Hải Phòng, Hà Nội - Lạng Sơn, Hà Nội - Lào Cai, Hà Nội - Sài Gòn (năm 1895 - 1933) đều thiết kế tuyến với dốc $i_p = 6\%$.

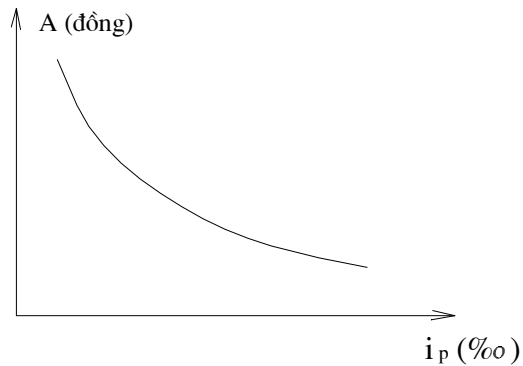
2. Ảnh hưởng của độ dốc hạn chế tới một số chỉ tiêu.

Ảnh hưởng của i_p tới chiều dài tuyến: độ dốc hạn chế càng nhỏ thì chiều dài tuyến càng ngắn: $i_1 > i_2 \rightarrow L_1 < L_2$.



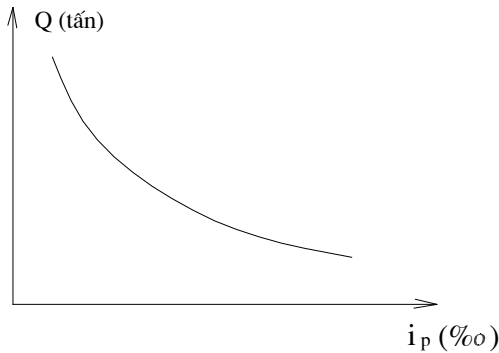
Hình 2-13. $L = f(i_p)$

Ảnh hưởng của i_p tới công trình phí: vì khối lượng cầu cống đất đá, kết cấu tầng trên... tỷ lệ với chiều dài tuyến, do đó i_p càng nhỏ thì công trình phí càng lớn và ngược lại.



Hình 2-14. $A = f(i_p)$

Ảnh hưởng của i_p tới khối lượng đoàn tàu: qua công thức nhận thấy cùng một đầu máy, dốc i_p càng lớn thì khối lượng kéo được càng giảm.



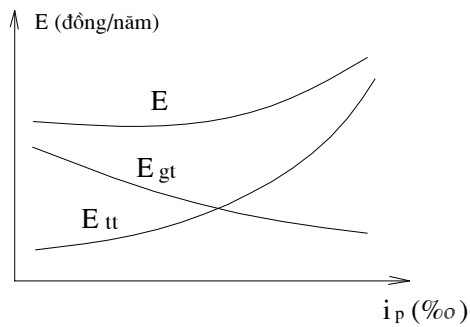
Hình 2-15. $Q = f(i_p)$

Ảnh hưởng của i_p tới vận doanh phí E:

$$E = E_{tt} + E_{gt} \text{ (đồng/năm)}$$

Trong đó: E_{tt} - vận doanh phí trực tiếp (các chi phí tỷ lệ với số lượng chuyển động của đoàn tàu)

E_{gt} - vận doanh phí gián tiếp (các chi phí trông nom bảo quản các kết cấu cố định)



Hình 2-16. $E = f(i_p)$

Nhận xét: - i_p có vai trò rất quan trọng trong thiết kế.

- A và E có quan hệ ngược nhau với i_p .

3. Yếu tố quyết định chọn i_p .

Chọn i_p căn cứ vào:

- Ý nghĩa tuyến đường.
- Khối lượng và mức độ phát triển hàng hoá chuyên chở.
- Điều kiện địa hình.
- Độ dốc i_p của mạng lưới đường sắt.

4. Trị số lớn nhất và nhỏ nhất của i_p .

Trị số lớn nhất của dốc hạn chế i_{pmax} phụ thuộc vào:

- Khối lượng đoàn tàu khi lên dốc hạn chế

b. Vận tốc chạy tàu khi xuống dốc theo điều kiện hãm.

Ở Việt Nam quy định với đường 1000 mm, đường chủ yếu $i_{pmax} = 12\%$.

đường thứ yếu $i_{pmax} = 20\%$

Biểu 2-1. Độ dốc hạn chế lớn nhất của đường sắt i_{pmax}

Khổ đường	Cấp đường	Độ dốc lớn nhất	
		Dốc hạn chế (A)	Độ dốc thêm sức kéo
1435 quốc gia	I, II	12	20
	III	20	25
1000 quốc gia	chủ yếu	12	22
	thứ yếu	20	30

Trị số nhỏ nhất của dốc hạn chế i_{pmin} phụ thuộc vào điều kiện khởi động của đoàn tàu, để đoàn tàu khởi động được thì $Q \leq Q_{kd}$ hay là

$$\frac{F_{kp} - P(w'_0 + i_{pmin})g}{(w''_0 + i_{pmin})g} = \frac{F_{kdd}}{(w_{kd} + i_{k(kd)})g} - P$$

$$\text{Từ đó: } i_{pmin} = \frac{F_{kp}}{F_{kdd}} (w_{kd} + i_{k(kd)}) - \frac{Pg}{F_{kdd}} (w_{kd} + i_{k(kd)}) \cdot (w'_0 - w''_0) - w''_0 \quad (2-10)$$

Phân tích biểu thức trên nhận thấy rằng i_{pmin} đạt trị số nhỏ nhất khi $i_{k(kd)} = 0$ và nó phụ thuộc loại đầu máy (tức là phụ thuộc $\frac{F_{kp}}{F_{kdd}}$ và $\frac{Pg}{F_{kdd}}$) và loại toa xe (tức là phụ thuộc w_{kd} , w''_0).

Ở chương 1 ta có lực cản khi tàu khởi động $w_{kd} = 4$ (N/KN)

Như vậy với tình hình đầu máy toa xe hiện tại, để đảm bảo đoàn tàu khởi động được thì dốc hạn chế nhỏ nhất $i_{pmin} = 4\%$. ở Việt Nam lấy $i_{pmin} = 4\%$.

Tương lai, đầu máy toa xe lắp ổ bi đũa, trở lực khởi động thấp, ta có thể dùng $i_{pmin} < 4\%$.

2.2.4. Dốc cân bằng i_{cb} .

a. Điều kiện sử dụng dốc cân bằng i_{cb} .

Thực tế thiết kế một tuyến đường có thể gặp luồng hàng hai chiều chênh lệch nhau rõ rệt và điều đó được thể hiện bởi hệ số chênh lệch K

$$K = \frac{G_{ih}\gamma_{ih}}{G_{nh}\gamma_{nh}} \ll 1 \quad (2-11)$$

Trong đó:

G_{ih}, G_{nh} - lượng hàng vận chuyển của chiều ít hàng và chiều nhiều hàng.

γ_{ih}, γ_{nh} - hệ số ba động (hệ số vận chuyển không đều trong năm của chiều ít hàng và chiều nhiều hàng).

$$\gamma = \frac{g_{\max}}{g_{tb}} > 1, \text{ thường } \gamma = 1,1 \div 1,2$$

g_{\max} - lượng hàng vận chuyển của tháng lớn nhất trong năm.

g_{tb} - lượng hàng vận chuyển trung bình của các tháng trong năm.

Hệ số K tính trong khoảng thời gian khai thác tính toán (năm 2, 5, 10).

Nếu địa hình cho phép và K ổn định trong một thời gian dài thì người ta sẽ thiết kế cho mỗi chiều một độ dốc hạn chế và dốc hạn chế của chiều ít hàng được gọi là dốc cân bằng.

Hiệu quả sử dụng dốc hạn chế khác nhau cho mỗi chiều là ở chỗ chiều ít hàng dùng dốc cân bằng (dốc hạn chế lớn hơn) sẽ làm giảm chiều dài tuyến và giá thành xây dựng.

b. Định nghĩa dốc cân bằng i_{cb} .

Dốc cân bằng là dốc lớn nhất có chiều dài không hạn chế của chiều ít hàng mà trên đó đoàn tàu với số toa của chiều nhiều hàng nhưng khối lượng nhỏ hơn được kéo lên dốc do một đầu máy dùng chung cho cả chiều nhiều hàng với vận tốc bằng vận tốc tính toán nhỏ nhất V_p .

Người ta tính $i_{cb\max}$ xuất phát từ điều kiện đoàn tàu chuyển động đều trên dốc cân bằng với vận tốc V_p .

Ta có: $F_{kp} = W_{nh} = W_{ih}$

Hay là $F_{kp} = Pg(w'_0 + i_p) + gQ_{nh}(w''_{0nh} + i_p) = Pg(w'_0 + i_{cb\max}) + gQ_{ih}(w''_{ih} + i_{cb\max})$

$$\text{Từ đó } i_{cb\max} = \frac{F_{kp} - (Pw'_0 + Q_{ih}w''_{0ih})g}{(P + Q_{ih})g} \quad (2-$$

12)

Khối lượng đoàn tàu của chiều ít hàng được tính theo công thức sau:

$$Q_{ih} = n(K\alpha q_{tt} + q_{bi}) \quad (\text{tấn})$$

Trong đó:

n - số toa trong đoàn tàu

α - hệ số chất hàng

q_{tt}, q_{bi} - khối lượng hàng tính toán và khối lượng bì của một toa.

Phụ thuộc vào địa hình của chiều ít hàng người ta chọn i_{cb} trong khoảng

$$i_p < i_{cb} < i_{cbmax}$$

$$\text{Thông thường } i_{cb} \geq i_p + 3\% \quad (2-13)$$

Nói chung, đường sắt cấp I khổ 1435, đường sắt chủ yếu khổ 1000 mm không được dùng dốc cân bằng. Trong trường hợp bắt buộc phải dùng thì phải được Bộ Giao thông vận tải duyệt.

Tuyến đường sắt Cầu Giát - Nghĩa Đàn (Nghệ An) thiết kế tuyến dùng dốc cân bằng $i_{cb} = 11\%$ và $i_p = 6\%$.

2.2.5. Dốc gia cường i_{gc} .

Trên những đoạn gập địa thế cao liên tiếp để giảm chiều dài tuyến cho phép dùng dốc lớn hơn dốc hạn chế và phải tăng đầu máy.

Định nghĩa i_{gc} : Dốc gia cường là dốc giới hạn lớn hơn dốc hạn chế, tàu vượt qua do nhiều đầu máy kéo lên dốc với khối lượng Q.

Công thức tính toán xuất phát từ giả thiết tàu chuyển động đều trên dốc gia cường:

$$\Sigma F_{kp} = W = W' + W'' = W'_0 + W'_{igc} + W''_0 + W''_{igc}$$

$$\text{Hay là } \Sigma F_{kp} = \Sigma Pgw'_0 + \Sigma Pgi_{gc} + Qgw''_0 + Qgi_{gc}$$

Nếu các đầu máy khác loại thì

$$i_{gc} = \frac{\Sigma F_{kp} - \Sigma Pgw'_0 - Qgw''_0}{(\Sigma P + Q)g} \quad (\%)$$

Nếu các đầu máy cùng loại thì

$$i_{gc} = \frac{nF_{kp} - nPgw'_0 - Qgw''_0}{(nP + Q)g} \quad (\%)$$

ở đây n - số đầu máy trong đoàn tàu.

Nếu sử dụng hai đầu máy kéo đoàn tàu thì:

$$i_{gc} = \frac{(1 + \lambda)F_{kp} - 2Pgw'_0 - Qgw''_0}{(2P + Q)g} \quad (\%) \quad (2-14)$$

ở đây λ - hệ số sử dụng đầu máy thêm,

$\lambda = 0,95$ khi đầu máy thứ hai ở đầu và ở giữa đoàn tàu

$\lambda = 0,90$ khi đầu máy thứ hai ở cuối đoàn tàu.

Lưu ý:

- Ứng với mỗi trị số i_p có một trị số i_{gc} vì Q được tính theo i_p .

- Trong Quy phạm thiết kế đường sắt ứng với mỗi i_p người ta đưa ra i_{gc} tương ứng.

Biểu 2-2. Dốc lớn nhất 2 đầu máy kéo i_{gc}

Đốc hạn chế (%)	đường 1435 mm			đường 1000 mm
	Hơi nước	Điêzen	Điện	Hơi nước
4	8,5	8,5	8,5	8,5
6	12,0	12,5	13,0	12,0

Các khu gian tuyến đường sắt : Đồng Mô - Bản Thí (Lạng Sơn), Ghềnh - Bim Sơn (Thanh Hoá) đã thiết kế đốc gia cường với trị số đốc $i_{gc} = 12\%$.

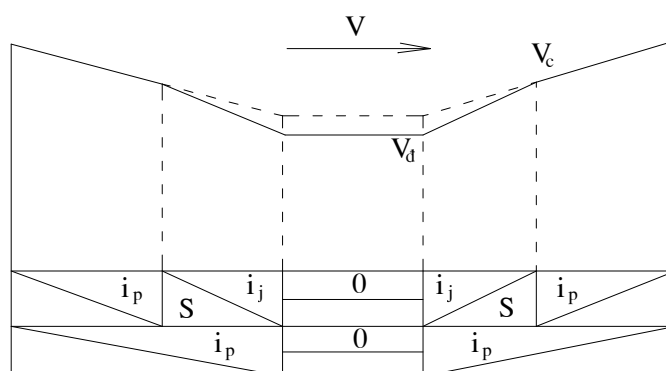
2.2.6. Đốc quán tính i_j .

Ngoài những chỗ lên cao liên tiếp, nhiều khi gặp những đoạn cục bộ có thể giảm được khối lượng đào đắp thì người ta sử dụng đốc quán tính.

Định nghĩa i_j : Đốc quán tính là đốc giới hạn lớn hơn đốc hạn chế i_p , tàu vượt qua do công của đầu máy và do động năng dự trữ được.

Đốc quán tính được sử dụng có hiệu quả trong trường hợp khi trước khi lên đốc i_j có đoạn tàu xuống đốc với vận tốc lớn và đạt được động năng dự trữ lớn.

Khác với các đốc giới hạn khác, đốc quán tính có chiều dài giới hạn do vậy ta phải giải quyết hai bài toán, đó là tính chiều dài đốc quán tính khi biết trị số đốc quán tính i_j và ngược lại.



Hình 2-17. Đốc quán tính.

Hai bài toán trên được giải quyết dựa vào định luật "sự biến đổi động năng bằng công tích lũy được của đầu máy", cụ thể là:

$$\Delta T = R_m - R_c - R_h$$

Trong đó:

ΔT - lượng biến đổi động năng

$$\Delta T = T_c - T_d = m \frac{V_c^2}{2} - m \frac{V_d^2}{2} = m \frac{V_c^2 - V_d^2}{2}$$

$$= 1000(P + Q)\left(\frac{1000}{3600}\right)^2 \left(\frac{V_c^2 - V_d^2}{2}\right) = 41,7(P+Q)(V_c^2 - V_d^2)$$

Ở đây V (km/h) đổi ra m/s; (P+Q) (tấn) đổi ra kg.

R_m - công cơ học của đầu máy : $R_m = F_{ktb} \cdot S$

R_c - công cơ học của lực cản : $R_c = (P+Q)g \cdot w_{0tb} \cdot S$

R_h - công tích lũy thế năng: $R_h = (P+Q)g \cdot (H_c - H_d) \cdot 10^3 = (P+Q)g \cdot \Delta h \cdot 10^3$

do $\Delta h = i_j \cdot S \rightarrow R_h = (P+Q)g \cdot i_j \cdot S$

V_d, V_c - vận tốc đầu và vận tốc cuối trên dốc i_j ; $V_c \geq V_p$

Ta có:

$$41,7(P+Q)(V_c^2 - V_d^2) = F_{ktb} \cdot S - (P+Q)g \cdot w_{0tb} \cdot S - (P+Q)g \cdot i_j \cdot S$$

$$\text{Từ đó: } i_j = f_{ktb} + \frac{4,17(V_d^2 - V_c^2)}{S} - w_{0tb} \quad (\%) \quad (2-15)$$

Hay ngược lại:

$$S = \frac{4,17(V_d^2 - V_c^2)}{w_{0tb} + i_j - f_{ktb}} \quad (\text{m}) \quad (2-16)$$

i_j ; S - Dốc quán tính và chiều dài đoạn dốc đó.

Ví dụ: Đoàn toa xe có khối lượng 4700 tấn xác định theo điều kiện chuyển động đều trên dốc hạn chế i_p với vận tốc lâm giới $V_p = 24$ km/h, được kéo bởi đầu máy 2TE10L có khối lượng 258 tấn. Vận tốc đoàn tàu tại chân dốc là 60 km/h và đoạn lên dốc có chiều dài 2100m. Tính độ dốc quán tính lớn nhất biết

$$F_{ktb} = 302148\text{N}; w_{0tb} = 1,8 \text{ N/KN}$$

Giải:

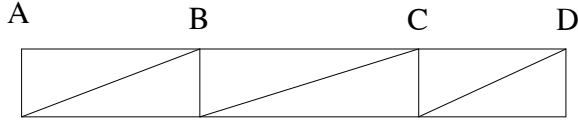
$$\begin{aligned} i_j &= f_{ktb} + \frac{4,17(V_d^2 - V_c^2)}{S} - w_{0tb} \\ &= \frac{302148}{(4700 + 258) \cdot 9,81} + \frac{4,17(60^2 - 24^2)}{2100} - 1,8 = 10,3 \text{ ‰} \end{aligned}$$

Đường khôi phục hay cải tạo, vì dẫn đến khối lượng cải tạo lớn có thể có dốc cá biệt lớn hơn i_p tức lợi dụng động năng để vượt.

Đường sắt khổ 1435, khổ 1000, đường chuyên dùng làm mới nói chung không được thiết kế dốc lớn hơn dốc hạn chế bằng cách lợi dụng động năng của đoàn tàu.

2.2.7. Dốc vận doanh (dốc thiết kế).

a. Dốc thực tế i_{tt} : là dốc thiết kế của một yếu tố trắc dọc.



$$i_{ttAB} = \frac{H_B - H_A}{L} \quad (\%) \quad (2-17)$$

Trong đó:

H_A - cao độ điểm đầu

H_B - cao độ điểm cuối

L - chiều dài yếu tố trắc dọc

b. Dốc trung bình i_{tb} : là dốc của một đoạn giữa hai điểm cho trước mà không xét đến những điểm trung gian.

$$i_{tbAD} = \frac{H_D - H_A}{\Sigma L} \quad (\%) \quad (2-18)$$

Trong đó: ΣL - chiều dài các yếu tố giữa hai điểm cho trước.

c. Dốc tương đương với lực cản đường cong i_r : khi tàu qua đường cong chịu lực cản do đường cong w_r gây nên, vì vậy có thể thay lực cản w_r tương đương với độ dốc i_r . Trị số:

$$w_r = i_r$$

d. Dốc dẫn xuất i_k (dốc tính đối): là tổng đại số của dốc thực tế và dốc tương đương với lực cản đường cong:

$$i_k = \pm i + i_r \quad (2-19)$$

Trong đó:

i (+) khi tàu lên dốc

i (-) khi tàu xuống dốc

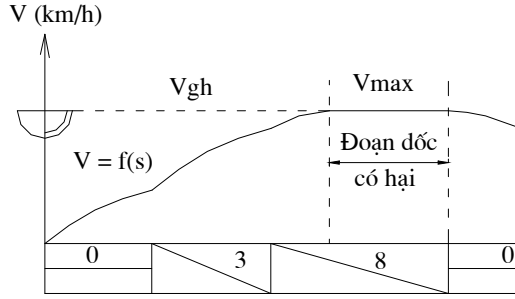
i_r (+) vì lực này ngược chiều chuyển động.

e. Dốc có hại i_{ch} và dốc vô hại i_{vh} .

Khi tàu xuống dốc tốc độ tăng lên, dốc lớn và dài tốc độ tăng càng nhanh. Để tốc độ đoàn tàu không vượt quá tốc độ cho phép chạy trên dốc đó phải hãm tàu.

Đoạn dốc phải hãm để giảm vận tốc làm hao mòn bánh xe đầu máy toa xe và đường ray được gọi là dốc có hại i_{ch} .

Nếu tàu xuống dốc mà không phải hãm gọi là dốc vô hại i_{vh} .



Hình 2-18. Đoạn dốc có hại

Có thể tìm i_{vhmax} từ điều kiện chuyển động đóng máy với vận tốc $V_{max}=V_{gh}$ ta có:

$$W_d = W'_{0d} + W_i = 0$$

$$Pgw'_{0d} + Qgw''_0 + i_{vhmax}(P+Q)g = 0$$

từ đó: $i_{vhmax} = - \frac{w'_{0d} P + w''_0 Q}{P + Q} \quad (\%)$

Trong thực tế thiết kế sơ bộ lấy $i_{vhmax} = 4\%$. Muốn biết chính xác đoạn dốc nào là có hại phải vẽ đường cong $V = f(S)$.

Nói chung, đoạn dốc có hại có $i > 4\%$ và $H > 10m$.

2.2.8. Chiều dài các yếu tố trắc dọc.

Để khối lượng công trình (công tác đất, công trình nhân tạo ...) cần thiết kế những yếu tố trắc dọc ngắn có độ dài khác nhau để bám sát địa hình. Tuy nhiên sẽ gặp nhiều nhược điểm trong khai thác vì khi đoàn tàu chuyển động từ yếu tố này sang yếu tố khác lực cản phụ do dốc thay đổi dẫn đến hợp lực tác dụng vào đoàn tàu cũng thay đổi và do đó xuất hiện lực dọc và gia tốc dọc làm ảnh hưởng đến độ bền của toa xe và tiện nghi cho hành khách.

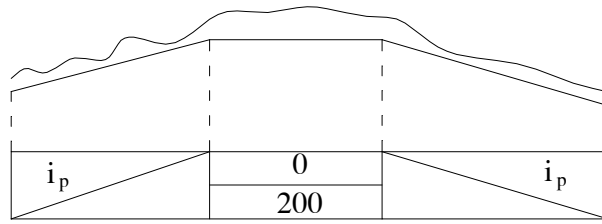
Ảnh hưởng lực hãm tới trị số của lực dọc trong đoàn tàu không phải là các điểm đổi dốc riêng biệt mà là hình dạng của trắc dọc. Khi đoàn tàu nằm đồng thời trên các điểm đổi lồi lõm (hoặc là lõm lồi) thì trong đoàn tàu lực dọc thay đổi lớn làm ảnh hưởng đến hàng hoá, hành khách và đầu máy toa xe. Vì vậy dưới một đoàn tàu

không nên có quá một điểm đổi dốc hay là $l_d > l_t$. Trường hợp khó khăn $l_d \geq \frac{L_t}{2}$ tức

lúc này tàu nằm trên hai điểm đổi dốc nhưng dù khó khăn thế nào thì $l_d \geq 200m$ vì có giảm l_d nữa thì khối lượng công trình cũng không giảm được là bao nhiêu.

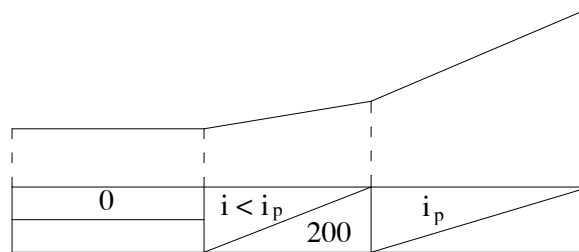
Các trường hợp dùng dùng dốc có $l_d = 200m$:

a. Đoạn bằng chia dốc trên hình lồi.



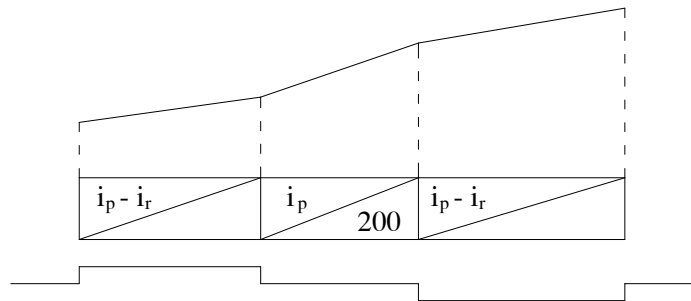
Hình 2-19. $L_d = 200\text{m}$ chia dốc lồi

b. Đoạn dốc hoà hoãn



Hình 2-20. Dốc hoà hoãn

c. Đoạn tranh thủ đi hết dốc hạn chế



Hình 2-21. Đi dốc i_p

Biểu 2-3. Chiều dài ngắn nhất của đoạn dốc (m)

Khổ đường	Độ dốc hạn chế Cấp đường	4	5 - 6	7 - 8	9	10-12	13-20	21-25
1435 mm quốc gia	I II	500	400	400	400	350	350	
		350	300	250	200	200	200	200
1000 mm	chủ yếu	350	300	250	200	200	200	
	thứ yếu	250	200	200	150	150	150	150

2.2.9. Nội các yếu tố trắc dọc.

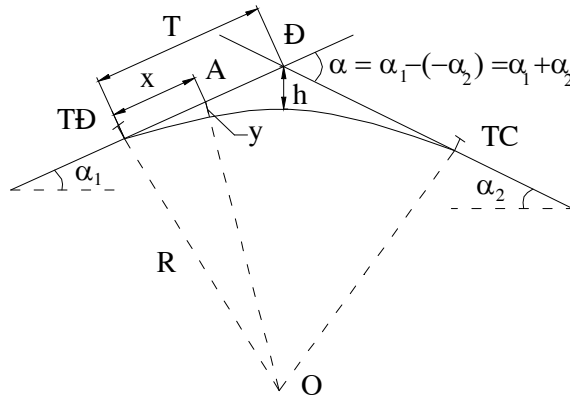
Muốn tàu chạy an toàn và êm thuận khi qua điểm đổi dốc cần nối hai yếu tố trắc dọc. Có hai cách nối:

1. Nối bằng đường cong tròn.

Bán kính đường cong nối dốc đứng được xác định như sau:

$$R_d = \frac{V_{\max}^2}{3,6 \cdot a_d} \quad (\text{m})$$

Theo kinh nghiệm khai thác để hành khách không khó chịu khi chịu gia tốc thẳng đứng khi tàu qua điểm đổi dốc, ở Nga lấy $a_d = 0,2 \div 0,3 \text{ m/s}^2$, từ đó $R_d = 15000; 10000; 5000; 3000$ tùy thuộc cấp đường, ở Đức và Áo $R_d = (0,25 \div 0,4)V_{\max}^2$, ở Nhật Bản trên đường sắt Tôkaidô $R_d = 10000\text{m}$; ở Pháp trên đường cao tốc $R_d = 20000\text{m}$, còn ở nước ta trên đường chủ yếu (khổ 1000 mm), đường cấp 1, 2 (khổ 1435 mm) lấy $R_d = 10000\text{m}$, còn lại lấy $R_d = 5000\text{m}$.



Hình 2-22. Đường cong đứng

Từ hình vẽ theo quan hệ hình học ta có:

$$T_d = R_d \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}; \text{ vì } \alpha \text{ nhỏ nên } \text{tg} \frac{\alpha}{2} \approx \frac{1}{2} \text{tg} \alpha$$

$$\text{nên } T_d = \frac{R_d}{2} \text{tg} \alpha$$

Mặt khác $\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ nên

$$\text{tg} \alpha = \frac{\text{tg} \alpha_1 - \text{tg} \alpha_2}{1 + \text{tg} \alpha_1 \text{tg} \alpha_2}$$

Do α_1, α_2 nhỏ nên $\text{tg} \alpha_1 \text{tg} \alpha_2 \approx 0$, đặt $\text{tg} \alpha_1 = i_1$; $\text{tg} \alpha_2 = i_2$ ta có:

$$T_d = \frac{R_d}{2} \cdot \frac{i_1 - i_2}{1000} = \frac{R_d \Delta i}{2000}$$

Ở đây Δi - hiệu số đại số các dốc liền nhau.

Nếu $R_d = 10000\text{m}$ thì $T_d = 5\Delta i$ (m)

Nếu $R_d = 5000\text{m}$ thì $T_d = 2,5\Delta i$ (m)

Xét tam giác vuông TĐ,A,O có

$$(y+R_d)^2 = x^2 + R_d^2$$

$$y^2 + 2yR_d + R_d^2 = x^2 + R_d^2$$

Vì y nhỏ nên y^2 bỏ qua, do đó

$$2yR_d = x^2 \rightarrow y = \frac{x^2}{2R_d} \text{ (m)}$$

$$\text{khi } x \rightarrow T_d \text{ thì } y \rightarrow h = \frac{T_d^2}{2R_d} \text{ (m)} \quad (2-20)$$

Chú ý: Khi $\Delta i = 3\text{‰}$; $R = 10000\text{m}$ thì $h = 0,011\text{m}$. Như vậy h là một đại lượng rất nhỏ, do vậy chỉ làm đường cong nổi dốc đứng khi $\Delta i > 3\text{‰}$ và $R_d = 10000\text{m}$ hoặc khi $\Delta i > 4\text{‰}$ và $R = 5000\text{m}$.

Ví dụ: Tính chiều sâu đào đất tại điểm đổi dốc B biết cao độ mặt đất thiên nhiên là 350,5 m, cao độ thiết kế là 346,36 m, $i_1 = 5\text{‰}$, $i_2 = -3\text{‰}$, $R_d = 10000$ m.

Giải:

Tại điểm B có:

$$\Delta i = /5 - (-3)/ = 8\text{‰}$$

$$T_d = 5\Delta i = 40 \text{ m}$$

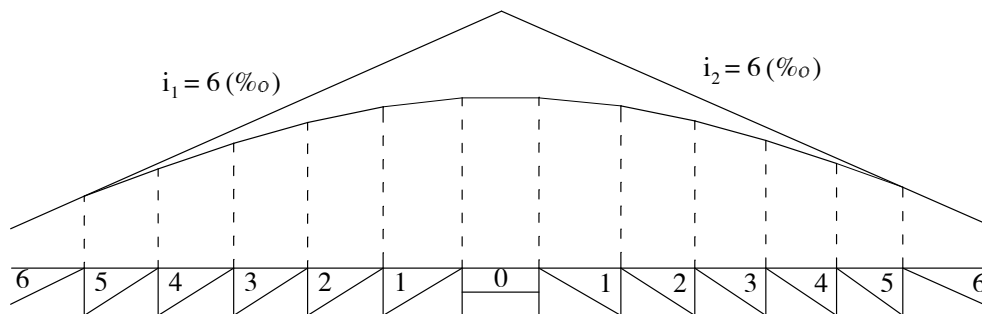
$$h = \frac{T_d^2}{2R_d} = \frac{40^2}{2 \cdot 10000} = 0,08 \text{ m}$$

Cao độ thiết kế tại điểm B sau khi đã bố trí đường cong nổi dốc đứng là 346,36 - 0,08 = 346,28 m

Chiều sâu đào đất tại điểm B là 350,5 - 346,28 = 4,22 m.

2. Nối bằng hình cắt lượn cong.

Đường lượn cong gồm những đoạn thẳng ngắn có độ dốc thay đổi dần dần theo dạng lượn cong.



Hình 2-23. Hình cắt lượn cong

Quy phạm quy định chiều dài các đoạn lượn cong $l_1 \geq 50m$, trường hợp khó khăn $l_1 \geq 25m$ và hiệu trị số độ dốc của các đoạn thẳng lượn cong $\Delta i \leq 1‰$ với đường cấp 1, $\Delta i \leq 1,5‰$ với đường cấp 2, $\Delta i \leq 2‰$ với đường cấp 3.

2.3. PHÂN BỐ ĐIỂM PHÂN GIỚI.

2.3.1. Mục đích phân bố điểm phân giới.

Đảm bảo thông xe liên tục và an toàn số lượng cần thiết các đoàn tàu.

Đảm bảo công tác khai thác: nhận và trả hành khách, hàng hoá, lập tàu, giải thể tàu, nhường tàu, khám và sửa chữa đầu máy toa xe, lấy nhiên liệu, lấy nước, thay tổ lái ...

Để thoả mãn mục đích đó khoảng cách giữa các điểm phân giới phải hợp lý, không được quá ngắn hoặc quá dài.

2.3.2. Phân loại điểm phân giới.

Điểm phân giới có phát triển đường: các ga.

Điểm phân giới không phát triển đường: trạm tín hiệu khi đóng đường bán tự động, các cột tín hiệu thông qua khi đóng đường tự động.

2.3.3. Nội dung phân bố điểm phân giới.

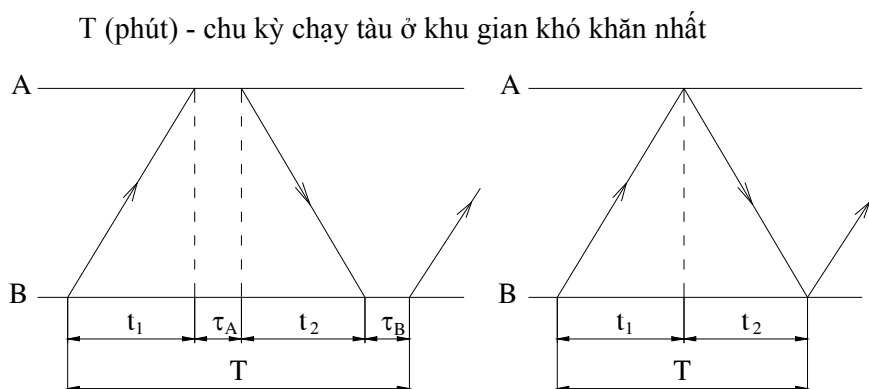
Là đảm bảo khả năng thông qua cần thiết. Đối với đường đơn khả năng thông qua cần thiết được xác định theo thời gian một cặp tàu chiếm dụng một khu gian khó khăn nhất (khu gian khó khăn nhất là khu gian có chu kỳ chạy tàu lớn nhất).

Khả năng thông qua của đường sắt là số tàu hoặc cặp tàu thông qua trong một ngày đêm:

$$N = \frac{1440}{T} \text{ (cặp tàu/ngày đêm)} \quad (2-21)$$

Trong đó:

1440 - số phút trong một ngày đêm



Hình 2-24. Biểu đồ chạy tàu

Chu kỳ chạy tàu là khoảng thời gian cần thiết để thông qua một cặp tàu trên khu gian. Chu kỳ chạy tàu được xác định từ thời điểm gửi đoàn tàu đầu tiên của nhóm ra khu gian đến thời điểm gửi đoàn tàu đầu tiên của nhóm tàu sau ra khu gian cũng theo chiều ấy.

Khi tàu có dừng ở ga:

$$T = t_1 + t_2 + \tau_A + \tau_B \text{ (phút)}$$

Trong đó:

t_1, t_2 - thời gian tàu chạy trên khu gian khó khăn nhất kể cả thời gian tăng thêm khi giảm tốc vào ga, tăng tốc ra ga.

τ_A, τ_B - thời gian tàu dừng ở ga

t_1, t_2 phụ thuộc vào:

- + Loại đầu máy
- + Trọng lượng đoàn tàu
- + Hình dáng bình diện và trắc dọc khu gian
- + Chiều dài khu gian

τ_A, τ_B phụ thuộc vào:

- + Sơ đồ đường trong ga
- + Hệ thống thông tin tín hiệu
- + Tác nghiệp ở ga

Để đảm bảo khả năng thông qua cần thiết thì:

+ Trường hợp tàu có dừng ở ga:

$$t_1 + t_2 = \frac{1440}{N} - (\tau_A + \tau_B) \text{ (phút)} \quad (2-22)$$

+ Trường hợp tàu chạy suốt qua ga:

$$t_1 + t_2 = \frac{1440}{T} \quad (\text{phút}) \quad (2-23)$$

Muốn cho số ga nhường tránh đạt mức tối thiểu cần phải đảm bảo điều kiện tương đương về thời gian (đảm bảo sao cho thời gian chuyển động ở các khu gian như nhau)

2.3.4. Nguyên tắc phân bố điểm phân giới.

Có hai nguyên tắc

1. Phân bố theo tiêu chuẩn thống nhất: được áp dụng đối với tuyến đường quốc gia, cụ thể như sau:

- Nếu có một loại đầu máy thì thống nhất tiêu chuẩn khả năng thông qua N.
- Nếu có nhiều loại đầu máy khác nhau thì thống nhất thời gian tiêu chuẩn tàu chạy trung bình $t_{đi} + t_{về}$ của nhiều đầu máy.

Chú ý: Cũng có khi tiêu chuẩn về thời gian được cho theo một loại đầu máy cụ thể, lúc này điều kiện tương đương về thời gian tàu chạy ở các khu gian được đảm bảo cho đầu máy đó nhưng khi chuyển sang loại đầu máy khác thì điều kiện này dễ bị phá vỡ. Còn phân bố theo thời gian trung bình (của một cây số) thì đối với một loại đầu máy nào đó không đạt được mức độ tương đương cao nhưng khi chuyển sang một loại đầu máy khác thì điều kiện tương đương không bị vi phạm quá đáng.

Qua nghiên cứu quan hệ giữa cự ly và giá thành vận chuyển của tấn/km với các loại đầu máy, các loại thông tin tín hiệu, người ta tìm ra cự ly ga có lợi nhất là $8 \div 12$ km.

Căn cứ vào thời gian tàu chạy và cự ly ga kinh tế nhất người ta quy định thời gian bình quân tàu chạy theo hai chiều với đường khổ 1000 mm không vượt quá 38'.

Dưới đây thông qua cự ly kinh tế người ta quy định thời gian tàu chạy $t_{đi} + t_{về}$ của khu gian theo độ dốc hạn chế i_p với đầu máy điêzen của đường khổ 1435 mm.

Biểu 2-4. $t_{đi} + t_{về}$ theo i_p của đường khổ 1435 mm

i_p (‰)	4 - 5	6 - 7	8 - 9	10 - 12
$t_{đi} + t_{về}$ (phút)	36'	34'	32'	30'

Chú ý:

Nếu trắc dọc giữa hai ga là hình lõm mà nền ga so với khu gian cao hơn hoặc bằng 4m thì thời gian đi về của khu gian có thể tăng thêm 4 phút (do trắc dọc khu gian hình lõm nên khi ra ga có khả năng tăng tốc nhanh chóng).

Tổng số thời gian chạy tàu (cả đi và về) tiêu chuẩn trên hai khu gian ở ga cấp nước phải trừ đi 10', nếu lấy nước một hướng thì trừ đi 8' đối với đường khổ 1000 mm.

Đối với khu gian gần ga khu đoạn và đoàn tàu mỗi hướng của ga khu đoạn đều có tác nghiệp kỹ thuật nên phải trừ đi 6' đối với đường khổ 1000 mm.

Khi tàu chạy trên đường cong còn chịu lực cản do đường cong nên ảnh hưởng đến thời gian chạy tàu, trong quy phạm thiết kế có nêu ảnh hưởng của góc quay tới thời gian kéo dài.

2. Phân bố theo tiêu chuẩn riêng của từng tuyến.

Được áp dụng cho đường sắt địa phương phục vụ cho một vùng kinh tế nhất định, cụ thể là dựa vào khối lượng chuyên chở vào năm thứ 10 để tính ra thời gian tàu chạy $t_{đi} + t_{về}$.

Số đôi tàu hàng cần thiết vào năm thứ 10 là:

$$n_h = \frac{G_{10}}{365Q_H} \quad (\text{đôi tàu/ngày đêm}) \quad (2-24)$$

Khả năng thông qua cần thiết vào năm thứ 10 là:

$$N = (1 + p)(n_h + n_k e_k + n_l e_l) \quad (\text{đôi tàu/ngày đêm}) \quad (2-25)$$

Trong đó:

p - hệ số dự trữ khả năng thông qua $p = 20\%$ với đường đơn

$p = 15\%$ với đường đôi

n_k, n_l - số đôi tàu hàng, tàu kè năm thứ 10

G_{10} - khối lượng hàng vận chuyển yêu cầu năm thứ 10

e_k, e_l - hệ số tính đôi từ tàu khách, tàu lẻ ra tàu hàng: $e_k = 1,2$; $e_l = 1,5$

($e_l = 1,5$ tức là cho 2 chuyến tàu lẻ chạy bỏ qua 3 chuyến tàu

hàng)

Tính thời gian chạy tàu cần thiết vào năm thứ 10:

$$t_d + t_v = \frac{1440}{N} - (\tau_A + \tau_B) \quad (\text{phút})$$

Như vậy biết $t_d + t_v$ ta tiến hành phân bố điểm phân giới.

2.4. YÊU CẦU BÌNH ĐỒ, TRẮC DỌC TẠI ĐIỂM PHÂN GIỚI.

2.4.1. Yêu cầu bình đồ tại điểm phân giới.

Ga nên đặt trên đường thẳng, nếu đặt trên đường cong gặp khó khăn sau:

a. Khó bố trí đặt ghi.

b. Tăng lực cản khởi động (phát sinh w_r).

c. Kéo nhiều tín hiệu phát tàu (giảm tầm nhìn các tín hiệu đường và ghi).

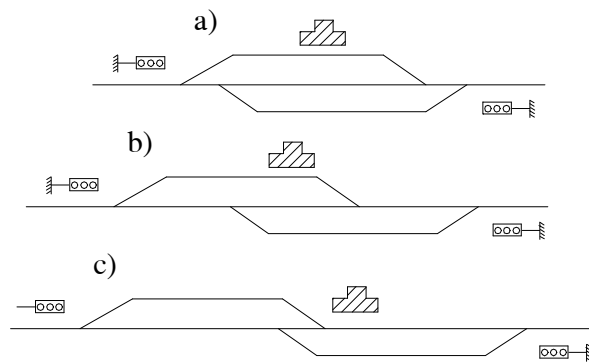
d. Các động tác kỹ thuật khó (khó dồn tàu).

Trường hợp địa hình khó khăn khi mà đặt ga trên đường thẳng làm tăng khối lượng công trình hoặc là làm cho đường bị dài thêm ra cho phép đặt ga trên đường cong có $R \geq 1000$ m.

Ga không nên làm trên đường cong trái chiều (nhất là ga xếp ngang do làm giảm tầm nhìn của tài xế và khó dồn tàu), ga xếp dọc có thể bố trí trên đường cong trái chiều nhưng phải đảm bảo một đoàn tàu nằm vừa trên đó và đảm bảo đủ tầm nhìn để dồn tàu an toàn và để tàu chạy qua ga không phải giảm tốc độ.

Trong ga có thể đặt siêu cao, đường cong hoà hoãn, đường thẳng giữa các đường cong như ở trên khu gian nhưng ghi phải đặt trên đoạn thẳng.

Ga xếp dọc cho khả năng thông qua lớn hơn ga xếp ngang, chọn loại nào tùy theo điều kiện địa hình.



Hình 2-25. Các loại hình ga:

a. Ga xếp ngang; b. Ga nửa dọc nửa ngang; c. Ga xếp dọc

2.4.2. Yêu cầu trắc dọc tại điểm phân giới.

Ga nên đặt trên đoạn bằng, nếu địa hình khó khăn khi mà đặt ga trên đoạn bằng dẫn đến tăng khối lượng công tác nền hoặc làm tuyến dài ra thì cho phép đặt trên dốc nhưng phải đảm bảo các điều kiện sau:

1. Đảm bảo điều kiện khởi động.

$$i_{k(ga)} \leq i_{k(kd)} = \frac{n_d F_{k(kd)}}{(n_d P + Q)g} - w_{kd} \quad (1)$$

Trong đó:

$i_{k(ga)}$ - dốc dẫn xuất của ga

$i_{k(kd)}$ - dốc dẫn xuất khởi động

n_d - số đầu máy kéo

Nếu dùng một đầu máy kéo thì:

$$i_{k(ga)} \leq i_{k(kd)} = \frac{F_{kkd}}{(P+Q)g} - w_{kd}$$

thay $Q_{kd} = Q = \frac{F_{kp} - P(w'_0 + i_p)g}{(w''_0 + i_p)g}$ vào công thức trên ta có:

$$i_{k(ga)} \leq i_{k(kd)} = \frac{F_{k(kd)}(w'_0 + i_p)}{F_{kp} - Pg(w'_0 - w''_0)} - w_{kd} \quad (2)$$

Từ công thức trên nhận thấy rằng nếu trọng lượng đoàn tàu được xác định theo điều kiện chuyển động đều với vận tốc tính toán trên dốc hạn chế thì độ dốc lớn nhất mà trên đó đoàn tàu khởi động được phụ thuộc vào độ dốc hạn chế. Ngoài ra $i_{k(kd)}$ còn phụ thuộc loại đầu máy (phụ thuộc giá trị F_{kkd} và $F_{kkd} - Pw'_0$) cũng như vào đoàn toa xe (phụ thuộc giá trị w''_0 và w_{kd}).

Ở Việt Nam thông nhất lấy:

$$i_{k(kd)} = i_p - 4 \text{ (‰)} \quad (2-26)$$

2. Đảm bảo đoàn tàu dừng trong phạm vi chiều dài sử dụng của đường đón tiễn l_{sd} nhờ lực ép má phanh của đầu máy (khi nhả má phanh các toa xe dễ nạp gió chuẩn bị khởi động) thì cần có điều kiện sau:

$$(n_d P + Q)gi \leq 1000\varphi_{kl}\Sigma K_t + (n_d P + Q)gw_{kd} \quad (3)$$

Trong đó:

ΣK_t - tổng lực ép tính toán của các má phanh lên các trục của đầu máy.

φ_{kl} - hệ số ma sát tính toán giữa các má phanh và vành bánh xe ; có thể

lấy $\varphi_{kl} = 0,25$.

$$\text{Từ đó: } i_{k(ga)} \leq \frac{250\Sigma K_t}{(n_d P + Q)g} + w_{kd} \quad (4)$$

thay $Q = \frac{\Sigma F_{kp}}{(w_0 + i_p)g} - n_d P$ vào công thức trên ta có:

$$i_{k(ga)} \leq \frac{250\Sigma K_t (w_0 + i_p)}{\Sigma F_{kp}} + w_{kd} \quad (5)$$

Ở nước ta lấy $i_{k(ga)} \leq 6\text{‰}$.

3. Đảm bảo điều kiện toa riêng đứng một mình không bị trôi (thường xét ở các ga có cắt móc toa xe).

Trong thời gian dồn các toa xe bị cất khỏi đoàn tàu dưới tác dụng của trọng lực kết hợp với gió thổi có thể bị trôi. Qua thí nghiệm độ dốc mà trên đó lực cân bằng với trọng lượng bằng 2,5‰. Như vậy ở hai ga liền nhau một trong hai ga không được thiết kế dốc lớn hơn 2,5‰ để đảm bảo cất toa vì lý do kỹ thuật (toa hỏng).

2.4.3. Chiều dài ga.

Chiều dài ga có ý nghĩa quan trọng phải xét nó theo sự phát triển tương lai bởi vì khi cải tạo kéo dài nền ga không những khối lượng công trình tăng lên mà phải sửa chữa cả bình diện, trắc dọc hai đầu ga, thậm chí phải cải lại phương hướng của cả một đoạn đường.

Chiều dài ga phụ thuộc:

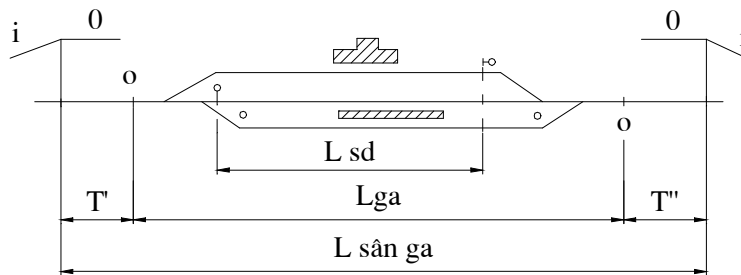
a. Sơ đồ phát triển đường trong ga (sơ đồ ga): ga xếp dọc, xếp ngang, nửa dọc nửa ngang. Ga xếp ngang có chiều dài ga ngắn nhất.

b. Chiều dài sử dụng của đường đón tiếp: chiều dài sử dụng của đường tiếp phát được tính từ cột tín hiệu xuất phát đến mốc xung đột hoặc được tính từ mốc xung đột này tới mốc xung đột kia, hoặc được tính từ cột tín hiệu này đến cột tín hiệu kia. Chiều dài sử dụng của đường tiếp phát được xác định theo chiều dài đoàn tàu có tính đến hướng phát triển tương lai.

Trong quy phạm thiết kế có đưa ra các tiêu chuẩn l_{sd} phụ thuộc vào chiều dài đoàn tàu nhằm mục đích thống nhất hoá chiều dài ga, từ đó có thể thống nhất hoá tiêu chuẩn trọng lượng. Ví dụ $l_{sd} = 300; 400; 500; 650 \dots m$.

c. Số đường trong ga: Số đường ở ga với mỗi loại sơ đồ ga và chiều dài sử dụng l_{sd} có ảnh hưởng lớn đến chiều dài ga. Số đường này tính theo khối lượng vận chuyển năm thứ 5 (nếu là ga khu đoạn hay ga lớn) còn nếu là ga trung gian hay ga nhường tránh tính theo khối lượng vận chuyển năm thứ 2.

Chiều dài ga được tính như sau:



Hình 2-26. Chiều dài ga

Trong đó:

l_{sd} - chiều dài sử dụng của đường tiếp phát, $l_{sd} = l_{tàu} + 10 m$

$l_{\text{tàu}}$ - chiều dài đoàn tàu

10m - chiều dài dự trữ để phòng tàu đậu không đúng vị trí

L_{ga} - chiều dài tính từ hai đầu ghi ngoài cùng

Đối với ga xếp dọc

$$L_{\text{ga}} = 2l_{\text{sd}} + c \quad (\text{m}) \quad (2-27)$$

Đối với ga xếp ngang hoặc nửa dọc nửa ngang

$$L_{\text{ga}} = l_{\text{sd}} + c \quad (\text{m})$$

Ở đây c là chiều dài phụ thuộc loại và sơ đồ ga, số đường trong ga, số hiệu ghi.

$L_{\text{sân ga}}$ - chiều dài toàn bộ nền ga được kéo dài về 2 phía thêm chiều dài đường tang nối dốc đứng để không phải đặt ghi trong phạm vi đường cong đứng.

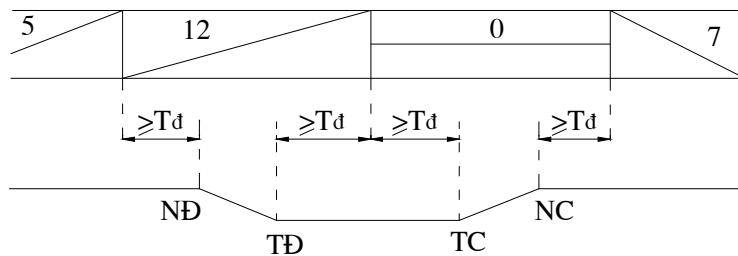
$$L_{\text{sân ga}} = L_{\text{ga}} + T' + T'' \quad (\text{m})$$

Thường trong quy phạm thiết kế cho biết $L_{\text{sân ga}}$ theo L_{sd} .

2.5. THIẾT KẾ BÌNH ĐỒ, TRẮC DỌC ĐƯỜNG SẮT.

2.5.1. Bố trí điểm đổi dốc theo bình đồ và công trình nhân tạo.

Trong thực tế có thể gặp trường hợp đường cong nối dốc đứng của trắc dọc trùng với đường cong hoà hoãn của bình diện. Lúc này ray lung vừa phải thực hiện đường cong đứng vừa phải thực hiện đường cong nằm và phải vượt siêu cao. Vì vậy nhằm mục đích thuận lợi khi bảo dưỡng và sửa chữa ray ở những vị trí này người ta không để đường cong nối dốc đứng trùng với đường cong hoà hoãn, muốn vậy điểm đổi dốc phải cách điểm đầu hoặc điểm cuối đường cong hoà hoãn một khoảng cách tối thiểu là T_d .



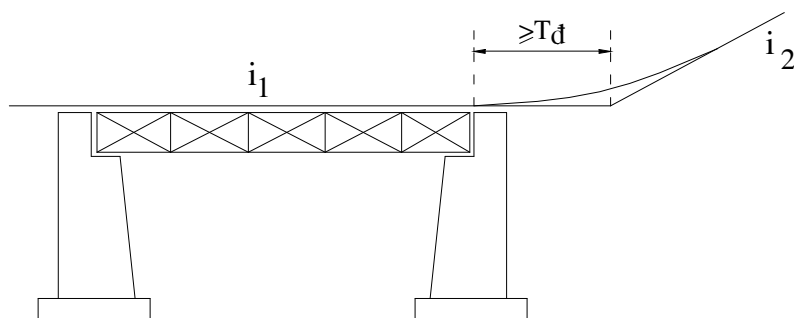
Hình 2-27. Bố trí điểm đổi dốc theo bình đồ

$$T_d = 5\Delta i \quad \text{khi } R_d = 10000 \text{ m}$$

$$T_d = 2,5\Delta i \quad \text{khi } R_d = 5000 \text{ m}$$

Chú ý: Khi $\Delta i \leq 3\text{‰}$ với đường khổ 1435 mm và $\Delta i \leq 4\text{‰}$ với đường khổ 1000 mm thì điểm đổi dốc đặt ở đâu cũng được vì không phải làm đường cong nối dốc đứng.

Ngoài ra nếu cầu thép không có máng ba lát thì điểm đổi dốc cũng phải đặt ở ngoài cầu một khoảng cách tối thiểu là T_d vì trên cầu thực hiện đường cong nối dốc đứng có nhiều khó khăn. Với cầu bê tông cốt thép và cống thì coi như không có trở ngại gì, vì thế điểm đổi dốc đặt ở đâu cũng được.



Hình 2-28. Bố trí điểm đổi dốc trên cầu thép không có máng đá ba lát

2.5.2. Thiết kế trắc dọc theo điều kiện tránh ngập nước.

Để thỏa mãn điều kiện này thì tại những vùng có nước uy hiếp phải chú ý thiết kế để nền đường không bị ngập. Muốn vậy cao độ vai đường của đường dẫn vào cầu lớn, cầu trung cũng như cao độ vai đường của nền đường đắp qua cầu nhỏ và cống, cũng như cao độ vai đường dọc theo sông, theo hồ chứa nước hoặc qua vùng trũng phải xác định theo mực nước tính toán H_p .

+ Đối với đường cấp 1, cấp 2 có $H_p = H_{100}$

+ Đối với đường cấp 3 có $H_p = H_{50}$

Để đảm bảo nền đường được an toàn không bị phá hoại khi đạt đến mực nước tính toán thì cao độ vai đường là:

$$H_{\text{vai đường}} \geq H_p + H_s + h_d + 0,5 \text{ m (m)}$$

Trong đó:

H_s - chiều cao sóng vỗ (m)

h_d - chiều cao nước dâng (m)

0,5m - chiều cao đề phòng nước mao dẫn qua nền.

2.5.3. Thiết kế bình đồ và trắc dọc đường sắt khi gặp cầu, gặp các đường giao thông khác và qua hầm.

1. Đường sắt gặp đường sắt cũ.

Chủ yếu là giao ở cao độ khác nhau, ít khi giao bằng vì giao bằng hạn chế năng lực của nhau và gây khó khăn cho khai thác.

Khi giao cắt lập thể chủ yếu phải đảm bảo tính không thông tàu.

Nếu đường sắt thiết kế đi trên đường sắt cũ thì cao độ vai đường tối thiểu của đường sắt thiết kế là:

$$H_{\min} = H_{\text{dr}} + h + c - b \text{ (m)}$$

Trong đó:

H_{dr} - cao độ đầu ray của đường cũ (m)

h - tĩnh không (xem quy phạm) (m)

c - chiều cao dầm tính từ đáy dầm tới đáy ray (m)

b - khoảng cách từ đáy ray đến vai đường thiết kế (m)

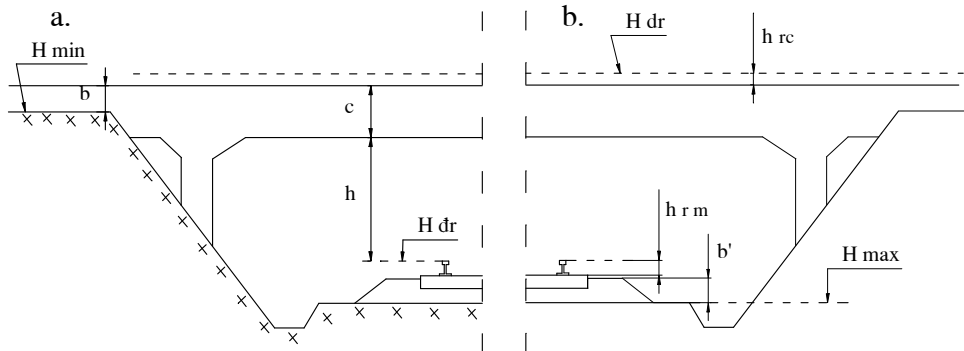
Nếu đường sắt thiết kế đi dưới đường sắt cũ thì cao độ vai đường tối đa của đường sắt thiết kế là:

$$H_{\max} = H_{\text{dr}} - h_{\text{rc}} - c - h - h_{\text{rm}} - b'$$

Trong đó:

$h_{\text{rc}}, h_{\text{rm}}$ - chiều cao ray đường sắt cũ và đường thiết kế

b' - khoảng cách từ đáy ray tới vai đường thiết kế (m)



Hình 2-29. Sơ đồ giao cắt lập thể giữa đường sắt cũ và đường sắt thiết kế

a. Đường thiết kế phía trên đường cũ

b. Đường thiết kế phía dưới đường cũ

2. Đường sắt thiết kế gặp đường ô tô.

Có thể giao bằng hoặc giao lập thể.

Giao lập thể phải đảm bảo tĩnh không cần thiết cho phương tiện giao thông đi dưới.

Giao bằng phải đảm bảo tầm nhìn cho người lái, góc giao không được quá nhỏ, tốt nhất là 90^0 , điểm giao không nên đặt trong nền đào vì hạn chế tầm nhìn.

Khi đường sắt thiết kế cắt đường bộ nhiều lần hoặc vị trí giao không đạt yêu cầu phải có phương án cải đường ô tô.

3. Đường sắt gặp sông.

Cần xác định mực nước tính toán theo quy phạm và xác định có thông thuyền hay không cũng như cấp thông thuyền.

Khi gặp chướng ngại như qua sông lớn có thể xem xét phương án đi hầm dưới lòng sông.

4. Đường thiết kế của cầu hầm.

Đường thiết kế qua cầu sắt (không có đá ba lát) nên đặt trên đoạn thẳng và bằng, hãm hữu cho phép đặt trên dốc $\leq 3\%$ bởi nếu quá dốc công trình phức tạp áp dụng định hình khó khăn.

Đối với cầu có đá ba lát có thể đặt trên dốc lớn cũng như trên đường cong theo quy phạm.

Đường thiết kế qua hầm yêu cầu về bình đồ và trắc dọc cao hơn ở ngoài khu gian. Trắc dọc trong hầm phải đảm bảo thoát nước, thông gió và an toàn. Dốc có thể thiết kế một mái hoặc hai mái tùy theo địa hình. Hầm nên nằm trên đoạn đường thẳng, khó khăn có thể đặt trên đường cong theo quy phạm.

2.5.4. Thiết kế trắc dọc đảm bảo an toàn chuyển động.

Hiện tượng mất an toàn là do đứt móc đầu máy toa xe. Đứt móc nối có thể do chủ quan người tài xế, do kéo quá tải nhưng đứt móc dễ sinh ra ở những nơi mà móc nối đối trạng thái làm việc một cách đột ngột.

Người ta nghiên cứu trạng thái làm việc của móc nối trên trắc dọc thấy rằng đứt móc hay xảy ra khi móc nối làm việc từ ép chặt chuyển sang kéo căng đột ngột (chân dốc lõm, dốc bậc thang, dốc lồi ở chân dốc lõm) ở một độ chênh về cao độ và một trị số dốc nhất định còn trường hợp từ kéo căng chuyển sang ép chặt thì ít xảy ra.

Để tránh hiện tượng này người ta thiết kế trắc dọc sao cho móc nối làm việc từ từ. Điều này được thể hiện ở hiệu đại số của hai dốc liền nhau và chiều dài của những dốc đó đủ để đảm bảo độ êm chuyển động của đoàn tàu, chiều dài nhỏ nhất $\geq 200\text{m}$.

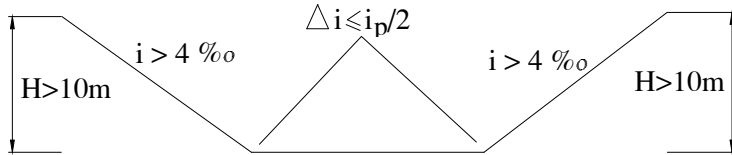
Để đảm bảo an toàn chạy tàu quy phạm quy định như sau: hiệu số đại số lớn nhất của hai độ dốc liền nhau trên trắc dọc không được vượt quá trị số độ dốc hạn chế hướng xe nặng $\Delta i \leq i_p$, ngoại trừ ba trường hợp đoạn dốc có hại dưới đây khi $i_p \geq 8\%$ thì $\Delta i \leq i_p/2$ và khi $i_p < 8\%$ thì $\Delta i \leq 4\%$.

Chú ý:

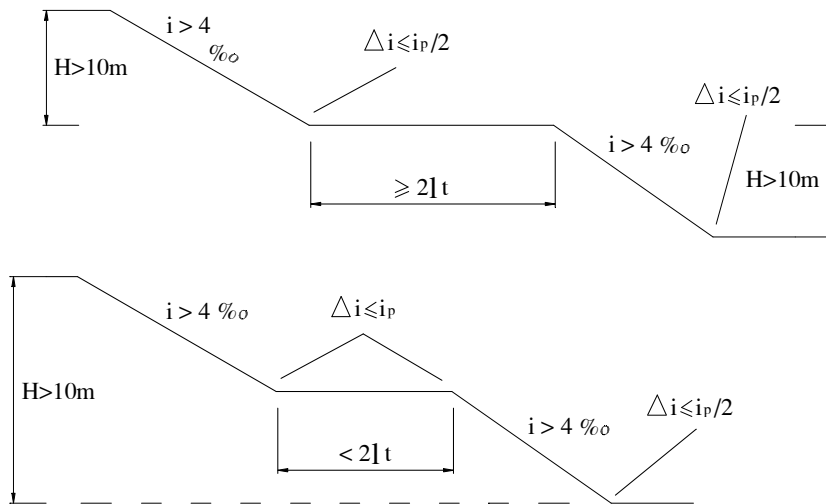
- Dốc bậc thang được ngăn cách bởi dốc bằng 0% hoặc dốc nhẹ $1 \div 2 \%$.
- Khi xác định H cần xem kỹ nếu xuống dốc nối bằng nhiều đoạn dốc mà trong đoạn này có dốc $\leq 4\%$ nhưng chiều dài dốc $< 2l_1$ thì tốc độ đoàn tàu chạy trên dốc này vẫn chưa được hoà hoãn. Vì vậy tính chiều cao H phải tính từ đỉnh (chỗ nối tiếp

giữa hai đoạn không có hại - chiều dài $\geq 2l_t$ và đoạn có hại) tính đi. Ngược lại nếu đoạn có dốc $i \leq 4\text{‰}$ (dốc vô hại) có chiều dài $\geq 2l_t$ thì tốc độ đoàn tàu chạy trên dốc này được hoà hoãn vì vậy tính chiều cao xuống dốc cần phân đoạn ra.

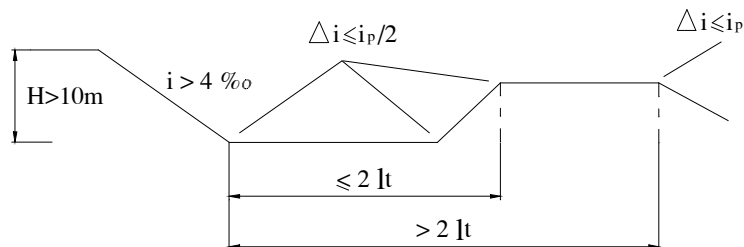
* Dốc lõm (một phía hoặc hai phía)



* Dốc bậc thang



* Dốc lồi ở chân dốc lõm



Đoạn dốc lồi ở chân dốc lõm xảy ra hiện tượng móc nối làm việc từ ép chặt sang kéo căng do đó làm dốc đệm nhẹ ở giữa để đảm bảo ở chân dốc lõm và đỉnh dốc lồi $\Delta i \leq i_p/2$, còn nơi khác thì $\Delta i \leq i_p$.

2.5.5. Thiết kế đảm bảo tàu chạy không bị gián đoạn (đảm bảo tàu chạy liên tục).

Để đảm bảo tàu chạy liên tục khi thiết kế trắc dọc và bình diện đường sắt cần đảm bảo các điều kiện sau:

1. Lực cản thực tế không được vượt quá lực cản tính toán, muốn vậy phải triết giảm các dốc giới hạn ở những nơi có đường cong.

Trọng lượng đoàn tàu tính theo điều kiện chuyển động đều với vận tốc tính toán V_p theo độ dốc i_p do đó khi có đường cong thì đoạn có dốc i_p phải giảm đi một đại lượng tương đương với w_r hay là phải giảm đi một lượng là i_r , như vậy dốc thực tế là $i = i_p - i_r$ ($i = i_{cb} - i_r$; $i = i_{gc} - i_r$). ở đây i_r được tính theo các công thức nêu ở phần sức kéo đầu máy phụ thuộc vào khổ đường và quan hệ giữa chiều dài đường cong và chiều dài đoàn tàu.

Khi $R \leq 400m$ hệ số bám lắn của bánh xe đầu máy và ray giảm dẫn đến lực kéo bám giảm, do vậy để đảm bảo kéo hết Q tính toán phải triết giảm thêm một lượng là i_ϕ .

$$\text{Ta có } i_\phi = f_k - f_{kr} = f_k \left(1 - \frac{f_{kr}}{f_k}\right)$$

Trường hợp tàu chuyển động đều trên dốc giới hạn ta có:

$$f_k = w_0 + i_p$$

$$\text{từ đó } i_\phi = (w_0 + i_p) \left(1 - \frac{f_{kr}}{f_k}\right)$$

$$\text{Nhưng } \left. \begin{array}{l} F_k \leq 1000 \Sigma P g \varphi_k \\ F_{kr} \leq 1000 \Sigma P g \varphi_{kr} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{F_{kr}}{F_k} = \frac{f_{kr}}{f_k} = \frac{\varphi_{kr}}{\varphi_k}$$

Cuối cùng:

$$i_\phi = (w_0 + i_p) \left(1 - \frac{\varphi_{kr}}{\varphi_k}\right)$$

Ở đây:

F_k, f_k ; F_{kr}, f_{kr} - lực kéo toàn phần và lực kéo đơn vị trên đường thẳng và trên đường cong ở vận tốc $V = V_p$.

w_0 - lực cản đơn vị cơ bản bình quân của đoàn tàu ở vận tốc $V = V_p$.

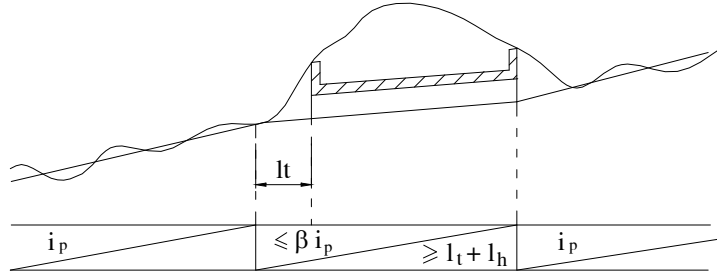
φ_{kr} - hệ số bám tính toán trong đường cong bán kính nhỏ

$$\varphi_{kr} = \varphi_k \cdot \frac{250 + 1,55R}{500 + 1,1R}$$

φ_k - hệ số bám trên đường thẳng ở vận tốc $V = V_p$

Lưu ý: Phía lên dốc cũng phải triết giảm i_p trên chiều dài bằng chiều dài đoàn tàu vì khi đầu máy vào đường cong, hệ số ma sát giữa bánh cái và ray giảm tức khắc trong khi đoàn tàu còn nằm ngoài đường cong.

2. Lực cản thực tế không vượt quá lực cản tính toán ở nơi có hầm.

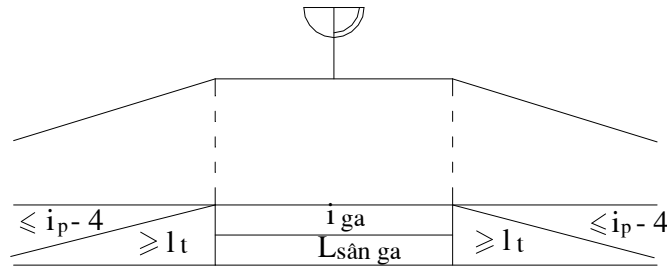


Hình 2-30. Triết giảm dốc trong hầm

Tàu vào hầm chịu lực cản phụ trong hầm, do vậy khi $l_h > 300m$ phải giảm độ dốc giới hạn từ $10 \div 25 \%$ tùy theo chiều dài hầm : $l_h \leq \beta i_p$, (trong đó β là hệ số triết giảm dốc ở hầm).

Lưu ý: Cần giảm đại lượng dốc không chỉ trong hầm mà cả ở đoạn phía lên dốc một đoạn bằng chiều dài đoàn tàu.

3. Lực cản thực tế không vượt quá lực cản tính toán ở nơi lên dốc vào ga.



Hình 2-31. Triết giảm dốc đoạn vào ga

Do một nguyên nhân nào đó mà tàu chưa được phép vào ga, vì tàu phải dừng ngoài ga thì đoạn dốc mà tàu dừng phải đảm bảo điều kiện khởi động, muốn vậy

$$i \leq i_p - 4 \text{ và } l_i \geq l_t$$

4. Đề phòng cát bay.

Cần chọn hướng tuyến theo chiều hoạt động của gió. Nếu không thể đặt hướng tuyến dọc theo đúng chiều gió hoặc theo một góc nghiêng nhỏ nào đấy thì lúc đầu dùng tấm chắn để che sau đó phải trồng cây như thông hoặc phi lao để phòng cát bay, cũng có thể giải quyết những đoạn đường thấp bằng nền đắp cao hơn.

2.5.6. Những số đo về bình đồ và trắc dọc.

Để đánh giá bình đồ và trắc dọc của đường thiết kế, nhất là khi so sánh một số phương án cần có những số đo về bình đồ và trắc dọc.

1. Về bình đồ.

- a. Chiều dài toàn bộ L.
- b. Chiều dài đoạn thẳng L_t , chiều dài đường cong L_c theo km và tỷ lệ % của chúng so với chiều dài tuyến.

c. Số góc quay (số đường cong trên toàn tuyến) và số góc quay cho 1 km.

d. Số độ góc quay $\Sigma\alpha$ cho toàn tuyến và cho 1 km $\Sigma\alpha/L$.

e. Bán kính trung bình của đường cong

$$R_{tb} = \frac{180\Sigma L_c}{\pi\Sigma\alpha} = \frac{57,3\Sigma L_c}{\Sigma\alpha}$$

g. Chiều dài các đường cong với các bán kính khác nhau.

h. Số điểm phân giới trên đường thẳng và trên đường cong.

2. Về trắc dọc.

a. Chiều dài của những đoạn dốc nằm ngang, chiều dài các đoạn dốc (km) và tỷ lệ % của chúng.

b. Chiều dài của những dốc có trị số dốc khác nhau (bao gồm cả những đoạn đi dốc hạn chế, đi dốc vô hại ...)

c. Tổng chiều cao phải khắc phục của từng chiều.

d. Số điểm phân giới trên đường bằng và trên đường dốc.

Trên đây là một số chỉ tiêu nêu lên một vài đặc tính của tuyến đường. Để đánh giá đầy đủ cần phải so sánh các đặc tính vận doanh, khối lượng công tác, giá thành xây dựng, chi phí khai thác của từng phương án.

Chương 2 . Bình đồ, trắc dọc ĐS

5. Các yếu tố đường cong, ưu nhược điểm của đường cong bán kính nhỏ. Yêu cầu về đoạn thẳng giữa các đoạn cong. Xác định góc quay nhỏ nhất.
6. Các dốc giới hạn (dốc hạn chế, cân bằng, gia cường, quán tính): điều kiện sử dụng, định nghĩa và công thức tính. Dốc quán tính khác các dốc giới hạn khác ở điểm nào.
7. Các dốc thiết kế (dốc vận doanh). Các cách nối 2 yếu tố trắc dọc.
8. Mục đích, phân loại, nội dung và nguyên tắc phân bố điểm phân giới. Yêu cầu về bình đồ và trắc dọc tại điểm phân giới. Xác định chiều dài ga.
9. Cách bố trí điểm đổi dốc theo bình đồ và công trình nhân tạo.

Cách thiết kế bình đồ và trắc dọc khi gặp ĐS cũ, đường ô tô, cầu, hầm.

10. Cách thiết kế trắc dọc đảm bảo tàu chạy an toàn (không bị đứt móc tại điểm đổi dốc).

Cách thiết kế trắc dọc đảm bảo tàu chạy liên tục khi qua đường cong, qua hầm, trước khi vào ga,

CHƯƠNG 3. VẠCH TUYẾN

3.1. NHIỆM VỤ VẠCH TUYẾN, CÁC PHƯƠNG ÁN VỀ HƯỚNG TUYẾN.

3.1.1. Nhiệm vụ vạch tuyến.

1. Nhiệm vụ vạch tuyến: Việc xác định vị trí hợp lý của tim đường trong không gian là công việc tổng hợp về khảo sát và thiết kế. Để giải quyết vấn đề này cần có cái nhìn tổng thể về các mặt địa hình, địa chất, thủy văn... về mặt xây dựng và khai thác, về các mặt kinh tế có liên quan.

2. Khái niệm vạch tuyến: là tổng hợp các quá trình khảo sát nhằm đề xuất, chỉnh lý, lựa chọn phương án tuyến bao gồm cả ngoài thực địa và nội nghiệp.

Mỗi phương án tuyến cần đảm bảo tương quan hợp lý giữa chiều dài, khối lượng công tác, chi phí xây dựng và chi phí khai thác. Nó phải đảm bảo những yêu cầu nhất định sau:

a. Bình đồ và trắc dọc phải phù hợp với chuẩn tắc của quy phạm thiết kế của loại cấp đường ấy.

b. Nền đường và các công trình trên tuyến phải đảm bảo các yêu cầu về ổn định, an toàn và không làm gián đoạn chạy tàu.

Những yếu tố ảnh hưởng đến việc chọn tuyến:

a. Yếu tố kinh tế: ý nghĩa tuyến đường, tính chất và lượng hàng hoá chuyên chở, điều kiện phân bố ga đầu, ga cuối, điều kiện chọn ga nối với tuyến đường sắt cũ và với các đường giao thông khác.

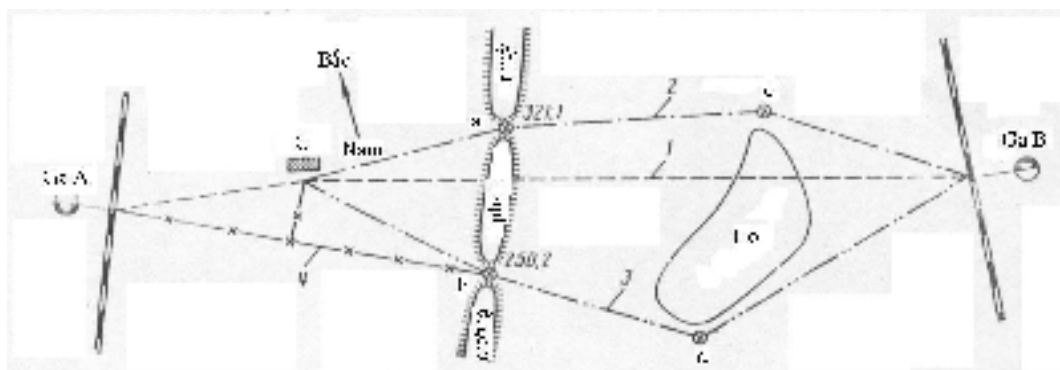
b. Yếu tố tự nhiên: địa hình, điều kiện xây dựng, địa chất và địa chất thủy văn, việc chọn đặt các cầu cống ... các điều kiện về khí hậu (gió, mưa, nhiệt độ ..).

3.1.2. Nêu các phương án về hướng tuyến.

Tức là đề xuất ra những phương án có thể về hướng tuyến giữa hai điểm đầu, cuối và các điểm khống chế giữa chúng nếu thấy cần thiết. Như vậy khi thiết kế một tuyến đường sắt mới có rất nhiều phương án về hướng tuyến và tùy theo từng giai

đoạn khảo sát thiết kế mà ta loại bỏ dần các phương án kém giá trị và chọn ra được phương án có lợi nhất.

Trên hình vẽ chúng ta xem xét các phương án về hướng tuyến đường sắt A - B. Ngoài điểm đầu A và điểm cuối B tuyến cần đi qua một điểm trung gian C (điểm kinh tế). Để cắt đường phân thủy chúng ta chọn được hai điểm thấp nhất là a, b và khi tránh hồ chọn được điểm c và d (điểm khống chế). Tập hợp các điểm ta được hai phương án cơ bản về hướng tuyến, đó là phương án phía Bắc qua các điểm A - C - a - c - B và phương án phía Nam qua các điểm A - C - b - d - B.



Hình 3-1. Phương án hướng tuyến

3.1.3. Đường chim bay và điểm kinh tế, chướng ngại và điểm khống chế.

1. Đường chim bay:

Đường chim bay là đường ngắn nhất lượn theo hình cầu của quả đất, nối liền giữa hai điểm đầu, cuối và qua các điểm kinh tế.

Trong đa số các trường hợp vì điều kiện địa hình, địa chất công trình đường sắt sẽ phải đi chệch khỏi hướng tuyến ngắn nhất, như vậy đường chim bay là chỗ dựa để người ta dẫn tuyến làm sao cho hạn chế được chiều dài tuyến đường.

2. Điểm kinh tế:

Là các điểm tạo hàng, khu dân cư lớn, bến tàu, bến xe, khu đầu mối giao thông...

3. Chướng ngại:

Những chướng ngại về địa hình và địa chất bị đường chim bay cắt qua có thể phân ra hai nhóm:

a. Chướng ngại bình diện: sông lớn, vùng dân cư, hồ, đầm lầy, vùng địa chất xấu, vùng mỏ khu vực cấm...

b. Chướng ngại trắc dọc: đường phân thủy cao, các gò đất cao, vực thẳm, bờ sông lở ...

4. Điểm khống chế:

Đó là những điểm xác định tuyến có thể hoặc không thể đi tránh hoặc đi qua các chướng ngại.

Đối với mỗi chướng ngại cần định ra các phương án về vị trí của điểm không chế để tránh chướng ngại (nếu có thể được) hoặc là đi qua nó.

+ Nếu đi tránh tuyến sẽ dài hơn nhưng lại làm giảm được khối lượng công trình.

+ Nếu đi qua tuyến sẽ ngắn hơn nhưng thường làm tăng khối lượng công trình và giá thành xây dựng, có khi điều kiện khai thác gặp nhiều khó khăn.

3.2. PHÂN LOẠI VẠCH TUYẾN.

Tuỳ theo điều kiện sử dụng địa hình, địa thế và các độ dốc mà trong thực tế khảo sát thiết kế người ta phân ra loại vạch tuyến theo hai đặc điểm sau:

- Vạch tuyến theo điều kiện địa hình, tức là lợi dụng hình thể của mặt đất.

- Vạch tuyến theo điều kiện sử dụng dốc hạn chế hay là các dốc giới hạn khác.

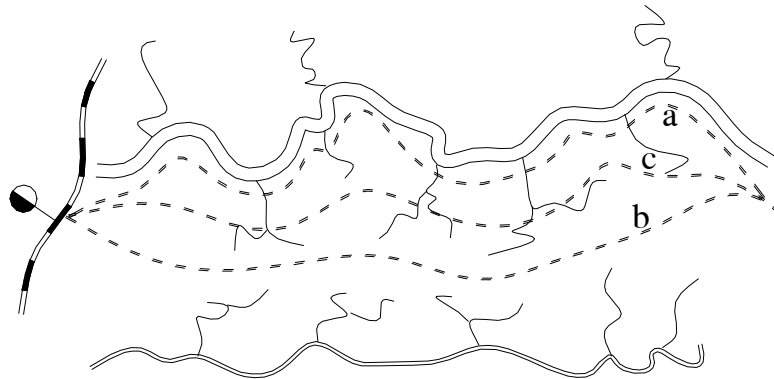
3.2.1. Vạch tuyến theo điều kiện địa hình.

1. Vạch tuyến không cắt đường phân thủy chính: tức là không chuyển tuyến từ hệ thống sông này sang hệ thống sông khác, bao gồm:

a. Tuyến men sông (a)

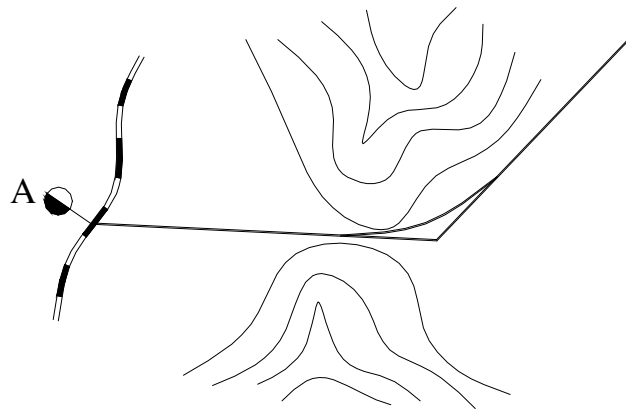
b. Tuyến ven đường phân thủy (b)

c. Tuyến men sườn núi (c)



Hình 3-2. Vạch tuyến men sông

2. Vạch tuyến cắt một hay một số đường phân thủy chính: tức là khi tuyến đi từ hệ thống sông này sang hệ thống sông khác, nơi cắt thường là nơi trũng thấp đó là đèo (tuyến đường sắt qua đèo Hải Vân). Kiểu tuyến này phối hợp nhiều đoạn tuyến khi thì đi men sông, khi theo sườn núi, lúc cắt đường phân thủy.



Hình 3-3. Tuyến vượt đèo

3.2.2. Vạch tuyến theo điều kiện sử dụng dốc giới hạn.

Vạch tuyến loại này được xác định bởi tương quan giữa độ dốc thiên nhiên trung bình i_{tnb} và độ dốc vạch tuyến i_{vt} .

Độ dốc thiên nhiên trung bình i_{tnb} tính cho từng đoạn tuyến một theo những điểm đặc biệt trên địa hình và bỏ qua những thay đổi cao độ mặt đất trên đoạn đó.

Độ dốc vạch tuyến i_{vt} là dốc cho phép lớn nhất của một đoạn trắc dọc, nó là dốc giới hạn trừ đi giá trị trung bình dốc tương đương lực cản đường cong.

$$i_{\text{vt}} = i_p - i_r (i_{\text{cb}} - i_r ; i_{\text{gc}} - i_r)$$

Ở đây i_r - được lấy một cách tổng quát tùy theo địa hình do khi vạch tuyến chưa biết số lần đổi chiều và góc quay.

+ Với vùng đồng bằng $i_r = 0,5\%$ tương đương với tổng số góc quay 40° trên 1km

+ Với vùng trung du $i_r = 1\%$ tương đương với tổng số góc quay 80° trên 1km

+ Với vùng núi $i_r = 1,5\%$ tương đương với tổng số góc quay 120° trên 1km

Ở đây ta chưa cần chính xác đại lượng i_r bởi vì sau này khi tiến hành giảm dốc tuy có sự thay đổi trong đại lượng i_r nhưng chiều dài tuyến sẽ không thay đổi bao nhiêu.

Theo điều kiện sử dụng dốc giới hạn khi vạch tuyến ta có thể phân ra:

- Nếu $i_{\text{tnb}} < i_{\text{vt}}$ - vạch tuyến tự do

- Nếu $i_{\text{tnb}} \geq i_{\text{vt}}$ - vạch tuyến khó khăn

+ Nếu $i_{\text{tnb}} \approx i_{\text{vt}}$ - vạch tuyến khó khăn không phát triển đường

+ Nếu $i_{\text{tnb}} \gg i_{\text{vt}}$ - vạch tuyến khó khăn có phát triển đường.

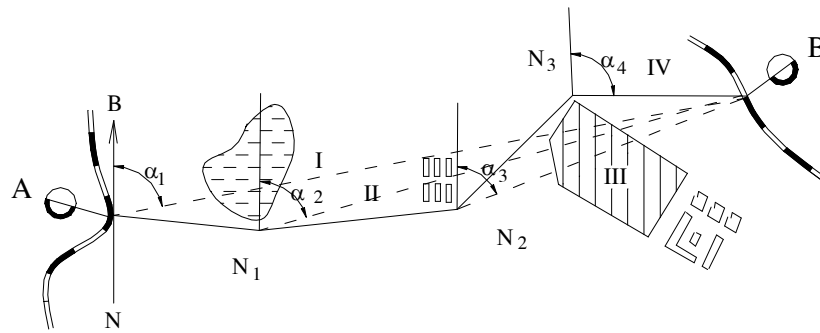
3.3. NHIỆM VỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP VẠCH TUYẾN TỰ DO VÀ VẠCH TUYẾN KHÓ KHĂN.

3.3.1. Nhiệm vụ và phương pháp vạch tuyến tự do.

1. Nhiệm vụ vạch tuyến tự do.

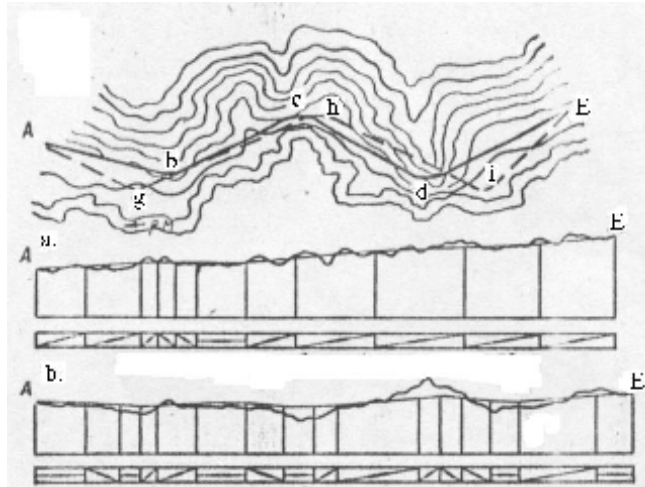
Trên tuyến tự do không có những cao độ phải vượt lớn, do đó nhiệm vụ cơ bản của vạch tuyến tự do là đặt tuyến giữa các điểm khống chế với độ lệch tối thiểu khỏi chiều tuyến ngắn nhất. Muốn thế phải:

- Vạch tuyến đi từ chướng ngại này sang chướng ngại khác và đoạn tuyến giữa các chướng ngại phải đặt sao cho ngắn nhất.
- Phải lập luận được góc quay và trị số của nó cũng như cố tránh hướng tuyến đi xa hướng tuyến ngắn nhất.
- Đỉnh góc quay đối diện với chướng ngại và chướng ngại nằm phía trong góc quay.
- Nên dùng góc quay nhỏ để khỏi tăng thêm chiều dài.
- Chiều đi của ga trùng với hướng tuyến, nếu lệch thì phải hạn chế độ lệch bằng cách hạn chế góc quay.



Hình 3-4. Vạch tuyến tự do

Mặc dù vạch tuyến tự do dễ dàng ở chỗ ít phải vượt qua những chướng ngại cao thấp nhưng công việc này không đơn giản vì có thể có rất nhiều phương án vạch tuyến mà ta phải tìm ra những phương án tốt nhất.



Hình 3-5. Lựa chọn vị trí đỉnh góc quay khi vạch tuyến tự do

a. Trắc dọc gián lược AbcdE

b. Trắc dọc gián lược AghiE

2. Phương pháp vạch tuyến tự do.

Vạch tuyến bằng cách thử dần với nội dung sau:

a. Ở lần thử đầu tiên đặt tuyến theo chiều ngắn nhất qua các chướng ngại rồi lên trắc dọc.

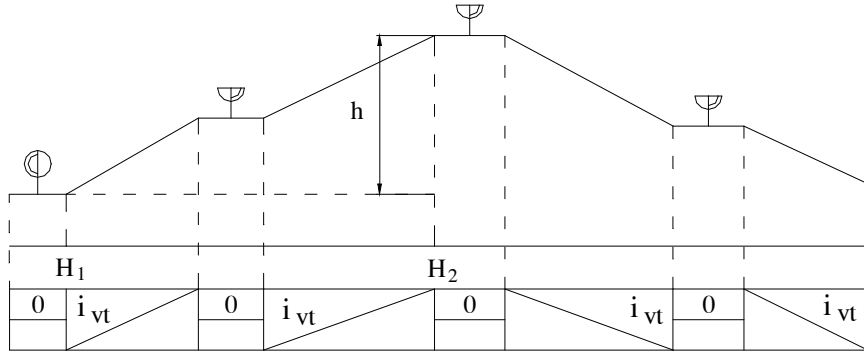
b. Tiến hành phân tích trắc dọc nhận được và đề xuất ra các phương án đi tránh khỏi hướng đi ngắn nhất cho từng đoạn hay là cho cả một đoạn tuyến dài để tránh chướng ngại.

c. Vạch tuyến theo phương án đi tránh, sau đó phân tích và kết luận nên đi theo phương án đi tránh hay phương án cũ.

3.3.2. Nhiệm vụ và phương pháp vạch tuyến khó khăn.

1. Nhiệm vụ vạch tuyến khó khăn.

Là đặt tuyến qua những chướng ngại cao thấp bằng những độ dốc được ấn định trước, chỉ ở những nơi thật cần thiết mới phải kéo dài tuyến ra, nói chung trắc dọc lý thuyết đoạn vạch tuyến khó khăn có dạng sau:

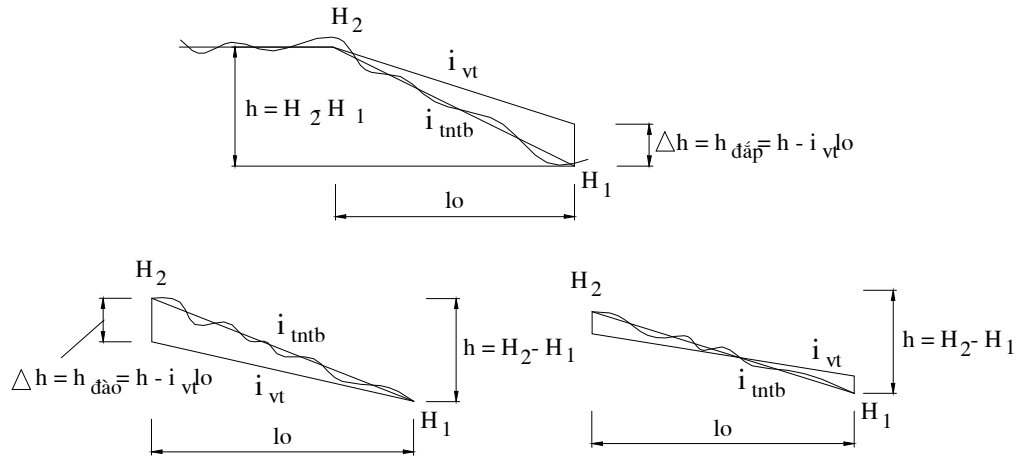


Hình 3-6. Trắc dọc tuyến khó khăn.

a. Vạch tuyến khó khăn không phát triển đường: có hai trường hợp:

- Khi $i_{vt} \approx i_{tntb}$

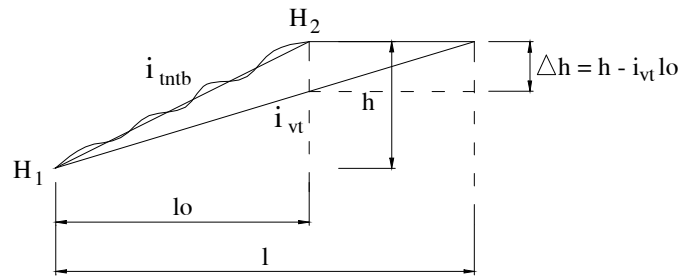
- Khi $i_{vt} < i_{tntb}$ không nhiều thì cũng có thể không triển tuyến bằng cách đào một lượng Δh ở đỉnh hoặc đắp một lượng Δh ở chân hoặc là đào một ít ở trên và đắp một ít ở dưới.



Hình 3-7. Vạch tuyến khó khăn không triển tuyến

b. Vạch tuyến khó khăn có phát triển đường.

Khi $i_{vt} \ll i_{tntb}$ để giảm đắp cao đào sâu bắt buộc phải phát triển đường và lượng triển tuyến là $\Delta l = l - l_0$



Hình 3-8. Vạch tuyến khó khăn có phát triển đường

Ở đây:

l - chiều dài đoạn tuyến có phát triển đường

l_0 - chiều dài đường chim bay (chiều dài đoạn tuyến theo đường thẳng)

$$l = \frac{H_2 - H_1}{i_{vt}} = \frac{h}{i_{vt}} \quad (3-2)$$

$$\Delta l = \frac{h}{i_{vt}} - l_0 = \frac{h - i_{vt} \cdot l_0}{i_{vt}} = \frac{\Delta h}{i_{vt}} \quad (3-3)$$

Để giảm bớt lượng triển tuyến Δl thì đỉnh đèo phải đào thêm, chân đèo phải đắp thêm.

$$\Delta l = \frac{(H_2 - h_{dao}) - (H_1 + h_{dap})}{i_{vt}} - l_0 \quad (3-4)$$

Nếu chiều dài đoạn tuyến khó khăn có nhiều khu gian thì chiều dài tuyến tối thiểu:

$$l_{min} = \frac{(H_2 - h_{dao}) - (H_1 + h_{dap})}{i_{vt}} + \Delta l_{pg} = l + \Delta l_{pg} \quad (3-5)$$

Ở đây Δl_{pg} - lượng triển tuyến do phân bố ga.

+ Nếu các ga đặt trên đường thẳng thì

$$\Delta l_{pg} = n \cdot l_{sga}$$

Trong đó:

n - số ga

l_{sga} - chiều dài sân ga

+ Nếu các ga đặt trên dốc thì Δl_{pg} sẽ nhỏ hơn và nếu đoạn khó khăn là đoạn rất dài nên xác định chính xác số ga rất phức tạp thì

$$\Delta l_{pg} = \alpha_{pg} l$$

Ở đây α_{pg} - hệ số phụ thuộc vào tiêu chuẩn phân bố điểm phân giới, vào dốc hạn chế i_p , vào chiều dài sân ga l_{sga} ; $\alpha = 0,08 \div 0,10$ - đường cấp 1,2; $\alpha = 0,06 \div 0,10$ - đường cấp 3. (α lấy giá trị lớn với tuyến có l_{sga} lớn và i_p nhỏ).

2. Phương pháp vạch tuyến khó khăn.

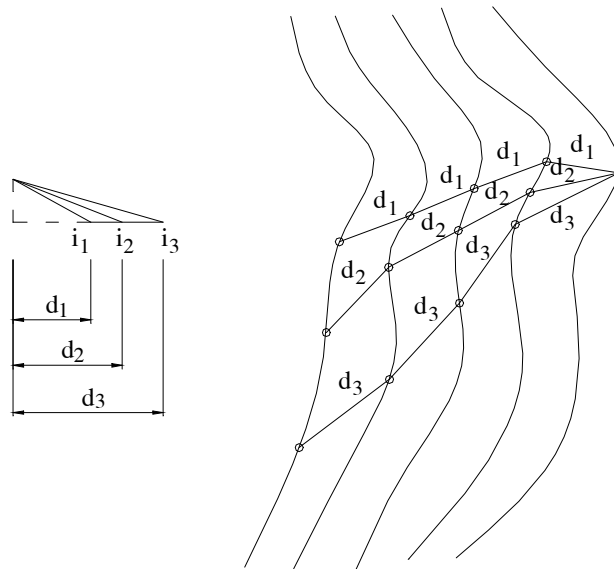
Là sơ bộ đặt đường khối lượng không, tức là đường mà cao độ thiết kế trùng với cao độ mặt đất. Bản chất của phương pháp vạch tuyến khó khăn là ở chỗ:

- Biết hiệu số của hai đường đồng mức là Δh_{dm} , ta có thể đặt giữa hai đường đồng mức một đoạn đường d_i với độ dốc cho trước i_{vt} :

$$d_i = \frac{\Delta h_{dm}}{i_{vt}} \quad (3-6)$$

- Dùng compa đặt những đoạn d_i liên tiếp nhau từ đường đồng mức này sang đường đồng mức khác. Nối liền các đoạn d_i ta có đường gãy khúc, đó là đường khối lượng không tương ứng với độ dốc cho trước.

- Tuyến chúng ta phải vạch bám vào đường khối lượng không như vậy sẽ đảm bảo chiều dài và khối lượng công trình hợp lý.



Hình 3-9. Đường khối lượng không

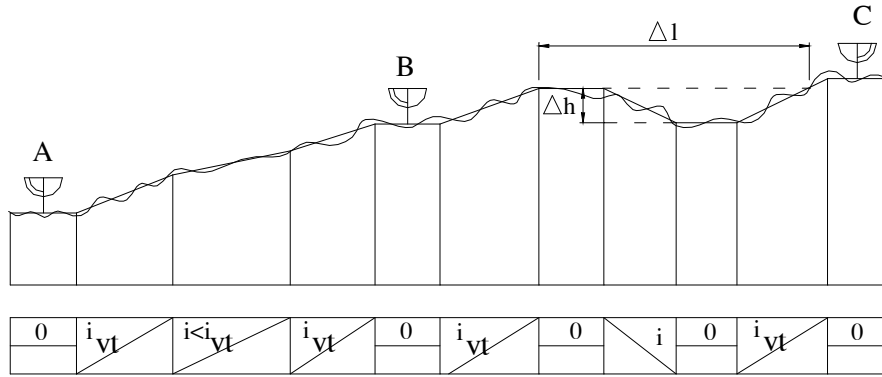
b. Yêu cầu chủ yếu khi đặt tuyến khó khăn.

Đặt tuyến phải đảm bảo được chiều dài lý thuyết đã tính trước, không triển tuyến một cách vô ích, muốn vậy nên vạch tuyến từ cao xuống thấp để không tổn thất cao độ, phải tận dụng đi hết dốc vạch tuyến.

Vạch tuyến phải dựa vào trắc dọc lý thuyết, phải chọn cao độ mặt đất thế nào cho phù hợp với trắc dọc lý thuyết.

Phải chọn vị trí và trị số góc quay thế nào để đảm bảo được chiều dài tuyến hay đoạn triển tuyến đã tính trước.

Việc đặt ga trên đoạn bằng hay trên dốc phải lựa chọn phù hợp với chiều đi của tuyến và $i_{tmb} \approx i_{ga}$.



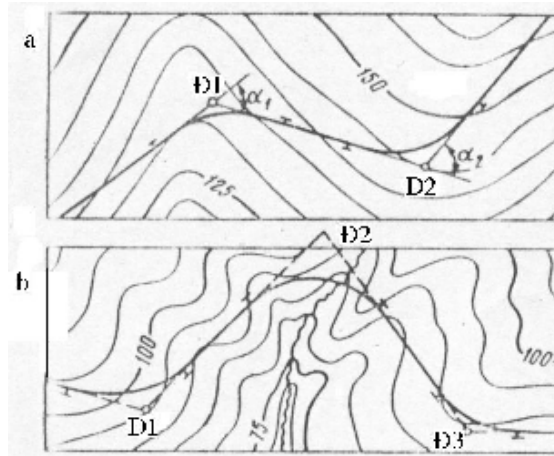
Hình 3-10. Không sử dụng hết i_{vt} và tổn thất cao độ trên đoạn vạch tuyến khó khăn.

3.3.3. Các loại hình triển tuyến.

Thực tế khảo sát thiết kế người ta phân ra hai loại hình triển tuyến:

1. Triển tuyến đơn giản.

Là cách đặt vài ba đường cong với góc quay thường không quá 90^0 và chiều dài triển tuyến ΔL không lớn lắm để giảm khối lượng đào đắp hoặc tranh thủ độ cao khi vạch tuyến khó khăn.



Hình 3-11. Triển tuyến đơn giản

a. Tuyến uốn lượn; b. Tuyến bao suối ngang

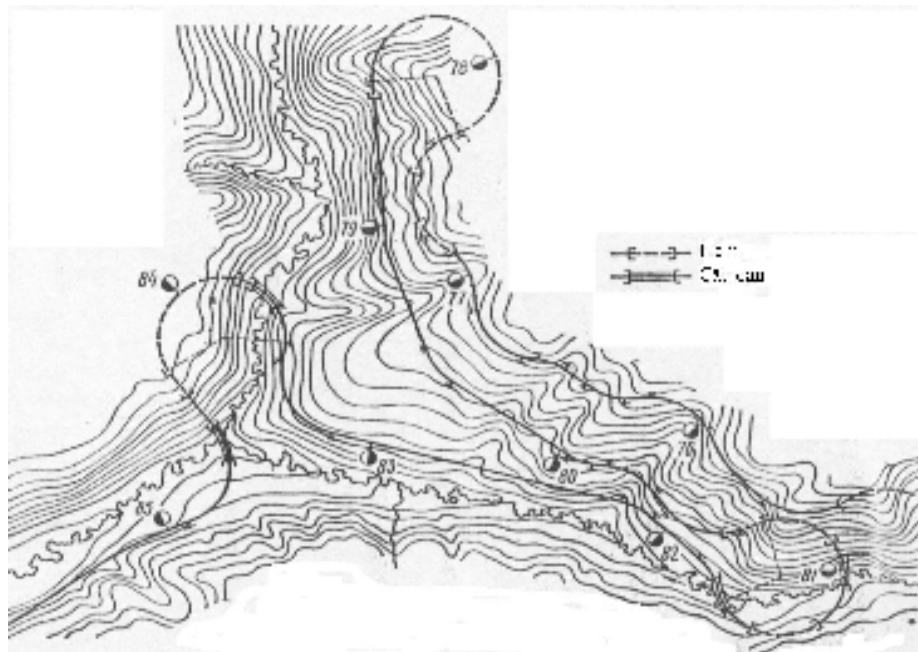
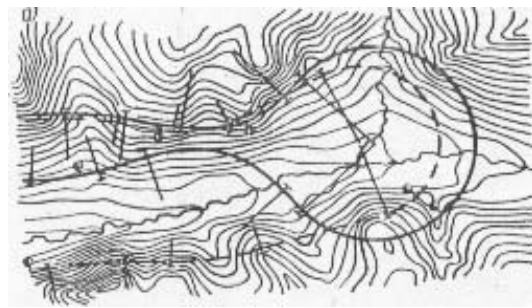
2. Triển tuyến phức tạp.

a. Tuyến lượn sông nhánh hoặc khe suối: Trường hợp này tuyến đi men sông và quay lại chừng 180^0 , nhiều khi gặp địa hình quá khó khăn phải đắp cao hoặc làm cầu cạn, đào sâu hoặc phải làm hầm... Tuyến lượn sông nhánh hoặc khe suối khác, tuyến bao suối ngang ở chỗ góc quay rất lớn, đạt tới 180^0 hoặc lớn hơn.



Hình 3-12. Tuyến hình phích nước

b. Tuyến hình lượn bóng đèn: cũng cần đi một góc khoảng 180^0 để lượn theo địa hình. Tuyến có thể lượn một lần tạo ra một bóng đèn hoặc lượn nhiều lần tạo ra nhiều bóng đèn.

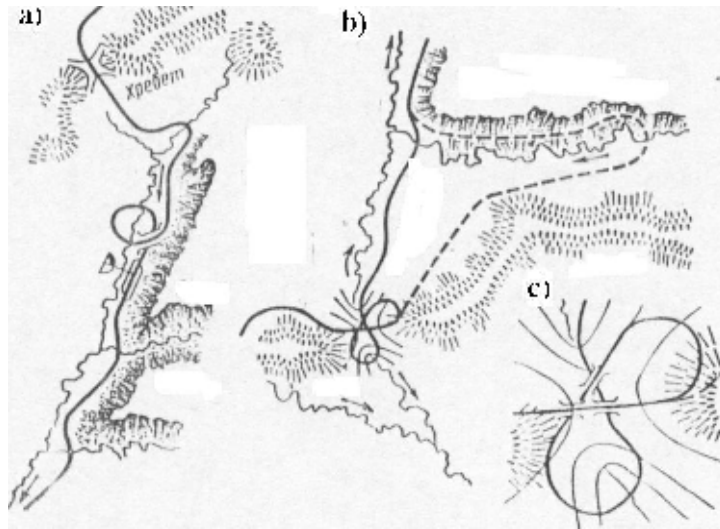


Hình 3-13. Tuyến hình bóng đèn

a. một bóng b. ba bóng

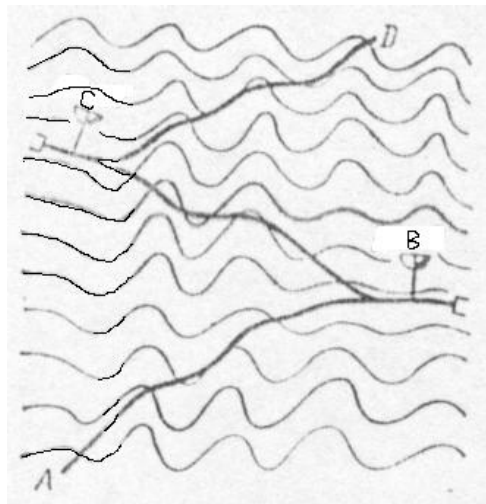
c. Tuyến lượn hình xoắn ốc: Tuyến quay đi một góc đến 360^0 hay hơn nữa, có khi ở một điểm nào đó trên bình đồ tuyến lại cắt ngang bản thân mình nhưng không đồng mức với việc sử dụng hầm hay cầu cạn.

d. Tuyến lượn theo hình dích dắc (chữ chi): trường hợp dùng đường cong tròn góc quay quá lớn không lợi thì có thể dùng kiểu chữ chi, tuy nhiên nó có nhược điểm làm cho vận tốc khu đoạn và khả năng thông qua giảm.



Hình 3-14. Tuyến hình xoắn ốc

a. một giao cắt b. ba giao cắt c. chi tiết đoạn có ba giao cắt



Hình 3-15. Tuyến hình chữ chi

3.4. ĐẶC ĐIỂM VẠCH TUYẾN THEO NHỮNG ĐIỀU KIỆN ĐỊA HÌNH, ĐỊA THỂ VÀ ĐỊA CHẤT KHÁC NHAU.

3.4.1. Vạch tuyến men sông.

Lưu vực sông thường được đề ý ngay cả khi chỉ có thể lợi dụng được từng phần của lưu vực vì lưu vực sông có ưu điểm sau:

- a. Có thể đặt tuyến theo những độ dốc thoải.
- b. Tuyến chỉ vượt những cao độ nhỏ.
- c. Nếu cần thiết có thể triển tuyến theo các sông nhánh một cách dễ dàng.
- d. Cung cấp nước cho ga tiện lợi.
- e. Có điều kiện thuận lợi để khảo sát, thi công và khai thác đường sắt do có thể chuyên chở máy móc, vật liệu nhờ cảng sông.

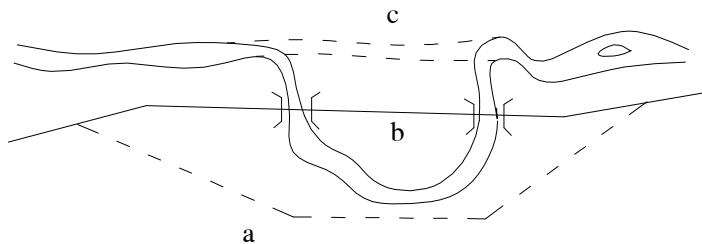
Lưu vực sông có ba loại:

- a. Lưu vực sông ở vùng đồng bằng và đồi thoải, sông ở đây rộng, ít khúc khuỷu. Dốc mặt đất của lưu vực này rất nhỏ.
- b. Lưu vực ở vùng đồi cao thấp thường hẹp và uốn khúc, dốc thiên nhiên đã khá lớn, nhiều khi địa hình có những khe vực.
- c. Lưu vực sông ở vùng núi rất hẹp, nhiều khi gặp những núi cắt ngang và gặp những vách đá sát bờ sông.

Những khuyết điểm của tuyến men sông là:

- a. Dòng sông hay uốn lượn nên tuyến phải vòng vèo nhiều khi trệch khỏi hướng tuyến ngắn nhất.
- b. Tuyến phải cắt các sông nhánh nên công trình nhân tạo nhiều.
- c. Do độ dốc dọc thiên nhiên khác nhau ở thượng lưu và hạ lưu do đó khó vạch tuyến bằng độ dốc hạn chế duy nhất.
- d. Nhiều khi gặp vùng địa chất xấu như đầm lầy, hồ nên nền đường bị đe dọa.

Nếu tuyến men sông gặp đoạn sông ngoằn ngoèo đi tránh nó bắt buộc phải triển tuyến lớn thì bên cạnh phương án đi tránh (a) cần xét đến phương án kéo thẳng bằng cách đi qua hai cầu (b) hoặc là phương án cải dòng sông (c). (Đoạn tuyến đường sắt men sông Hồng Yên Bái - Lào Cai).



Hình 3-16. Cải sông

3.4.2. Vạch tuyến ven theo đường phân thủy.

Việc vạch tuyến này phụ thuộc nhiều vào tính chất của đường phân thủy. Đường phân thủy có thể bằng phẳng và rộng, cũng có thể hẹp uốn lượn và lồi lõm như đường viền đỉnh núi.

Nếu gặp đường phân thủy rộng, bằng phẳng thì tuyến đi theo đường phân thủy có những ưu điểm:

- a. Bình đồ tuyến đơn giản.
- b. Khối lượng công tác đất nhỏ.
- c. Ít có cầu cống, nếu có thì khẩu độ nhỏ và nếu đặt tuyến giữa đường phân thủy thì hoàn toàn không có cầu cống.
- d. Nói chung địa chất tốt.

Nếu đường phân thủy hẹp uốn lượn và lồi lõm thì các ưu điểm trên mất dần và xuất hiện một loạt khuyết điểm so với tuyến men sông:

- a. Địa hình khó khăn hơn so với trường hợp tuyến men sông trên cùng đoạn đó.
- b. Phải vượt nhiều cao độ vì đường phân thủy khi lên khi xuống.
- c. Gặp khó khăn và tốn kém khi cấp nước cho ga.

Nếu gặp đường phân thủy phức tạp thì đi trệch xuống phía sườn, khi ấy tuyến men sườn núi.

3.4.3. Vạch tuyến men sườn núi.

Thường địa hình ở sườn núi tương đối ổn định (đốc theo một chiều), có khi gặp khe vực và sườn dốc lớn.

Ưu điểm của tuyến men sườn núi là:

- a. Dễ lựa chọn dốc hạn chế vì sườn có độ dốc nghiêng nên dễ lựa chọn cao độ mặt đất theo độ dốc vạch tuyến i_{vt} .
- b. Ít có dốc ngược ở những đoạn dài nên tuyến ít phải lên xuống.

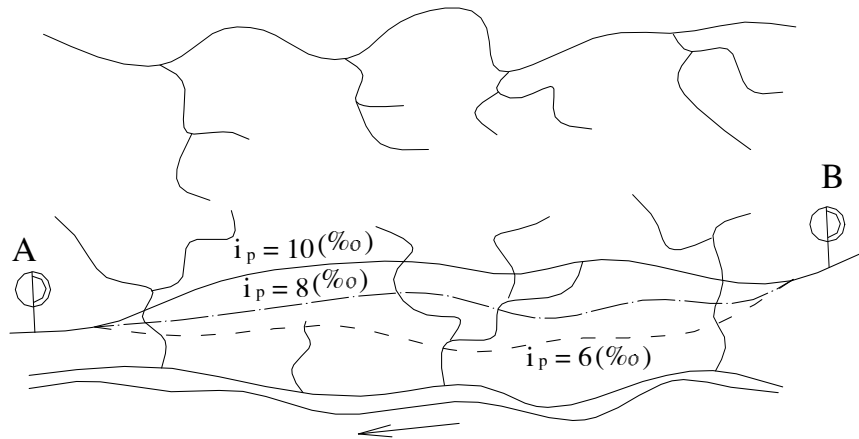
Khuyết điểm của tuyến men sườn núi là:

a. Về địa hình nếu sườn núi có nhiều khe vực thì vì tránh nó phải cho tuyến lượn do đó bình đồ vòng vèo, có thể phải dùng bán kính nhỏ, có khi khối lượng đất đá lớn.

b. Số công trình nhân tạo sẽ nhiều hơn so với tuyến men sông vì trên sườn núi có nhiều suối, sông con. Thường tuyến càng đi trên cao thì càng nhiều cống (vì trên cao nhiều suối).

c. Đặt ga trên sườn núi khó khăn và khối lượng công tác lớn, nhiều khi phải đặt trên đường cong.

d. Tùy theo địa hình sườn núi có thể phải xây kè, tường chắn, đề phòng đá rơi. Nhiều khi ở sườn núi còn xuất hiện những nguồn nước ngầm hay là hang động. Xét về quan điểm này thì phương án men sườn núi bộc lộ rõ nhược điểm so với tuyến men sông và men đường phân thủy.



Hình 3-17. Tuyến men sườn núi

Tuyến đường sắt từ Ga Phố Tráng (Bắc Giang) đi Lạng Sơn là tuyến men theo sườn núi.

3.4.4. Vạch tuyến cắt đường phân thủy.

Đây là trường hợp phức tạp và khó khăn vì phải vượt qua các chướng ngại cao thấp, nó có khuyết điểm sau:

- Chiều dài đoạn vạch tuyến khó khăn lớn, lượng triển tuyến lớn.
- Phải vượt độ cao lớn.
- Khối lượng đất đá lớn, đặc biệt là ở nơi giao giữa đường phân thủy và thung lũng.

d. Nhiều khi phải làm hầm trên đỉnh đèo và cầu cạn dưới chân đèo (Tuyến đường sắt vượt qua Đèo Hải Vân).

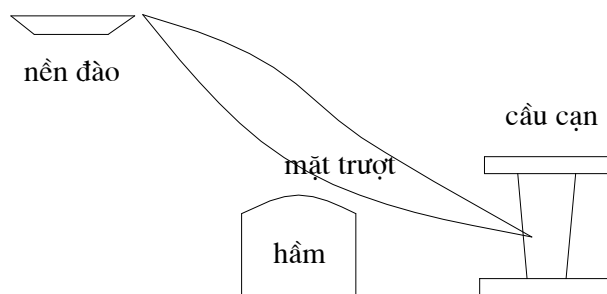
3.4.5. Vạch tuyến theo điều kiện địa chất phức tạp.

Trong trường hợp địa chất khó khăn thì yếu tố ảnh hưởng nhiều đến tuyến không phải là địa hình mà là địa chất và địa chất thủy văn. Vì vậy việc vạch tuyến phải tiến hành song song với việc điều tra địa chất và địa chất thủy văn ở nơi tuyến đi qua (chiều ngang 1 ÷ 5 km, có khi lớn hơn).

1. Đất trượt.

Tốt nhất là tránh vùng đất trượt, nếu đi qua vùng đất trượt khắc phục bằng cách:

- a. Tuyến đi phía trên cao và bên ngoài mặt trượt bằng nền đào nông (Vì trên đó cường độ trượt yếu hơn, không đi bằng nền đắp vì sẽ tạo thêm trọng lượng trượt).
- b. Hàm đi dưới mặt trượt.
- c. Cầu cạn có móng ở dưới mặt trượt.



Hình 3-18. Tuyến đi qua địa chất phức tạp

2. Vạch tuyến qua vùng có hang động (qua vùng castơ).

Hang động dễ gây sụt nền đường tốt nhất là nên tránh qua nó.

Nếu thấy tránh mà không lợi về kinh tế thì giải quyết bằng nền đắp nông và dùng một số biện pháp chống lại hiện tượng Castơ như thoát nước mặt tốt cho nền đường, đánh sập hang hoặc là phun vữa bê tông lấp đầy hang (Đoạn tuyến đường sắt ở Dốc Xây - Ninh Bình).

3. Vạch tuyến qua vùng đầm lầy.

Phải thăm dò để đánh giá chiều sâu và tính chất của lớp bùn, phải xét đến nguyên nhân phát sinh bùn lầy, nguồn nước cung cấp để đề ra biện pháp khai thông và làm khô vùng đó. Việc chọn phương án đi vòng hay là đi qua đầm lầy là theo quan điểm kinh tế.

Nếu đi qua vùng đầm lầy thì:

- a. Tuyến phải đi qua vùng bùn lầy hẹp nhất và nơi mặt đáy không có dốc ngang.
- b. Nên lái tuyến đi gần nơi có đất tốt có thể dùng để đắp nền đường.
(Đoạn tuyến đường sắt ở đầu cầu Hàm Rồng phía bắc qua đầm lầy).

3.5. VẠCH TUYẾN QUA SÔNG.

Chọn vị trí cầu phải phù hợp với hướng tuyến, không nên làm xa hướng tuyến nhiều quá.

- a. Cầu lớn thì đường theo cầu.
- b. Cầu nhỏ và cầu trung thì cầu theo đường.

Về mặt thuỷ văn và địa hình địa mạo.

- a. Lòng sông phải ổn định, thẳng đều (nếu không sẽ bị xói mòn)
- b. Sông phải hẹp, bãi nhỏ, lòng sông cạn, không có nhánh, không có bãi nổi và bùn lầy.

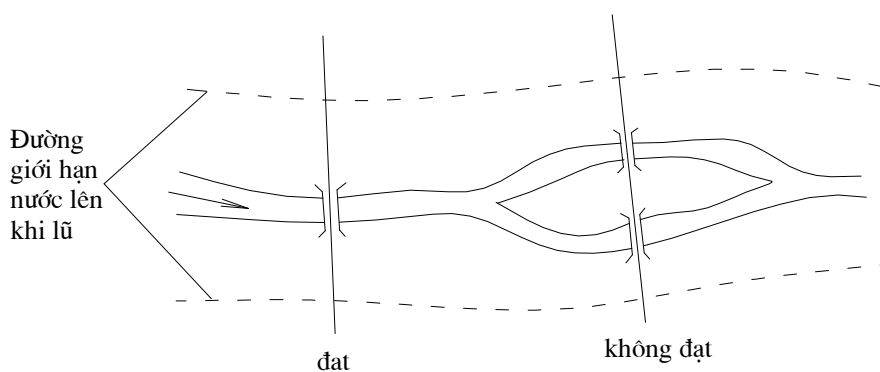
c. Cầu phải vuông góc với sông (tức là nên chọn nơi nào thung lũng sông và dòng chủ song song với nhau). Nếu khó khăn cầu có thể làm vuông góc với dòng chủ và lệch với thung lũng sông $5 \div 10^0$ đối với sông có thông thuyền hay ngược lại vuông góc với thung lũng sông và lệch với dòng chủ $5 \div 10^0$ nếu sông không có thông thuyền.

d. Không nên đặt góc quay ở bãi sông, nếu bắt buộc phải đặt góc quay thì phải phù hợp với hướng nước chảy (vì đặt ngược sẽ tạo ra xoáy làm hỏng móng trụ).

- e. Tận dụng đặt vị trí cầu cách xa bãi bồi.

Về mặt địa chất cố gắng chọn nơi có tầng đá cơ bản gần đáy sông, địa chất bờ sông ổn định, không sụt lở, không có casto.

Tuyến Hà Nội - Lạng Sơn qua Sông Hồng, Sông Đuống, Sông Cầu, Sông Thương; Tuyến Hà Nội - Hải Phòng qua Sông Thái Bình ở Hải Dương; tuyến đường sắt Hà Nội - Thanh Hoá qua Sông Đáy Phủ Lý, Ninh Bình.



Hình 3-19. Vạch tuyến qua sông

3.6. ĐÁNH GIÁ VIỆC VẠCH TUYẾN.

Lựa chọn đúng tuyến sẽ đem lại hiệu quả kinh tế lớn, còn chọn tuyến không đúng sẽ kéo theo tăng một cách vô ích chi phí xây dựng công trình cũng như chi phí khai thác sau này.

Để đánh giá việc vạch tuyến người ta dùng các chỉ tiêu tuyến sau:

a. Chiều dài tuyến L: bao gồm chiều dài các đoạn thẳng và chiều dài các đường cong.

b. Chiều dài triển tuyến thêm $\Delta L = L - L_0$ (km)

L_0 - chiều dài đường chim bay đo trực tiếp trên bản đồ hoặc tính toán thông qua toạ độ các điểm đầu, điểm cuối và điểm kinh tế nếu có.

c. Hệ số triển tuyến $\lambda = \frac{L}{L_0}$; trong trường hợp tương đối thuận lợi $\lambda = 1,05 \div$

1,15

d. Chiều dài và tỷ lệ % đoạn vạch tuyến tự do, vạch tuyến khó khăn cho phép đánh giá xem việc chọn dốc hạn chế i_p và hướng tuyến hợp lý hay chưa (Ví dụ nếu hệ số triển tuyến lớn $\lambda > 1,25$ và đoạn đi với vạch tuyến khó khăn chiếm $> 50\%$ thì để giảm chiều dài tuyến cần xem xét phương án đi dốc hạn chế i_p lớn hơn. Ngược lại nếu hệ số triển tuyến nhỏ và đoạn vạch tuyến khó khăn cũng chiếm tỷ lệ nhỏ thì để tăng chiều dài đoạn vạch tuyến khó khăn có thể dùng dốc hạn chế i_p nhỏ hơn, trong trường hợp này dốc hạn chế i_p nhỏ không được kéo theo lượng triển tuyến lớn mà chỉ làm tăng không đáng kể khối lượng công tác đất đá).

3.7. QUY ĐỊNH BẢN VẼ BÌNH ĐỒ VÀ TRẮC DỤC TUYẾN, CÁC SỐ ĐO BÌNH ĐỒ VÀ TRẮC DỤC.

1. Quy định chung.

Bản vẽ được thực hiện trên giấy có khổ 297 mm hoặc khi cần thiết 594 mm và chiều dài là bội số của 210 mm.

2. Bình đồ tuyến.

Bình đồ tuyến đường thường là 1/10.000 hoặc 1/25.000 (giai đoạn khả thi); 1/2000 hoặc là 1/5000, 1/1000 (thiết kế kỹ thuật). Trên bình đồ khi cần thiết có sơ hoạ địa hình, có đỉnh góc quay, có các yếu tố đường cong, có điểm đầu và điểm cuối đường cong (tính cả đường cong hoà hoãn), có lý trình, có nhà cửa và công trình, có ga, có đường ngang ... Trên bình đồ chỉ ra cả phạm vi chiếm đất để xây dựng đường.

Khi thiết kế chi tiết bình đồ để thuận tiện cho việc định vị và bảo dưỡng đường cong nên chọn chiều dài đường cong chẵn đến 10 m hoặc 5m, điều này có thể thực hiện được bằng cách thay đổi không đáng kể góc quay.

3. Trắc dọc tuyến.

Trắc dọc thường được vẽ theo tỷ lệ 1/10000 - chiều dài; 1/1000 - chiều cao (hoặc là tỷ lệ của chiều dài theo tỷ lệ của bình đồ).

Trên trắc dọc đưa ra đường cao độ mặt đất thiên nhiên (đường màu đen), đường cao độ vai đường thiết kế (đường màu đỏ), cao độ mực nước (màu xanh).

Phía trên của đường thiết kế đánh ký hiệu các ga và lý trình ga, đường ngang, loại và khẩu độ các công trình thoát nước, các thiết bị trên mặt đất và ngang mặt đất, ghi chiều cao đắp ở những điểm đắp cao nhất.

Phía dưới đường thiết kế ghi chiều cao đào ở những điểm đào sâu nhất, đánh ký hiệu các công trình thoát nước.

CHƯƠNG 4.

SO SÁNH KINH TẾ KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN.

4.1. NHỮNG NGUYÊN TẮC CƠ BẢN KHI SO SÁNH PHƯƠNG ÁN.

4.1.1. Khái niệm.

Trong việc đầu tư xây dựng, nhiệm vụ cơ bản nhất là nâng cao hiệu quả vốn đầu tư, giảm giá thành xây dựng. Để thực hiện được giải pháp đó cần phải so sánh một cách chi tiết và cẩn thận về kinh tế kỹ thuật các phương án thiết kế đưa ra.

"Phương án là một trong những cách giải quyết nhiệm vụ thiết kế, nó phải thoả mãn yêu cầu nhiệm vụ thiết kế, có thể đem so sánh với các cách giải quyết khác cùng một nhiệm vụ đó".

Lựa chọn được phương án hợp lý khi:

- a. Phương án được đề xuất càng đầy đủ thì càng có cơ sở để chọn ra phương án tốt nhất.
- b. Không nên đề xuất quá nhiều số phương án, nếu không sẽ làm rối loạn sự so sánh.
- c. Ở giai đoạn thiết kế tuyến lập dự án khả thi phải đề xuất tối thiểu hai phương án tuyến.
- d. Mức độ so sánh phương án phải chi tiết và chính xác như nhau.

4.1.2. Các chỉ tiêu so sánh phương án.

Để đánh giá các phương án có thể dùng các chỉ tiêu sau:

1. Các chỉ tiêu thoả mãn những yêu cầu cơ bản của nền kinh tế quốc dân, xét đến cả hai mặt chất lượng và số lượng có ảnh hưởng đến:

a. Mức phát triển của nền kinh tế quốc dân trong vùng thiết kế (phát triển lực lượng sản xuất, sử dụng tài nguyên thiên nhiên, phát triển công nông nghiệp, bảo vệ môi trường thiên nhiên).

b. Khả năng đảm bảo nhu cầu vận tải của tuyến, cải thiện mạng lưới đường cũ, kết hợp đường sắt và đường giao thông khác.

c. Khả năng dự trữ con đường thiết kế (khả năng thông qua, khả năng chuyên chở, điều kiện tăng cường năng lực qua từng giai đoạn).

2. Các chỉ tiêu kỹ thuật:

Đó là các số đo bình đồ, trắc dọc và tuyến ở khu gian và điểm phân giới.

3. Các chỉ tiêu về khối lượng xây dựng.

Đó là khối lượng công trình, điều kiện cơ giới hoá xây dựng; thời gian xây dựng công trình và thời gian nộp đường vào khai thác tạm thời và khai thác vĩnh cửu; yêu

cầu về máy móc thiết bị và vật liệu xây dựng. bố trí các cơ sở công nghiệp, cơ sở sản xuất, kho tàng vật liệu xây dựng ...

4. Các chỉ tiêu khai thác.

Đó là thời gian tàu chạy, lượng tiêu hao nhiên liệu; tiêu chuẩn trọng lượng và việc thống nhất hoá tiêu chuẩn này ở những ga đầu mối; chỉ tiêu về quay vòng đầu máy toa xe, nhu cầu về đầu máy toa xe; số lượng đoạn phải dùng đầu máy gia cường và nhu cầu của nó; định biên cán bộ cho công tác khai thác.

e. Các chỉ tiêu kinh tế tổng hợp (chỉ tiêu giá tiền).

Đó là vốn đầu tư ban đầu và vốn đầu tư cho các giai đoạn sau để tăng cường năng lực cho đường; chi phí mua sắm đầu máy toa xe ở giai đoạn khai thác ban đầu và về sau; chi phí khai thác hàng năm; giá thành chuyên chở và khả năng hạ dần trong tương lai.

4.2. SO SÁNH PHƯƠNG ÁN THEO CHỈ TIÊU GIÁ TIỀN.

4.2.1. Ý nghĩa của việc so sánh theo chỉ tiêu giá tiền.

Tuỳ theo ý nghĩa của đối tượng, giai đoạn thiết kế mà mục tiêu so sánh các chỉ tiêu về giá tiền có thể xác định ở mức độ chi tiết và chính xác khác nhau.

Thông thường các số liệu xuất phát để xác định hiệu quả kinh tế là chỉ tiêu giá tiền đặc trưng cho vốn đầu tư toàn bộ và chi phí khai thác hàng năm.

Vốn đầu tư được phân ra:

a. Vốn đầu tư ban đầu là vốn đầu tư cần thiết thực hiện tất cả các công tác trước khi chuyển giao đường vào khai thác.

b. Vốn đầu tư bổ xung là vốn đầu tư cần thiết thực hiện trong quá trình khai thác để tăng cường năng lực cho đường theo từng giai đoạn công tác riêng lẻ của nó.

Trong thực tế thiết kế người ta thường đưa ra hai trường hợp đặc trưng nhất:

a. So sánh phương án theo vốn đầu tư một giai đoạn.

b. So sánh phương án theo vốn đầu tư nhiều giai đoạn.

4.2.2. So sánh phương án khi đầu tư một giai đoạn.

Gọi A_1 và A_2 là vốn đầu tư một giai đoạn của phương án 1 và 2.

E_1 và E_2 là chi phí khai thác hàng năm của phương án 1 và 2.

Nếu $\left. \begin{array}{l} A_1 > A_2 \\ E_1 > E_2 \end{array} \right\}$ phương án 2 ưu việt hơn, các phương án như thế gọi là phương

án không cạnh tranh.

Nhưng trong thực tế thường xảy ra:

$$\left. \begin{array}{l} A_1 > A_2 \\ E_1 < E_2 \end{array} \right\} \text{ các phương án này gọi là các phương án cạnh tranh.}$$

1. So sánh phương án khi đầu tư một giai đoạn theo thời gian hoàn hồi t_{hb} .

Nếu việc xây dựng theo phương án có vốn đầu tư lớn hơn được thực hiện thì vốn bỏ thêm của phương án 1 so với phương án 2 là $A_1 - A_2$ và tương ứng với nó chi phí khai thác hàng năm của phương án 1 tiết kiệm được so với phương án 2 là $E_2 - E_1$, có thể hoàn hồi vốn đầu tư bỏ thêm với chi phí tiết kiệm này với thời gian hoàn hồi là:

$$t_{hb} = \frac{A_1 - A_2}{E_2 - E_1} \quad (4-1)$$

Thời gian hoàn vốn tiêu chuẩn t_{hbtc} thường do Bộ Kế hoạch đầu tư quy định:

+ $t_{hbtc} = 10$ năm với các công trình xây dựng có ý nghĩa quốc gia như tuyến đường sắt mới.

+ $t_{hbtc} = 8$ năm với các công trình cần đảm bảo hiệu quả vốn đầu tư lớn hơn.

+ $t_{hbtc} = 12$ năm với các công trình ở vùng có điều kiện địa hình khó khăn và thiên nhiên khắc nghiệt.

Nếu $t_{hb} \leq t_{hbtc}$ chọn phương án 1 (phương án có vốn đầu tư ban đầu lớn hơn).

$t_{hb} > t_{hbtc}$ chọn phương án 2 (phương án có vốn đầu tư ban đầu nhỏ hơn).

2. So sánh phương án khi đầu tư một giai đoạn theo hệ số hiệu quả vốn đầu tư c .

Khi chi phí khai thác tiết kiệm được cố định, tức là $E_2 - E_1$ không đổi theo giá trị trong một thời gian, phần của vốn đầu tư bỏ thêm $A_1 - A_2$ sẽ được hoàn hồi hàng năm. Tỉ số giữa chi phí khai thác tiết kiệm được hàng năm trên vốn đầu tư bỏ thêm được gọi là hệ số hiệu quả của vốn đầu tư.

$$c = \frac{E_2 - E_1}{A_1 - A_2} = \frac{1}{t_{hb}} >< \frac{1}{t_{hbtc}} = c_{tc} \quad (4-2)$$

Nếu $c \geq \frac{1}{t_{hbtc}} = c_{tc}$ - chọn phương án 1

Nếu $c < \frac{1}{t_{hbtc}} = c_{tc}$ - chọn phương án 2

ở đây c_{tc} - hệ số hiệu quả vốn đầu tư tiêu chuẩn.

$c_{tc} = 0,08$ khi $t_{hbtc} = 12$ năm

$c_{tc} = 0,10$ khi $t_{hbtc} = 10$ năm

$$c_{hbtc} = 0,12 \text{ khi } t_{hbtc} = 8 \text{ năm}$$

3. So sánh phương án khi đầu tư một giai đoạn theo chi phí quy đổi (chi phí dẫn xuất).

Biến đổi bất đẳng thức (4-2) và thay $c = c_{tc}$ ta có

$$A_1 c_{tc} + E_1 > < A_2 c_{tc} + E_2 \text{ - chi phí quy đổi từ A sang E} \quad (4-3)$$

$$\text{hay là: } A_1 + \frac{E_1}{c_{tc}} > < A_2 + \frac{E_2}{c_{tc}} \quad (4-4)$$

$$\rightarrow K_{dx1} > < K_{dx2} \text{ - tổng chi phí quy đổi}$$

Phương án có hiệu quả kinh tế nhất là phương án có chi phí quy đổi hoặc tổng chi phí quy đổi là nhỏ nhất.

Nhận xét chung:

a. Khi so sánh hai phương án thì áp dụng công thức (4-1) hoặc là công thức (4-2).

b. Khi so sánh nhiều phương án thì áp dụng công thức (4-3) hoặc là công thức (4-4).

c. Các công thức (4-1) (4-2) (4-3) (4-4) chỉ áp dụng khi chi phí khai thác không thay đổi theo thời gian.

4. So sánh phương án khi đầu tư một giai đoạn có chi phí khai thác thay đổi hàng năm.

a. Xác định hệ số quy đổi chi phí về năm tính toán.

Giả sử người ta đầu tư một số tiền là K_0 vào một lĩnh vực sản xuất nào đó thì sau mỗi năm số tiền đó sẽ mang lại lợi nhuận.

Ở thời điểm ban đầu vốn đầu tư là K_0 .

$$\text{Thì sau một năm vốn đầu tư là } K_1 = K_0 + c_{tc}K_0 = K_0(1 + c_{tc})$$

$$\text{sau hai năm vốn đầu tư là } K_2 = K_1 + c_{tc}K_1 = K_0(1 + c_{tc})^2$$

$$\text{sau ba năm vốn đầu tư là } K_3 = K_2 + c_{tc}K_2 = K_0(1 + c_{tc})^3$$

$$\text{sau } t \text{ năm vốn đầu tư là } K_t = K_{t-1} + c_{tc}K_{t-1} = K_0(1 + c_{tc})^t \quad (4-5)$$

Từ công thức (4-5) nhận thấy rằng đồng tiền theo thời gian tăng theo quy luật % phức tạp. Chúng ta đặt bài toán ngược lại: cần thực hiện vốn đầu tư ban đầu K_0 nào để sau t năm nó là K_t . Từ công thức (4-5) có:

$$K_0 = \frac{K_t}{(1 + c_{tc})^t} = K_t \cdot \eta_t \quad (4-6)$$

Trong đó $\eta_t = \frac{1}{(1 + c_{tc})^t}$ - hệ số quy đổi chi phí về năm ban đầu.

Như vậy giá trị của chi phí trong tương lai khi đưa về năm ban đầu bị giảm đi, để tìm được nó cần nhân với hệ số quy đổi tương ứng.

b. So sánh phương án khi vốn đầu tư một giai đoạn có chi phí khai thác thay đổi hàng năm.

Tổng chi phí quy đổi của mỗi phương án về năm ban đầu "năm 0) là:

$$K_{dx} = A + \sum_{t=1}^T E_t \eta_t \quad (4-7)$$

ở đây T - thời gian xem xét.

Nếu chi phí khai thác không đổi theo thời gian thì

$$K_{dx} = A + E \sum_{t=1}^T \eta_t \quad (4-8)$$

Nếu biết sự phụ thuộc của chi phí khai thác theo thời gian $c = c(t)$ thì công thức (4-8) có thể được thể hiện như sau:

$$K_{dx} = A + \int_0^T E(t) \cdot \eta_t dt \quad (4-9)$$

$$\text{Đặt } S = \int_0^T E(t) \cdot \eta_t dt = \int_0^{\infty} E(t) \cdot \eta_t dt - \int_T^{\infty} E(t) \cdot \eta_t dt$$

Ở công thức trên vế phải có tích phân thứ hai nhỏ hơn rất nhiều tích phân thứ nhất nên người ta có thể bỏ qua, như vậy

$$S = \int_0^{\infty} E(t) \cdot \eta_t dt$$

Nếu $E(t) = E$ thì

$$K_{dx} = A + E \int_0^{\infty} \frac{dt}{(1 + c_{tc})^t} = A + E \frac{1}{\ln(1 + c_{tc})}$$

Sau khi khai triển $\ln(1 + c_{tc})$ theo chuỗi Mac lơ ranh ta lấy gần đúng

$$\ln(1 + c_{tc}) = \frac{1}{c_{tc}} \text{ và}$$

$$K_{dx} = A + \frac{E}{c_{tc}} \quad (4-10)$$

Công thức này như công thức (4-4). Như vậy khi chi phí khai thác không đổi theo thời gian thì tính chi phí dẫn xuất theo (4-4) cũng giống như theo (4-8).

4.2.3. So sánh phương án khi đầu tư nhiều giai đoạn.

Trong thực tế thiết kế đường sắt mới cũng như tăng cường đường đang khai thác thường so sánh phương án khi phân kỳ vốn đầu tư hay nói cách khác vốn đầu tư được thực hiện ở các giai đoạn làm việc khác nhau của đường. Trong trường hợp này người ta dùng hệ số quy đổi không chỉ với chi phí khai thác mà với cả chi phí đầu tư xây dựng trong từng thời kỳ nhất định và tổng chi phí quy đổi được tính như sau:

$$K_{dx} = A_0 + \sum_1^{m-1} \frac{A_{ij}}{(1 + c_{tc})^{t_{ij}}} + \sum_1^m \sum_{td}^{tc} \frac{E_i(t)}{(1 + c_{tc})^t} \quad (4-11)$$

Trong đó:

A_0 - vốn đầu tư xây dựng ban đầu

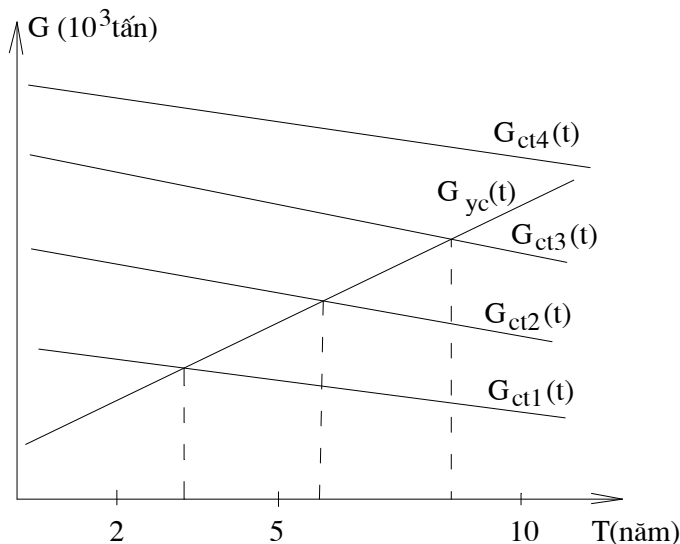
m - số giai đoạn làm việc của đường

$m - 1$ - số lần chuyển từ một giai đoạn sang giai đoạn tiếp theo

t_{ij} - năm thay đổi giai đoạn làm việc của đường (năm thực hiện vốn đầu tư bổ xung A_{ij})

t_d - năm bắt đầu khai thác đường ở giai đoạn xác định.

t_c - năm kết thúc khai thác đường ở giai đoạn xác định.



Hình 4.1. Biểu đồ so sánh phương án đầu tư nhiều giai đoạn

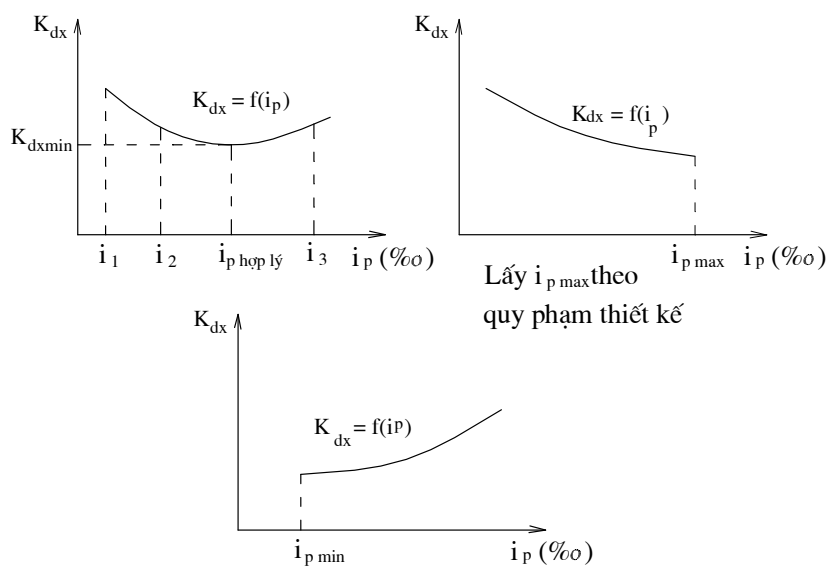
4.2.4. Phương pháp chọn độ dốc hạn chế i_p theo kinh phí quy đổi.

Trong thiết kế đường sắt ta phải chọn độ dốc hạn chế i_p hợp lý nhất để có lợi về mặt kinh tế khi xây dựng cũng như khi khai thác sau này nhưng vẫn phải đảm bảo được khối lượng vận chuyển yêu cầu. Như vậy muốn chọn được phương án tốt nhất

ta phải xây dựng được mối quan hệ $K_{dx} = f(i_p)$ và i_p nào cho K_{dx} nhỏ nhất là i_p được chọn. Để đơn giản ta có thể dùng đồ thị để xây dựng mối quan hệ trên bằng cách đưa ra vài trị số độc hạn chế và với mỗi độc hạn chế xác định được chi phí dẫn xuất

$$K_{dx} = A + \frac{E}{c_{ic}}$$

Có thể gặp 3 trường hợp sau:



Lấy i_p min theo điều kiện khởi động hoặc theo quy phạm thiết kế

Hình 4-2. Biểu đồ chọn i_{pmin} theo K_{dx}

4.3. TÍNH KHỐI LƯỢNG CÔNG TRÌNH VÀ GIÁ THÀNH XÂY DỰNG CÁC PHƯƠNG ÁN.

4.3.1. Khái niệm.

Với mục đích so sánh các phương án ta không cần phải tính toán tỉ mỉ và công phu khối lượng công việc và giá thành vì không cần thiết (chỉ cần tính chính xác khi làm đồ án bản vẽ thi công và làm dự toán).

Khi so sánh phương án ta chỉ cần tính những khối lượng và giá thành của các đối tượng và loại công việc nào đó ở các phương án khác nhau rõ rệt.

Mức độ tỉ mỉ và phương pháp tính toán thế nào là do tính chất của các phương án cần được so sánh và do giai đoạn thiết kế quyết định.

Khi so sánh phương án cần xét đến những loại công tác sau:

- Kinh phí về khối lượng đào đắp nền đường và công trình phụ thuộc.
- Kinh phí về công trình cầu hầm, cống, tường chắn.

c. Kinh phí về đặt kết cấu tầng trên và các kiến trúc khác tỷ lệ với chiều dài tuyến (nhà cửa công vụ, thông tin liên lạc, tín hiệu, trạm biến thế, mạng điện, điện khí hoá dọc tuyến ...).

d. Kinh phí công trình về ga.

e. Kinh phí về mua sắm đầu máy toa xe và tổn thất về ứ đọng hàng hoá.

Ngoài những công tác cơ bản trên khi so sánh có thể phải xét những loại công tác khác nhau mà các phương án khác nhau rõ rệt như củng cố địa chất ở nơi đất xấu, công tác gia cố đường nơi có đường cong nhỏ ...

Nếu các phương án có các công trình, các kết cấu, các đoạn tuyến có giá trị như nhau, giá thành như nhau thì không cần nêu ra để so sánh.

4.3.2. Tính khối lượng công tác và giá thành nền đường.

1. Tính khối lượng công tác nền theo trắc ngang:

Chính xác nhưng mất thời gian. Nó được áp dụng để tính khi độ dốc ngang thiên nhiên $> 1/5$, ở nơi nền đường thiết kế đặc biệt, nơi nửa đào nửa đắp, khi đào đắp các loại đất khác nhau. Theo cách này ta phải tính diện tích trắc ngang của từng đoạn nhỏ rồi tính khối lượng.

2. Tính khối lượng công tác nền theo bảng khối lượng từng cọc.

Được áp dụng ở những nơi có trắc ngang thông thường. Độ dốc ngang thiên nhiên $< 1/5$, chỉ cần tính theo các bảng tính sẵn của từng cọc, do đó cần phải có trắc dọc tỉ mỉ. Cần tính khối lượng đất theo phương pháp này.

3. Tính khối lượng công tác nền theo cao độ đào đắp trung bình.

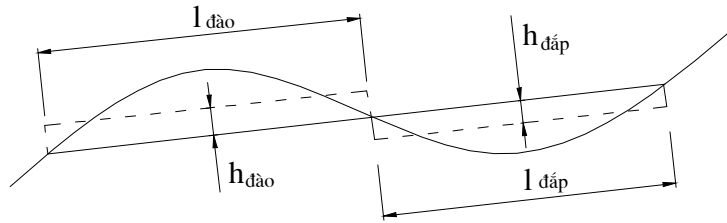
Dùng trắc dọc gián lược lần lượt xét từng đoạn ngắn đào riêng đắp riêng có cao độ không thay đổi lắm được coi bằng cao độ đào đắp trung bình. Theo cao độ đào đắp trung bình h_{tb} và chiều dài của từng đoạn nhỏ l (km) của trắc dọc, tính khối lượng theo công thức:

$$Q = \sum q_{đào} l_{đào} + \sum q_{đắp} l_{đắp} \quad (m^3) \quad (4-12)$$

Trong đó:

$q_{đào}, q_{đắp}$ - khối lượng đất đào và đắp của 1 km của từng cao độ trung bình (m^3/km)

$l_{đào}, l_{đắp}$ - chiều dài của các đoạn đào, đắp (m).



Hình 4-3. Tính khối lượng đất đá theo h_{tb}

Khối lượng đất $q_{đào}$, $q_{đắp}$ có thể lấy ở bảng, ở đồ thị hay tính trực tiếp.

Khối lượng đất của đường chính tính theo từng km với công thức:

$$q = \frac{Q}{L} \text{ (m}^3\text{/km)}$$

Thường những đoạn tuyến dễ dàng $q = 15.000 \text{ m}^3\text{/km}$, đoạn tuyến trung bình $q = 16.000 \div 30.000 \text{ m}^3\text{/km}$, đoạn tuyến khó khăn $q > 30.000 \text{ m}^3\text{/km}$.

4. Tính khối lượng công tác nền theo phương pháp chọn mẫu (dùng hình mẫu trắc dọc).

Theo cách này ta có thể tìm khối lượng đất cho từng đoạn đường có khối lượng đất cho 1 km gần như nhau. Trắc dọc thường được phân ra 3 loại:

- a. Loại dễ cao độ đào đắp là $2 \div 3 \text{ m}$
- b. Loại vừa cao độ đào đắp là $3 \div 6 \text{ m}$
- c. Loại khó cao độ đào đắp là $> 6 \text{ m}$

Đối với mỗi loại ta chọn ra vài ba km điển hình rồi tính khối lượng cho từng km, sau đó tính ra khối lượng trung bình của loại đó.

Như vậy khối lượng đất trên cả tuyến đường có thể tính theo công thức:

$$Q = q_1 \Sigma l_1 + q_2 \Sigma l_2 + q_3 \Sigma l_3 \text{ (m}^3\text{)} \quad (4-13)$$

Trong đó:

q_1, q_2, q_3 - khối lượng đất trung bình một km của từng loại

$\Sigma l_1, \Sigma l_2, \Sigma l_3$ - tổng chiều dài các đoạn của từng loại (km)

Chú ý:

Ở những nơi qua đầm lầy cao độ nền đắp h phải thêm vào một đại lượng lún m tùy theo chiều sâu lớp bùn h_b , tính chất của lớp bùn, điều kiện thi công (nạo hết bùn hay một phần, nén đá, làm cọc cát ...). Như vậy chiều cao đất nền phải đắp h_n là:

$$h_n = h + mh_b$$

4.3.3. Tính khối lượng công tác và giá thành công trình nhân tạo.

Khi thiết kế và thi công ta thường dùng các kết cấu cầu cống định hình, theo từng thiết kế đó ta tính khối lượng và giá thành để so sánh, ngoài ra cần phải xét

thêm các điều kiện cụ thể như loại và chiều sâu lớp nền móng, chiều cao nền đường... Khối lượng của cống có thể tính theo bảng trong đó nêu khối lượng của miệng cống, nền cống và khối lượng của từng mét dài đót cống. Tất cả những thứ trên tính cho từng loại cống, loại khẩu độ.

Chiều dài cống được tính theo công thức sau:

$$L_c = B_{nd} - 2m\Phi \quad (4-15)$$

hoặc là $L_c = B_m + 2mh - 2m\Phi$

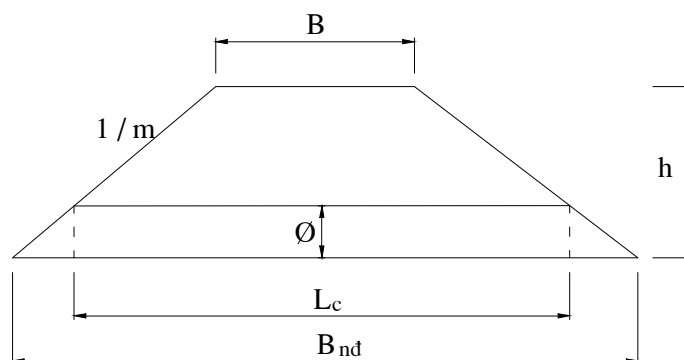
Trong đó:

B_{nd} - bề rộng đáy nền đường

B_m - bề rộng mặt nền đường

m - hệ số mái dốc ta luy

Φ - đường kính ống cống



Hình 4-4. Xác định chiều dài cống

Giá thành cầu cống tính bằng cách nhân khối lượng với đơn giá của từng loại công tác hay vật liệu.

4.3.4. Tính khối lượng và giá thành kết cấu tầng trên.

Khối lượng công tác kết cấu tầng trên phụ thuộc loại và năng lực kết cấu tầng trên ta chọn (loại ray, đá, phụ kiện, tà vẹt). Năng lực kết cấu tầng trên của đường chính quy định trong quy phạm tùy theo cấp đường và số lượng hàng hoá chuyên chở.

Khi so sánh phương án nói chung ta chỉ cần tính giá thành theo giá đơn vị tổng quát của từng loại năng lực kết cấu tầng trên (giá 1 km kết cấu tầng trên). Chỉ trong trường hợp đặc biệt như khi có đường cong bán kính nhỏ ta mới cần tính thêm tiền gia cố đường cong.

4.3.5. Tính khối lượng công tác và giá thành các ga.

Vì khối lượng đất và cầu cống đã xét ở đường chính rồi nên đối với các ga khi so sánh phương án ta chỉ cần xét đến kết cấu tầng trên, nhà cửa và các công trình

khác. Chiều dài các đường ở ga, trừ đường chính ra ta tính theo các bản sơ đồ định hình. Khối lượng và giá thành nhà cửa ở ga cũng như các kết cấu khác ta có thể tính sơ bộ theo sơ đồ ga, theo số lượng tàu chạy trong ga. Nhưng khi không yêu cầu chính xác làm thì giá thành các ga có thể tính theo đơn giá tổng quát một ga tùy theo loại ga.

Ngoài những loại công tác trên tùy theo tình hình cụ thể mà ta phải xét đến những thứ khác như khối lượng và giá thành xây dựng nhà ở, nhà công vụ, đường dây thông tin liên lạc. Những loại công tác này được tính cho từng km tùy theo cấp đường, mức độ đông đúc dân cư mà tuyến đi qua, khối lượng hàng vận chuyển và loại thông tin.

4.3.6. Tính giá thành xây dựng các phương án.

$$Q = QS + L_{kt}a_1 + L_{ga}a_2 + A_{cc} + L_{tt}a_3 + L_{kt}a_4 + \sum N_{ga}a_5 \quad (4-16)$$

Trong đó:

A - giá thành xây dựng toàn bộ

QS - giá thành xây dựng nền

L_{kt} , L_{ga} , L_{tt} - chiều dài đường khai thác, các đường ga và đường thông tin

a_1 , a_2 , a_3 - giá thành 1 km kết cấu tầng trên đường chính, đường ga, đường dây thông tin

A_{cc} - giá thành xây dựng cầu cống trên tuyến

a_4 - đơn giá bình quân của các kết cấu công trình dọc tuyến như nhà cửa, biển báo, tín hiệu

N_{ga} , a_5 - số điểm phân giới và đơn giá của điểm phân giới.

Kết quả tính toán của các phương án đem chia cho chiều dài tuyến thiết kế để tìm ra giá thành của 1 km.

Thông thường giá thành của từng hạng mục công trình chiếm một tỷ lệ như sau so với giá thành xây dựng:

+ Công tác đất 8 ÷ 19% trong điều kiện dễ dàng, 25 ÷ 28% trong điều kiện phức tạp.

+ Công trình nhân tạo 3 ÷ 6% trong điều kiện dễ dàng, 6 ÷ 12% trong điều kiện phức tạp.

+ Công tác kết cấu tầng trên 25 ÷ 35% trong điều kiện dễ dàng, 15 ÷ 25% trong điều kiện phức tạp.

Nếu các phương án khác nhau nhiều về điều kiện sử dụng tàu xe thì phải xét đến tiền mua sắm tàu xe, còn nếu trong quá trình khai thác nếu mua sắm đầu máy toa xe bổ sung thì tính ở chi phí khai thác:

$$N_{dm} = \frac{T_{dm}}{365.24} \text{ (đầu máy)} ; N_{tx} = \frac{T_{tx}}{365.24} \text{ (toa xe)} \quad (4-17)$$

Trong đó:

N_{dm} , N_{tx} - số đầu máy và toa xe có liên quan đến thời gian tàu chạy.

T_{dm} , T_{tx} - số giờ đầu máy và toa xe phục vụ trong một năm.

Khi có số đầu máy toa xe đem nhân với giá mua sắm một đầu máy và một toa xe ta được giá thành.

4.4. TÍNH CHI PHÍ KHAI THÁC KHI SO SÁNH PHƯƠNG ÁN.

4.4.1. Các phương pháp tính chi phí khai thác khi thiết kế đường sắt.

Chi phí khai thác là chi phí cho việc chạy tàu, việc sửa chữa tất cả các công trình, sửa chữa đoàn tàu và lương cán bộ công nhân viên.

Khác với đường sắt đang khai thác là đã biết các số liệu chi phí thực tế một cách chi tiết, ở đường thiết kế mới chi phí khai thác được xác định một cách tương đối.

Để so sánh các phương án thiết kế đường mới không cần tính chi phí khai thác với độ chính xác cao, điều quan trọng nhất là phân biệt sự khác nhau về chi phí giữa các phương án. Vì vậy có thể không tính đến một vài loại chi phí nào đó mà không ảnh hưởng lớn lắm đến chi phí chung và ít khác biệt giữa các phương án (như chi phí bảo dưỡng ga, chi phí cho bộ máy quản lý đường...).

Chi phí khai thác bao gồm hai nhóm

a. Những chi phí tỷ lệ với số lượng chuyển động (chi phí trực tiếp) E_{tt} (đ/năm).

b. Những chi phí bảo quản các kết cấu cố định (chi phí gián tiếp) E_{gt} (đ/năm).

Nhóm chi phí thứ nhất bao gồm chi phí nhiên liệu, chi phí sửa chữa đoàn tàu, một phần chi phí về bảo dưỡng và khấu hao kết cấu tầng trên, chi phí bảo dưỡng đầu máy và khám kỹ thuật toa xe ...

Nhóm chi phí thứ hai bao gồm bảo dưỡng thường xuyên đường chính và đường ga, chi phí bảo dưỡng công trình nhân tạo, thiết bị cấp điện, thông tin tín hiệu, ga. Nhóm chi phí thứ hai này cũng phụ thuộc vào số lượng chuyển động nhưng ở mức độ thấp hơn so với nhóm chi phí thứ nhất vì chi phí cho bảo dưỡng thường xuyên các kết cấu cố định ảnh hưởng đến công suất của chúng.

Chi phí khai thác của cả hai nhóm được xác định bằng cách cộng tất cả các thành phần chi phí tương ứng với các số đo riêng biệt.

$$E_{tt} = \sum_{i=1}^n a_i X_i \quad (4-18)$$

$$E_{gt} = \sum_{i=1}^m k_i Y_i \quad (4-19)$$

Trong đó:

X_i, Y_i - số đo chi phí

a_i, k_i - chi phí đơn vị.

Để xác định chi phí khai thác người ta sử dụng ba hệ thống tiêu chuẩn chi phí và số đo, đó là: tiêu chuẩn từng loại, tiêu chuẩn đơn nhóm, tiêu chuẩn đa nhóm.

a. Trong hệ số tiêu chuẩn từng loại các chi phí được xác định theo một loạt các số đo, điều này cho phép tính chính xác nhưng khối lượng tính lớn.

b. Trong hệ thống tiêu chuẩn đơn nhóm những chi phí có liên quan với nhau được thống nhất thành một loại công việc.

c. Trong hệ thống tiêu chuẩn đa nhóm người ta thống nhất các chi phí thành một. Hệ thống này xác định chi phí khai thác ít khó khăn hơn và có thể dùng so sánh phương án ở giai đoạn lập dự án.

4.4.2. Tính chi phí khai thác trực tiếp theo tiêu chuẩn từng loại.

$$E_{tt} = \sum_{i=1}^n a_i X_i$$

Để xác định chi phí trực tiếp đầu tiên người ta tính chi phí khai thác cho một đoàn tàu theo từng chiểu:

$$e_{1d.tàu} = e_{nl} + e_{tg} + e_{tq} \text{ (đồng/1 đoàn tàu)}$$

Trong đó:

e_{nl} - chi phí khai thác tỷ lệ với tiêu hao nhiên liệu.

e_{tg} - chi phí khai thác tỷ lệ với thời gian.

e_{tq} - chi phí khai thác tỷ lệ với số tàu thông qua.

Với đoàn tàu hàng do đầu máy điêzen kéo:

$$e_{1d.tàu} = [a_1 R_M + a_2 R_C + (a_3 + a_m) E] + (a_4 t_{Mh} + a_5 t_{MH} + a_6 t_{nH}) + (a_7 MS + a_8 nS + a_9 TK) \text{ (đồng/1 đoàn tàu)} \quad (4-20)$$

Với đoàn tàu hàng do đầu máy hơi nước kéo:

$$e_{1d.tàu} = (b_1 B_K + b_2 R_M + b_3 R_C + b_4 E_{nt}) + (b_5 t_{Mh} + b_6 t_{MH} + b_7 t_{nH}) + (b_8 MS + b_9 nS + b_{10} TK) \text{ (đồng/1 đoàn tàu)} \quad (4-21)$$

21)

Với đoàn tàu khách tính $e_{1d.tàu}$ tương tự như các công thức trên nhưng cộng thêm phần $a_K K$.

Trong đó:

a_i, b_i ($i = 1 \div 10$) - giá thành đơn vị của các số đo

a_1, a_2, b_2, b_3 - (đồng/TKm)

a_3, a_m, b_1, b_4 - (đồng/Rg)

R_M, R_C - công cơ học của lực kéo và lực cản (T-Km)

E - tiêu hao nhiên liệu điêzen (kg)

E_{nt} - tiêu hao nhiên liệu than (kg)

a_4, b_5 - (đồng/đội giờ)

a_5, b_6 - (đồng/đầu máy-giờ)

a_6, b_7 - (đồng/1000 toa trục-giờ)

a_7, b_8 - (đồng/1000 đầu máy-Km)

a_8, b_9 - (đồng/1000 toa trục-Km)

a_9, b_{10} - (đồng/triệu tấn-Km)

a_K, K - (đồng/khách) , số lượng hành khách

B_K - lượng tiêu hao hơi nước

t_{Mh} - số đo một đội giờ của đội đầu máy

t_{MH} - số đo một đầu máy giờ

t_{nH} - số đo 1000 toa trục giờ

MS - số đo 1000 đầu máy-Km

nS - số đo 1000 toa trục-Km

TK - số đo triệu tấn-Km

Khi biết số lượng đoàn tàu của mỗi loại theo một chiều trong một năm $N_{đi(1)}, N_{về(1)}, N_{đi(2)}, N_{về(2)} \dots$ có thể tính chi phí khai thác trực tiếp:

$$E_{tt} = e_{1dt(di)1}N_{đi(1)} + e_{1dt(về)1}N_{về(1)} + e_{1dt(di)2}N_{đi(2)} + e_{1dt(về)2}N_{về(2)} + \dots$$

(đồng/năm)

4.4.3. Tính chi phí khai thác gián tiếp theo tiêu chuẩn từng loại.

$$E_{gt} = \sum_{i=1}^m k_i Y_i$$

$$E_{gt} = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4)L_{kt} + K_5N_{ga} + K_6L_{kt(diện)} + K_7N_{tbt}$$

(đồng/năm)

Trong đó:

K_1 - chi phí đơn vị sửa chữa bảo quản thường xuyên đường (10^3 đồng/Km-năm).

K_2 - chi phí đơn vị sửa chữa bảo quản thường xuyên các thiết bị thông tin liên lạc (10^3 đồng/Km-năm)

K_3 - chi phí đơn vị sửa chữa bảo quản thường xuyên tín hiệu điều khiển chạy tàu (10^3 đồng/Km-năm)

K_4 - chi phí đơn vị sửa chữa bảo quản thường xuyên vị trí giao cắt (10^3 đồng/năm)

K_5 - chi phí đơn vị bảo quản điểm phân giới (10^3 đồng/điểm phân giới)

L_{kt} - chiều dài tuyến đường khai thác

N_{ga} - số điểm phân giới

K_6 - chi phí đơn vị bảo dưỡng mạng điện (10^3 đồng/Km-năm)

$L_{kt(\text{điện})}$ - chiều dài đường dây điện

K_7 - chi phí đơn vị bảo dưỡng trạm biến thế (10^3 đồng/trạm biến thế-năm)

N_{tbt} - số trạm biến thế.

Sai số trong các giai đoạn so sánh phương án:

Giai đoạn lập dự án khả thi: 7 ÷ 10 %

Giai đoạn thiết kế kỹ thuật: 3 ÷ 4 %.

CHƯƠNG 5. LỰA CHỌN CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT VÀ PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG VẬN CHUYỂN THÍCH ỨNG.

5.1. NĂNG LỰC TÍNH TOÁN VÀ NHỮNG THÔNG SỐ KỸ THUẬT CƠ BẢN.

5.5.1. Năng lực tính toán.

Đó là khả năng thông qua và khả năng vận chuyển yêu cầu và có thể của đường sắt.

Khả năng vận chuyển yêu cầu của đường sắt G_{yc} là khối lượng hàng hoá cần vận chuyển trên đường (tấn/năm).

Khả năng thông qua yêu cầu n_{yc} là số lượng đoàn tàu hay đôi tàu cần thông qua trong một ngày đêm (đôi tàu/ngày đêm).

Khả năng vận chuyển và khả năng thông qua của tuyến không thể tăng một cách đều đặn theo thời gian mà nó phụ thuộc vào tổ hợp các thông số kỹ thuật, các trang bị kỹ thuật và các phương pháp tổ chức công tác khai thác vận tải đường sắt. Đó là khả năng vận chuyển có thể G_{ct} (tấn/năm) và khả năng thông qua có thể n_{ct} (đôi tàu/ngày đêm) của con đường.

Khi làm đồ án thiết kế tuyến để đảm bảo điều kiện làm việc bình thường của đường qua các giai đoạn khai thác ta phải có:

$$G_{ct} \geq G_{yc} ; n_{ct} \geq n_{yc}$$

Khả năng vận chuyển có thể được tính:

$$G_{ct} = \frac{365Q_H}{\gamma} n_h \quad (\text{tấn/năm}) \quad (5-1)$$

$$\text{mà: } n_h = \frac{N}{1+p} - (n_{ke} + n_{le}) \quad (\text{đôi tàu/ngày đêm})$$

Trong đó:

Q_H - trọng lượng hàng trung bình của đoàn tàu (tấn)

$$Q_H = \eta \cdot Q$$

η - hệ số chất hàng của đoàn tàu $\eta = 0,6 \div 0,8$

Q - trọng lượng đoàn tàu

$$\gamma - \text{hệ số chuyên chở không đều trong năm } \gamma = \frac{g_{\max}}{g_{tb}} > 1$$

n_h - số tàu hàng thông qua theo một chiều

N - khả năng thông qua của tuyến đường (tính cho khu gian khó khăn nhất)

n_k, n_l - số tàu khách và tàu lẻ

e_k, e_l - hệ số tính đổi từ tàu khách, tàu lẻ ra tàu hàng

p - hệ số dự trữ khả năng thông qua.

5.1.2. Những thông số kỹ thuật cơ bản.

Khả năng vận chuyển có thể của đường phụ thuộc vào những thông số kỹ thuật cơ bản sau:

a. Các thông số kỹ thuật của các kết cấu cố định như: khổ đường, số đường chính, trị số dốc giới hạn (ví dụ i_p), tiêu chuẩn phân bố điểm phân giới hoặc khả năng thông qua tính toán, chiều dài của những ga hạn chế chiều dài dùng được của đường tiếp phát.

b. Trang bị kỹ thuật như: loại sức kéo, loại và công suất của đầu máy, các thiết bị thông tin tín hiệu, đóng đường, sơ đồ ga và chiều dài dùng được của đường tiếp phát, loại toa xe, loại kết cấu tầng trên.

c. Các phương pháp tổ chức chạy tàu hay là thứ tự thông qua hợp lý của các đoàn tàu qua khu gian và các điểm phân giới. Thứ tự thông qua của các đoàn tàu qua khu gian được thể hiện bằng biểu đồ chạy tàu, còn qua các điểm phân giới được thể hiện theo khả năng tổ chức tránh tàu có đỗ và không đỗ ở ga.

Lưu ý:

Khi thiết kế đường sắt mới các thông số kỹ thuật của các kết cấu cố định cần chọn lựa có tính đến làm việc lâu dài của đường mà không cần thay đổi chúng ít nhất là trong tương lai gần.

Sự thay đổi trang bị kỹ thuật và phương pháp tổ chức chạy tàu trong quá trình khai thác mặc dù yêu cầu vốn đầu tư bổ sung nhưng thường không lớn và ít khó khăn hơn so với sự thay đổi các thông số kỹ thuật của các kết cấu cố định.

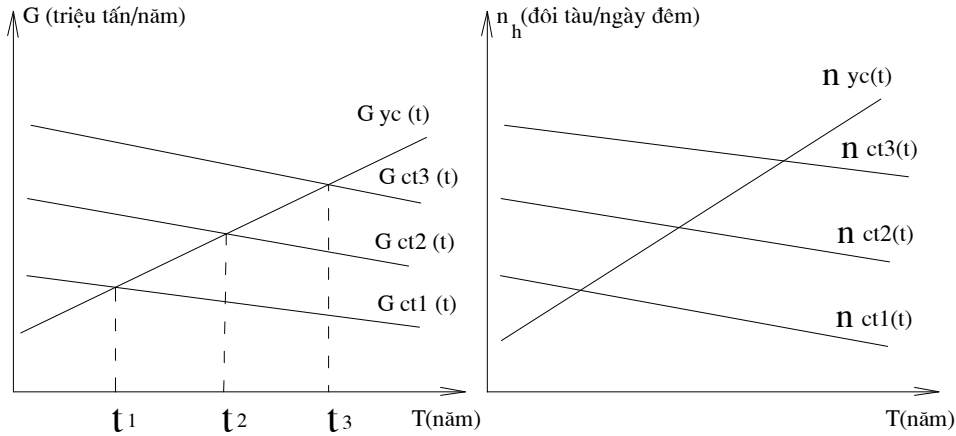
5.2. ĐỒ THỊ KHẢ NĂNG VẬN CHUYỂN, KHẢ NĂNG THÔNG QUA CÓ THỂ VÀ YÊU CẦU.

Là loại đồ thị trên đó vẽ những đường về khả năng vận chuyển G_{ct} , G_{yc} , khả năng thông qua n_{ct} , n_{yc} có thể và yêu cầu của tuyến đường qua từng giai đoạn khai thác cũng như sơ đồ cạnh tranh vận chuyển thích ứng.

5.2.1. Đồ thị khả năng vận chuyển, khả năng thông qua có thể và yêu cầu.

1. Đồ thị khả năng vận chuyển có thể và yêu cầu.

Trên hình 5-1 giới thiệu đồ thị khả năng vận chuyển yêu cầu $G_{yc}(t)$ và khả năng vận chuyển có thể $G_{ct}(t)$, các đồ thị này cho biết:



Hình 5-1. Đồ thị G và n_h

a. Đưa ra tổ hợp trang bị kỹ thuật và phương pháp tổ chức chạy tàu không đảm bảo việc khai thác bình thường của đường (đường 1).

b. Xác định thời điểm lớn nhất có thể khai thác đường ứng với mỗi tổ hợp trang bị kỹ thuật và phương pháp tổ chức chạy tàu. Thời điểm này được gọi là thời điểm bắt buộc thay đổi năng lực của đường, hay là thời điểm kỹ thuật hết năng lực (t_1 , t_2 , t_3).

c. Đưa ra dự trữ có thể của khả năng vận chuyển theo các năm khai thác, dự trữ này được xác định như hiệu số các tung độ tương ứng của G_{ct} và G_{yc} .

Lưu ý: Đồ thị khả năng vận chuyển thích ứng vẽ cho khả năng vận chuyển yêu cầu và có thể thuận tiện khi so sánh các phương án sơ đồ cạnh tranh cho đường thiết kế có:

- a. Nhiều loại đầu máy.
 - b. Trọng lượng đoàn tàu khác nhau.
 - c. Nhiều loại thông tin tín hiệu và đóng đường.
 - d. Nhiều phương pháp tổ chức chạy tàu.
2. Đồ thị khả năng thông qua có thể và yêu cầu.

Để so sánh khả năng thông qua yêu cầu và có thể cần phân biệt khả năng thông qua lớn nhất và khả năng thông qua của tàu hàng.

a. Khả năng thông qua lớn nhất được xác định xuất phát từ việc đảm bảo thông qua tất cả các tàu hàng cũng như các tàu khách, tàu hàng nhanh, tàu hỗn hợp và các loại tàu khác được quy đổi ra tàu hàng có xét đến lượng dự trữ bổ xung để điều hoà

việc chạy tàu khi sửa chữa định kỳ các thiết bị và công trình của đường sắt và để thông qua các tàu hàng trong trường hợp tàu chạy lệch với bảng giờ tàu quy định.

b. Khả năng thông qua của tàu hàng chỉ là một phần của khả năng thông qua lớn nhất và khả năng thông qua yêu cầu của tàu hàng được xác định theo các năm khai thác như sau:

$$n_{h(yc)} = \frac{G_{yc} \cdot \gamma}{365 \cdot Q_H} \cdot 10^6 \quad (5-2)$$

Khả năng thông qua có thể của tàu hàng được tính cho các loại biểu đồ chạy tàu khác nhau. Trên hình 5-1 khả năng thông qua yêu cầu $n_{h(yc)}$ là đường đi lên, còn đường khả năng thông qua có thể đi xuống tương ứng với các biểu đồ chạy tàu nhất định.

Khi so sánh khả năng thông qua yêu cầu và có thể người thiết kế nhận được các số liệu như khi so sánh khả năng vận chuyển yêu cầu và có thể.

Chú ý: Việc so sánh theo khả năng thông qua có ích trong trường hợp khi mà chỉ cần chỉ ra hướng tính toán theo các năm khai thác của đường (hướng tính toán là hướng của chiều nhiều hàng).

5.2.2. Các trường hợp tính toán, các trạng thái kỹ thuật.

1. Trường hợp tính toán.

Trường hợp tính toán là tổ hợp các thông số của đường thiết kế, vị trí của tuyến và của các kết cấu cố định.

2. Trạng thái kỹ thuật.

Trạng thái kỹ thuật là tổ hợp các thành phần của trang bị kỹ thuật đường sắt và nó xác định công suất của đường trong phạm vi của trường hợp tính toán. sự thay đổi của một trong các thành phần trang bị kỹ thuật (ví dụ như loại đầu máy...) dẫn tới việc chuyển đường sang trạng thái kỹ thuật khác.

Trạng thái kỹ thuật ban đầu: trạng thái lúc bắt đầu đưa đường vào khai thác.

Trạng thái kỹ thuật cuối cùng: trạng thái đảm bảo được khối lượng vận chuyển thích ứng trong tương lai.

5.3. TÍNH KHẢ NĂNG THÔNG QUA VÀ KHẢ NĂNG VẬN CHUYỂN CÓ THỂ ĐỂ PHÂN TÍCH VẬN CHUYỂN THÍCH ỨNG.

5.3.1. Tính khả năng thông qua có thể.

1. Khái niệm chung.

Khả năng thông qua có thể của đường sắt tức là số đoàn tàu hay là số đôi tàu thông qua trong một chu kỳ nhất định có thể bị giới hạn bởi:

- a. Khả năng thông qua của các khu gian.
- b. Sự phát triển đường trong ga.
- c. Số hiệu của các loại ghi yết hầu.
- d. Bố trí đoạn đầu máy, cung cấp năng lượng...

Khi thiết kế đường mới thường tính khả năng thông qua theo các yếu tố này và chọn không nhỏ hơn quy phạm quy định. Thường thì khả năng thông qua của đường được xác định bởi khả năng thông qua của khu gian.

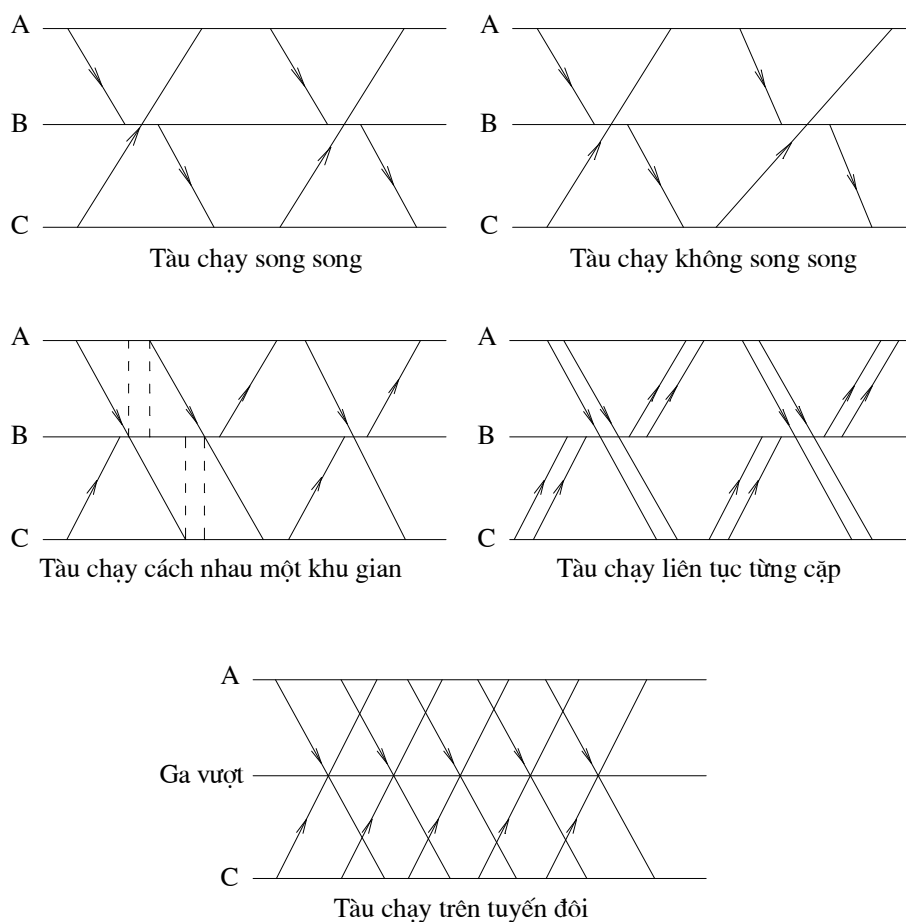
Với độ chính xác cần thiết để đảm bảo công tác vận chuyển của đường sắt khả năng thông qua có thể theo các khu gian được xác định trên cơ sở xây dựng biểu đồ chạy tàu.

2. Biểu đồ chạy tàu.

Biểu đồ chạy tàu là một mạng lưới mà trục hoành biểu diễn thời gian còn trục tung biểu diễn khoảng cách. Trên mạng lưới này các trục của điểm phân giới được thể hiện bởi các đường nằm ngang, còn đường xiên biểu thị thời gian chiếm dụng các khu gian của các đoàn tàu.

3. Phân loại biểu đồ chạy tàu.

Biểu đồ chạy tàu được thống nhất trên toàn tuyến bằng cách kết hợp chuyển động ở khu gian và tác nghiệp ở ga, người ta phân loại biểu đồ theo:



Hình 5-2. Các loại biểu đồ chạy tàu.

a. Theo vận tốc tàu chạy.

- Biểu đồ tàu chạy song song: tất cả các đoàn tàu của một hướng có tốc độ như nhau thì đường biểu diễn tàu chạy theo hướng đó song song với nhau.

- Biểu đồ tàu chạy không song song: trong thực tế các đoàn tàu của mỗi hướng có vận tốc khác nhau, do đó đường biểu diễn tàu chạy theo hướng đó không song song với nhau.

b. Theo cách cho tàu chạy.

- Biểu đồ tàu chạy cách nhau một khu gian: tàu chạy theo một chiều nào đó cái nọ cách cái kia một cự ly giữa hai ga.

- Biểu đồ tàu chạy liên tục từng cặp: cũng như trường hợp trên nhưng ở cả hai chiều tàu chạy từng cặp cái nọ cách cái kia một cự ly đóng mở đường tự động.

c. Theo số đường chính:

- Biểu đồ tàu chạy trên tuyến đơn.

- Biểu đồ tàu chạy trên tuyến đôi: lúc này đồ thị biểu diễn cho từng chiều và từng đường riêng biệt.

d. Theo cách cho tàu đỗ hoặc không đỗ ở ga.

4. Tính khả năng thông qua.

a. Đối với tuyến đơn.

* Biểu đồ tàu chạy từng cái có đỗ ở ga cái nọ cách cái kia một khu gian.

$$T = t_{di} + t_{về} + \tau_A + \tau_B + t_{pz} \text{ (phút)}$$

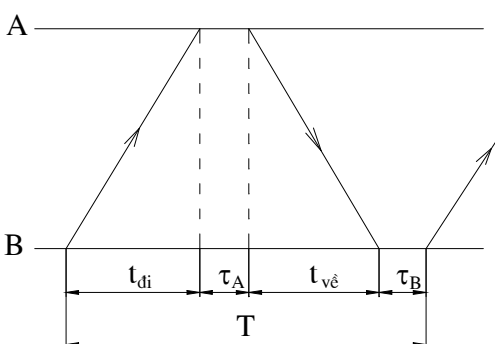
Trong đó:

$t_{di}, t_{về}$ - thời gian tàu chạy trên khu gian theo chiều đi và về

τ_A, τ_B - thời gian tàu đỗ ở ga A và B

t_{pz} - thời gian gia tốc và giảm tốc khi tàu ra ga và vào ga

$$N = \frac{1440}{T} \text{ (đôi tàu/ngày đêm)} \quad (5-3)$$



Hình 5-3. Chu kỳ T tàu chạy từng cái

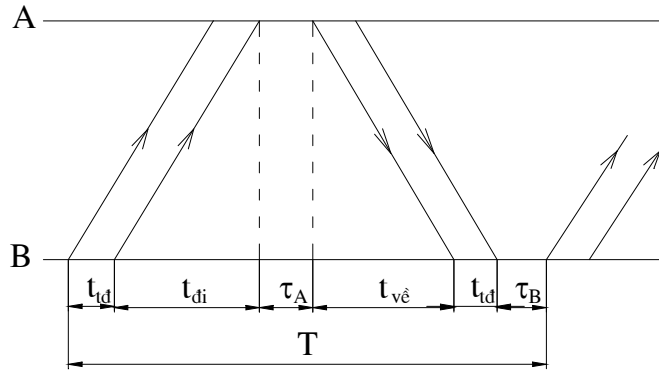
* Biểu đồ tàu chạy liên tục từng cặp có đỗ ở ga và liên tục tự động.

$$T_{lt} = t_{di} + t_{về} + \tau_A + \tau_B + 2(K - 1)t_{td} + t_{pz} \text{ (phút)}$$

Trong đó:

t_{td} - khoảng thời gian giữa hai lần tàu chạy khi đóng mở đường tự động

K - số tàu trong nhóm chạy liên tục.



Hình 5-4. Chu kỳ chạy tàu liên tục từng cặp

Trong trường hợp tuyến đơn $K = 2$ để cho V_{kt} khỏi giảm xuống vì tàu phải chờ quá lâu ở ga người ta chỉ cho một bộ phận tàu chạy liên tục mà thôi, thường lấy $2/3$ số tàu chạy liên tục còn $1/3$ số tàu chạy bình thường, hay là $\alpha_{lt} = 0,67$, ta có:

$$\alpha_{lt} = \frac{K \cdot n_{lt}}{N} \rightarrow n_{lt} = \frac{N \cdot \alpha_{lt}}{K}$$

$$\text{Từ đó } 1440 = n_{lt} \cdot T_{lt} + (1 - \alpha_{lt})NT$$

$$\text{thay } n_{lt} = \frac{N \cdot \alpha_{lt}}{K} \text{ vào ta có:}$$

$$N = \frac{1440 \cdot K}{\alpha_{lt} T_{lt} + K(1 - \alpha_{lt})T} \quad (\text{đôi tàu/ngày đêm}) \quad (5-4)$$

Trong đó:

T_{lt} , T - chu kỳ của biểu đồ tàu chạy liên tục và chạy bình thường.

* Biểu đồ tàu chạy từng cái không đỗ ở ga (chạy suốt).

Để tàu ở cả hai chiều chạy không đỗ ở ga (chạy suốt) thì ga phải đủ dài và thời điểm hai tàu đến ga phải cùng lúc. Trường hợp thời điểm hai tàu đến ga không cùng lúc thì phải kéo dài đường trong ga.

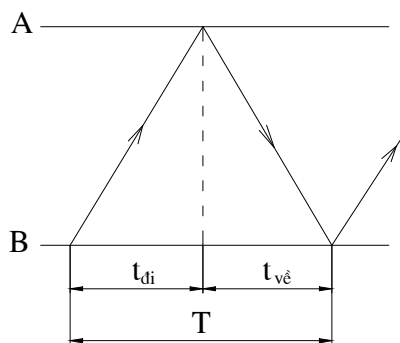
$$T_{cs} = t_{di} + t_{vê} + t_{pz} \quad (\text{phút})$$

Trong đó: t_{pz} - thời gian gia giảm tốc khi tàu chạy suốt qua ga.

Trong trường hợp chỉ cho một bộ phận tàu chạy suốt mà thôi, thường lấy $2/3$ số tàu chạy suốt còn $1/3$ số tàu chạy bình thường, hay là $\alpha_{cs} = 0,67$, ta có:

$$\alpha_{cs} = \frac{n_{cs}}{N} \rightarrow n_{cs} = \alpha_{cs} \cdot N$$

$$\text{từ đó: } 1440 = n_{cs} T_{cs} + (1 - \alpha_{cs})NT$$



Hình 5-5. Chu kỳ T chạy suốt

thay $n_{cs} = \alpha_{cs} \cdot N$ vào ta có:

$$N = \frac{1440}{\alpha_{cs} T_{cs} + (1 - \alpha_{cs}) T} \quad (\text{đôi tàu/ngày đêm}) \quad (5-5)$$

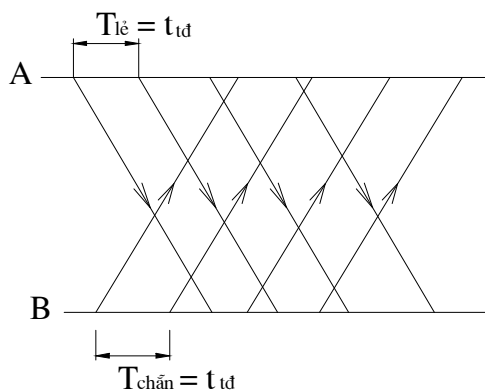
b. Đối với tuyến đôi.

Khả năng thông qua được tính riêng cho từng chiều.

* Khi có cột tín hiệu đóng mở đường tự động:

$$T_{ch\ddot{a}n} = t_{td} \rightarrow N_{ch\ddot{a}n} = \frac{1440}{t_{td}} \quad (\text{tàu/ngày đêm}) \quad (5-6)$$

$$T_{l\grave{e}} = t_{td} \rightarrow N_{l\grave{e}} = \frac{1440}{t_{td}} \quad (\text{tàu/ngày đêm}) \quad (5-7)$$

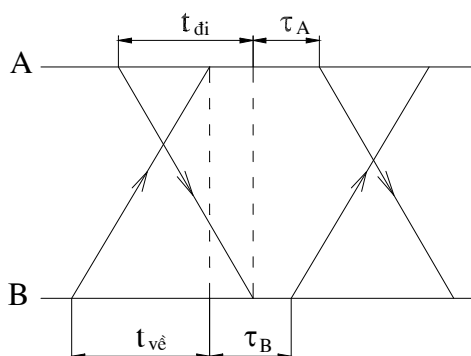


Hình 5-6. Chu kỳ T tuyến đôi

* Khi không có cột tín hiệu đóng mở đường tự động: tàu chạy cách nhau một khu gian.

$$T_{l\grave{e}} = t_{di} + \tau_A \rightarrow N_{l\grave{e}} = \frac{1440}{T_{le}} \quad (\text{tàu/ngày đêm}) \quad (5-8)$$

$$T_{ch\ddot{a}n} = t_{ve} + \tau_B \rightarrow N_{ch\ddot{a}n} = \frac{1440}{T_{chan}} \quad (\text{tàu/ngày đêm}) \quad (5-9)$$



Hình 5-7. Chu kỳ T tàu chạy cách một khu gian
c. Tính khả năng thông qua có thể của tàu hàng.

$$n_h = \frac{N}{1+p} - (e_k n_k + e_l n_l) \quad (\text{đôi tàu/ngày đêm}) \quad (5-10)$$

5.3.2. Các chỉ tiêu vận tốc.

Khi thiết kế đường sắt ngoài chỉ tiêu khả năng vận chuyển, khả năng thông qua người ta còn dùng chỉ tiêu vận tốc để đặc trưng cho mỗi phương án.

1. Vận tốc thông qua V_{tq} : là vận tốc bình quân của tàu chạy giữa hai ga khu đoạn (ga có đoạn đầu máy) mà không dừng lại ở bất cứ ga nào.

$$V_{tq} = \frac{L}{T_{tq}} \quad (\text{km/h}) \quad (5-11)$$

2. Vận tốc kỹ thuật V_{kt} : là vận tốc bình quân của tàu chạy giữa hai ga khu đoạn có tính đến thời gian ga giảm tốc ở các ga trung gian và nhường tránh.

$$V_{kt} = \frac{L}{T_{tq} + \sum t_{pz}} \quad (\text{km/h}) \quad (5-12)$$

3. Vận tốc lữ hành V_{lh} : là vận tốc tàu chạy giữa hai ga khu đoạn có tính cả thời gian tàu dừng lại ở các ga trung gian và nhường tránh.

$$V_{lh} = \frac{L}{T_{tq} + \sum t_{pz} + \sum t_d} \quad (\text{km/h}) \quad (5-13)$$

4. Vận tốc chạy suốt V_{cs} : là vận tốc tàu chạy giữa ga lập tàu và ga giải thể tàu có tính cả thời gian tàu ga giảm tốc và dừng lại ở tất cả mọi ga (ga khu đoạn, ga trung gian, ga nhường tránh)

5.4. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG VẬN CHUYỂN THÍCH ỨNG VÀ LỰA CHỌN CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA TUYẾN ĐƯỜNG.

5.4.1. Phân tích khả năng vận chuyển thích ứng.

1. Sơ đồ vận chuyển thích ứng.

Đó là sự thay đổi liên tục các trạng thái kỹ thuật theo thời gian hay là sự chuyển đổi liên tục từ trạng thái này sang trạng thái khác, bắt đầu từ trạng thái ban đầu và kết thúc ở trạng thái cuối cùng.

Trên hình 5-8 đưa ra 3 phương án sơ đồ vận chuyển thích ứng. Người ta dùng tổng chi phí quy đổi xây dựng và khai thác hàng năm khi đầu tư nhiều giai đoạn làm chỉ tiêu đánh giá hiệu quả kinh tế sơ đồ vận chuyển thích ứng.

$$K_{dx} = A_0 + \sum_1^{m-1} A_{ij} \eta_{ij} + \sum_1^m \sum_{td}^{tc} E_i \eta_t \quad (5-14)$$

Trong đó:

A_0 - vốn đầu tư xây dựng ban đầu

A_{ij} - vốn đầu tư cần thiết để chuyển từ trạng thái i sang trạng thái j

m - số trạng thái có trong sơ đồ

t_{ij} - thời gian chuyển đổi từ trạng thái i sang trạng thái j

t_d, t_c - thời gian bắt đầu và kết thúc đường ở mỗi trạng thái.

E_i - chi phí khai thác hàng năm của đường ở trạng thái tương ứng.

$$\eta_t = \frac{1}{(1 + c_{tc})^t} \text{ - hệ số quy đổi}$$

Sơ đồ vận chuyển thích ứng nào có chỉ tiêu đánh giá hiệu quả kinh tế nhỏ nhất $K_{dx} = K_{min}$ được gọi là sơ đồ tối ưu vận chuyển thích ứng.

Chú ý: Sơ đồ tối ưu vận chuyển thích ứng được xác định trong phạm vi của một trường hợp tính toán bởi vì thay đổi dù chỉ một thông số của thiết kế ví dụ như i_p cũng dẫn đến thay đổi tuyến, giá thành xây dựng, thời gian nâng cấp đường và ảnh hưởng lớn đến chi phí khai thác.

2. Phân tích khả năng vận chuyển thích ứng.

Là tập hợp các tính toán liên quan đến việc định ra các trạng thái kỹ thuật và đưa ra sơ đồ tối ưu vận chuyển thích ứng.

Khi thiết kế tuyến đường sắt mới tiến hành phân tích vận chuyển thích ứng để:

a. Lập luận năng lực kỹ thuật ban đầu của một trong các phương án tuyến tức là trạng thái ban đầu mà ứng với nó phương án này có thể được đưa vào khai thác có xét đến tăng cường hợp lý năng lực của đường để thích ứng với khối lượng hàng vận chuyển trong tương lai.

b. Lựa chọn các thông số kỹ thuật cơ bản khi thiết kế đường mới.

Khi thiết kế nâng cấp đường sắt đang khai thác việc phân tích vận chuyển thích ứng có một số đặc điểm sau:

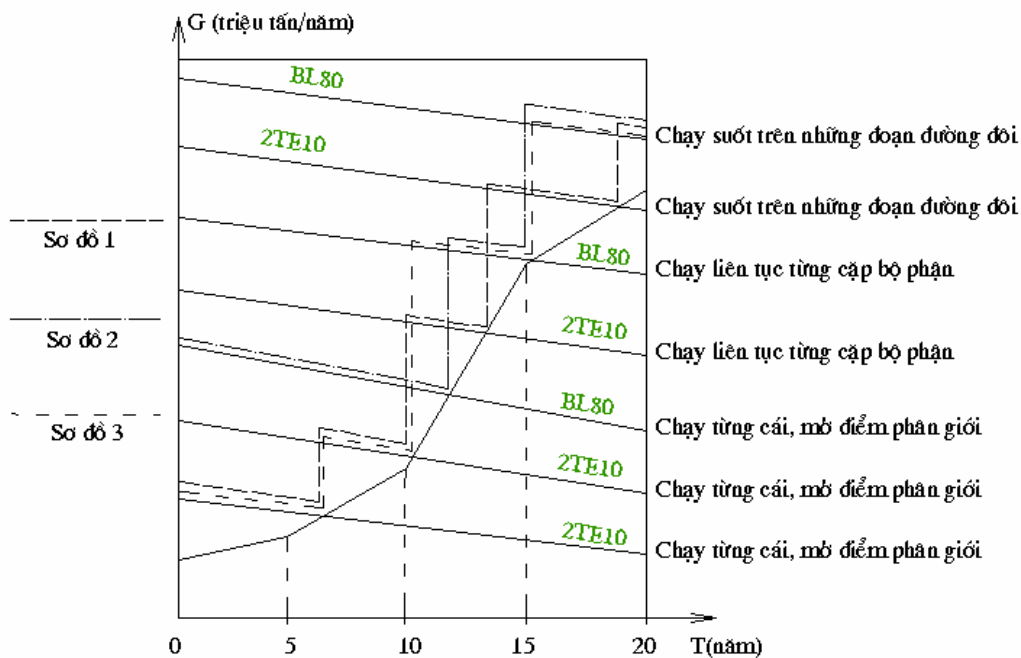
a. Đối với đường đang khai thác ta đã biết trước trạng thái ban đầu.

b. Việc lựa chọn các trạng thái kỹ thuật trung gian phụ thuộc nhiều vào đặc tính các trang thiết bị đang sử dụng. Nếu các trang thiết bị đang sử dụng tương đối hoàn thiện thì miền các trạng thái trung gian sẽ ngắn lại.

c. Các biện pháp cải tạo tăng năng lực cần được tiến hành mà vẫn phải đảm bảo chạy tàu do đó các công tác xây dựng sẽ đắt hơn so với làm đường mới.

d. Khác với đường mới đường nâng cấp chỉ có một trường hợp tính toán duy nhất và trường hợp tính toán này được xác định bởi tổ hợp các thông số cố định đang sử dụng.

Chú ý: Để lựa chọn trạng thái ban đầu tiến hành phân tích khả năng vận chuyển thích ứng cho một trường hợp tính toán, còn lựa chọn các thông số kỹ thuật của các kết cấu cố định thì tiến hành phân tích khả năng vận chuyển thích ứng cho các trường hợp tính toán khác nhau.



Hình 5-8. Sơ đồ vận chuyển thích ứng

3. Các chỉ tiêu sơ bộ loại bỏ các sơ đồ vận chuyển thích ứng kém giá trị.

Để giảm bớt việc vẽ các sơ đồ người ta dùng các chỉ tiêu sơ bộ sau để loại chúng:

a. Sơ đồ mà đầu máy phải thay đổi luôn (phải kéo dài đường trong ga do Q tăng lên dẫn đến phải bố trí lại các tổ phục vụ đầu máy toa xe...).

b. Sơ đồ mà thời gian giữa hai lần tăng năng lực quá nhỏ (ảnh hưởng đến vận doanh vì phải luôn luôn sửa chữa đường).

c. Sơ đồ mà khả năng dự trữ quá lớn (làm chết vốn đầu tư).

d. Sơ đồ mà giai đoạn sau không lợi dụng được trang bị của giai đoạn trước.

Sau khi đã dùng các chỉ tiêu sơ bộ loại bỏ các sơ đồ vận chuyển thích ứng kém giá trị sẽ còn lại một số sơ đồ mang tính cạnh tranh. Người ta tính tổng chi phí quy đổi xây dựng và khai thác K_{dx} cho các sơ đồ cạnh tranh và sơ đồ được chọn là sơ đồ có K_{dx} nhỏ nhất.

5.4.2. Lựa chọn các thông số kỹ thuật riêng biệt của tuyến đường.

Bên cạnh việc phân tích một cách toàn bộ theo đồ thị khả năng vận chuyển thích ứng có khi ta phải lập luận để chọn từng thông số kỹ thuật riêng biệt.

1. Chọn cự ly đường:

Cự ly đường có ảnh hưởng rất lớn tới khả năng dự trữ, nó phụ thuộc:

a. Ý nghĩa của tuyến đường.

b. Khối lượng vận chuyển.

c. Điều kiện địa hình.

d. Điều kiện nối tiếp đường cũ (vào khổ đường nào).

+ Khổ hẹp $S_0 < 1435$ mm

+ Khổ tiêu chuẩn $S_0 = 1435$ mm

+ Khổ rộng $S_0 > 1435$ mm

Ưu điểm khổ hẹp: giá thành xây dựng nhỏ, xây dựng nhanh, cự ly nhỏ nên dễ đặt.

Nhược điểm khổ hẹp: khả năng thông qua và chuyên chở nhỏ, giá thành vận chuyển đắt.

2. Chọn số đường chính:

Để chọn số đường chính người ta căn cứ vào:

a. Khối lượng vận chuyển.

b. Yêu cầu của tuyến đường (vận tốc lữ hành, yêu cầu cấp đường...)

c. Có hai phương án nguyên tắc xây dựng đường:

+ Lúc đầu đặt tuyến đơn, sau dần dần đặt đoạn đường đôi và tương lai đặt đường đôi cho cả tuyến.

+ Thiết kế theo tiêu chuẩn đường đôi, lúc đầu xây dựng một đường để giảm giá thành xây dựng ban đầu, sau xây dựng hoàn toàn đường đôi.

Thiết kế đường đôi khi $N \geq 60 \div 70$ đôi tàu/ngày đêm

Thiết kế đoạn đường đôi khi $N > 20$ đôi tàu/ngày đêm.

Thiết kế đường đơn khi $N < 20$ đôi tàu/ngày đêm.

3. Chọn loại sức kéo:

Căn cứ vào:

- a. Địa thế tuyến đi qua.
- b. Khối lượng vận chuyển.
- c. Ý nghĩa tuyến đường.
- d. Nguồn năng lượng.

Các phương án thiết kế:

- a. Thiết kế cho đầu máy điện nhưng lúc đầu dùng đầu máy điêzen.
- b. Thiết kế cho đầu máy điêzen nhưng tương lai xét đến điện khí hoá.
- c. Thiết kế cho đầu máy hơi nước nhưng tương lai xét đến điêzen và điện.

4. Chọn độ dốc hạn chế.

Độ dốc hạn chế chọn theo quy phạm $i_p = 4 \div i_{pmax}$ có xét đến địa hình:

- a. Ở vùng đồng bằng nên chọn $i_p = 4 \div 5 ‰$
- b. Ở vùng trung du thích hợp $i_p = 6 \div 7 ‰$
- c. Ở vùng núi thích hợp $i_p = 8 \div 12 ‰$

Quá trình chọn i_p có thể gặp tình huống sau:

- a. Tuyến dùng một dốc hạn chế cho cả hai chiều.
- b. Tuyến dùng nhiều dốc hạn chế phân theo các khu đoạn.
- c. Tuyến có đoạn dùng i_p , có đoạn dùng i_{gc} .
- d. Tuyến đi mỗi chiều một dốc hạn chế khác nhau.

Chọn độ dốc giới hạn hợp lý dựa trên chỉ tiêu kinh phí dẫn xuất K_{dx} , độ dốc được lựa chọn là độ dốc cho K_{dx} nhỏ nhất.

5. Chọn trọng lượng đoàn tàu và chiều dài sử dụng của đường tiếp phát.

Đầu máy dùng trong tương lai được xác định bằng đồ thị phân tích khả năng vận chuyển thích ứng.

Có i_p tính được trọng lượng đoàn tàu trong tương lai Q_{tl} từ đó tính L_{sd}

$$L_{sd} = \frac{Q_{tl}}{q_{md(tb)}} + l_{dm} + l \quad (5-15)$$

ở đây: $q_{md(tb)}$ tải trọng trung bình một mét dài của đoàn tàu trong tương lai.

l_{dm} - chiều dài đầu máy.

l - dự trữ chiều dài để phòng tàu dừng không đúng vị trí.

6. Lập luận khả năng thông qua để mở điểm phân giới.

Trường hợp 1: Lập luận về lựa chọn khoảng cách giữa các điểm phân giới.

- Lấy tối thiểu 3 phương án về 3 khả năng xảy ra về khoảng cách giữa các điểm phân giới, mỗi trường hợp cho một trị số N_{tt} .

- Ấn định trước ảnh hưởng của tiêu chuẩn phân bố điểm phân giới đối với chiều dài tuyến đường, điều này được làm một cách sơ bộ bằng cách vẽ sơ đồ tính toán cho đoạn tuyến tự do và đoạn tuyến khó khăn.

- Tính tổng các chi phí và so sánh chọn phương án hợp lý nhất.

Trường hợp 2: Lập luận tìm ra thời gian hợp lý nhất để cho tàu chạy suốt.

- Tính chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật của từng giai đoạn một. Chú ý tính kinh phí để cho tàu chạy suốt như kéo dài đường trong ga và ảnh hưởng của nó tới nâng cao vận tốc.

- Tính tổng chi phí các phương án so sánh rồi chọn ra phương án (thời hạn) hợp lý nhất.

Câu hỏi ôn tập:

Chương 3. Vạch tuyến

11. Nêu nhiệm vụ vạch tuyến và các phương án về hướng tuyến.

12. Phân loại cách vạch tuyến, vạch tuyến tự do, vạch tuyến khó khăn.

13. Đặc điểm vạch tuyến theo những điều kiện địa thế và địa chất khác nhau, vạch tuyến qua sông.

PHẦN II
KẾT CẤU TẦNG TRÊN ĐƯỜNG SẮT, NỀN ĐƯỜNG SẮT
CHƯƠNG 1 CẦU TẠO KẾT CẤU TẦNG TRÊN

1.1. RAY

1.1.1. Công dụng và yêu cầu đối với ray

Ray dùng để dẫn hướng cho bánh xe, trực tiếp chịu lực từ bánh xe truyền xuống và truyền lực đó xuống tà vẹt. Lực từ bánh xe truyền xuống là lực động luôn thay đổi, nó gồm: lực thẳng đứng, lực nằm ngang, và lực tác dụng dọc theo thanh ray.

Ngoài ra ray còn chịu lực do nhiệt độ thay đổi gây ra. Dưới tác dụng của các lực đó, ray có thể bị nén, kéo, uốn, xoắn và có thể bị đập bẹp, mài mòn. Ứng suất tiếp xúc giữa ray và bánh xe rất lớn.

Khi tàu chuyển động, lực ma sát giữa ray và bánh xe tạo nên sức bám cho các bánh chủ động của đầu máy. Muốn có đủ sức bám để sinh ra lực kéo khi khởi động, đối với các bánh chủ động của đầu máy yêu cầu mặt đỉnh ray phải đủ nhám. Tuy nhiên, nếu mặt đỉnh ray quá nhám sẽ gây ra sức cản lớn đối với các bánh xe của toa xe. Vì vậy, đối với các bánh của toa xe lại yêu cầu mặt đỉnh ray phải đủ nhẵn. Thông thường, khi luyện thép, mặt đỉnh ray không cần gia công đặc biệt vẫn đảm bảo đủ sức bám cho các bánh chủ động của đầu máy và lực cản cũng không quá lớn đối với các bánh xe khác. Khi cần thiết, người ta rải cát lên mặt đỉnh ray để tăng sức bám.

Ray làm việc như một dầm đặt trên các gối đỡ hình là tà vẹt. Dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu, ray bị uốn. Để chịu uốn tốt, yêu cầu ray phải cứng. Khi tàu chuyển động thường có lực xung kích tác dụng lên ray, vì vậy, yêu cầu ray phải đủ độ dẻo nhất định. Vì ứng suất tiếp xúc giữa bánh xe và ray rất lớn nên thép ray phải đủ rắn để chịu lực tốt và không bị mài mòn nhanh. Ray còn phải có đủ độ dai để đầu ray không bị đập bẹp.

Qua sự phân tích trên, ta thấy rằng muốn tăng thời gian sử dụng của ray thì thép ray phải đảm bảo các yêu cầu:

- Mặt đỉnh ray phải vừa nhám vừa nhẵn.
- Thép ray phải cứng và dẻo đồng thời phải rắn và dai.

Những yêu cầu trên rất mâu thuẫn nhau, vì vậy khi chế tạo ray gặp nhiều khó khăn, mặc dù kỹ thuật luyện thép có nhiều tiến bộ, nhưng vấn đề chế tạo ray vẫn chưa được giải quyết hoàn hảo.

1.1.2. Hình dạng và kích thước hình học của ray

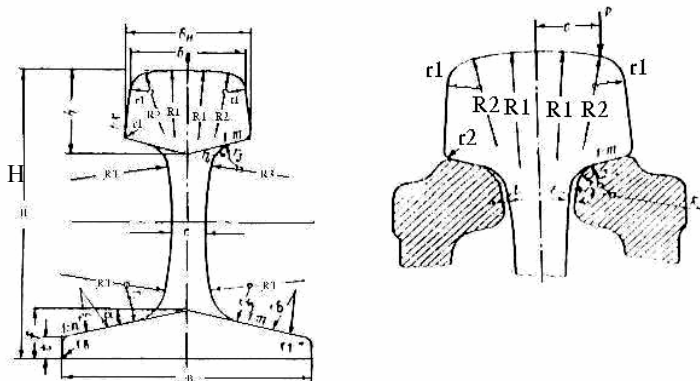
Lực chủ yếu quyết định hình dạng của ray là lực thẳng đứng do bánh xe truyền xuống. Dưới tác dụng của lực này, ray bị uốn như một dầm đặt trên các gối đỡ hình. Ta biết rằng: một dầm chịu uốn tốt nhất khi mặt cắt của nó có dạng hình chữ I. Vì vậy, người ta lấy hình chữ I làm cơ sở để thiết kế mặt cắt của ray. Đầu ray phải tiếp xúc tốt với mặt lăn bánh xe, thân ray không quá dày để đỡ bánh không va vào thân ray.

Mặt đỉnh ray làm hơi lồi với bán kính R_1 để lực truyền từ bánh xe xuống trùng với trục ray. Theo kinh nghiệm khai thác đường sắt, trị số $R_1 = 200 \div 300$ mm là phù hợp. Bán kính R_1 càng nhỏ thì ứng suất tiếp xúc ở mặt đỉnh ray càng lớn. Ray P43 có $R_1 = 300$ mm, chiều rộng mặt đỉnh ray $A_H = 70$ mm.

Để chuyển từ mặt đỉnh ray sang má ray, người ta dùng mặt cong có bán kính $r_1 = 13$ mm tương ứng với bán kính chỗ mặt cong chuyển từ gờ bánh xe sang mặt lăn bánh xe.

Má ray làm thẳng đứng đối với các loại ray \leq P43, hoặc nghiêng ra ngoài với độ nghiêng 1:3 hoặc 1:4 đối với các loại ray \geq P50.

Từ má ray chuyển sang cằm ray (mặt dưới của đầu ray), người ta dùng mặt cong bán kính r_2 , để tăng diện tích tiếp xúc với lập lách thường dùng r_2 nhỏ. Ray P43 có $r_2 = 2$ mm (xem hình 1-2). Mặt dưới của đầu ray có độ dốc 1 : m giống mặt trên để ray. Ray P43 có 1:m = 1:3, các loại ray \geq P50 có 1:m = 1:4.



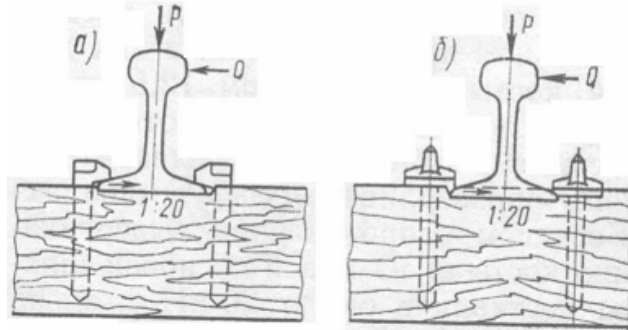
Phụ kiện giữ ray dùng để ghim chặt ray vào tà vẹt. Nếu căn cứ vào tính chất của phụ kiện, có thể chia làm hai loại: phụ kiện ghim giữ ray kiểu không đàn hồi và kiểu đàn hồi. Hai loại này đều có thể dùng tấm đệm thép hoặc không dùng đệm thép. Nếu căn cứ vào việc liên kết ray với loại tà vẹt, ta có thể chia làm hai loại: phụ kiện giữ ray với tà vẹt gỗ và phụ kiện giữ ray với tà vẹt bê tông. Hai loại này có thể dùng phụ kiện đàn hồi hoặc không đàn hồi.

I. Phụ kiện giữ ray với tà vẹt gỗ

1. Kiểu đơn giản

Để ray đặt trực tiếp lên tà vẹt và được ghim giữ vào tà vẹt bằng các đinh móc, đinh vít hoặc đinh đàn hồi. Dùng 3 đinh để ghim giữ để ray : hai đinh đóng phía trong lòng đường và một đinh đóng phía ngoài. Dưới tác dụng của lực thẳng đứng P và lực ngang Q, đinh phía trong chống lực nhỏ, đinh ngoài chống lực đẩy ngang. Đinh móc thường có mặt cắt hình vuông, mỗi cạnh 16 mm, dài 165 mm, được chế tạo từ thép CT1, CT2, CT3 và bảo đảm không bị nứt khi uốn ngược (Hình 1-4a)

Để thực hiện độ nghiêng của ray, tại chỗ kê ray, mặt tà vẹt phải đẽo với độ dốc 1:20.



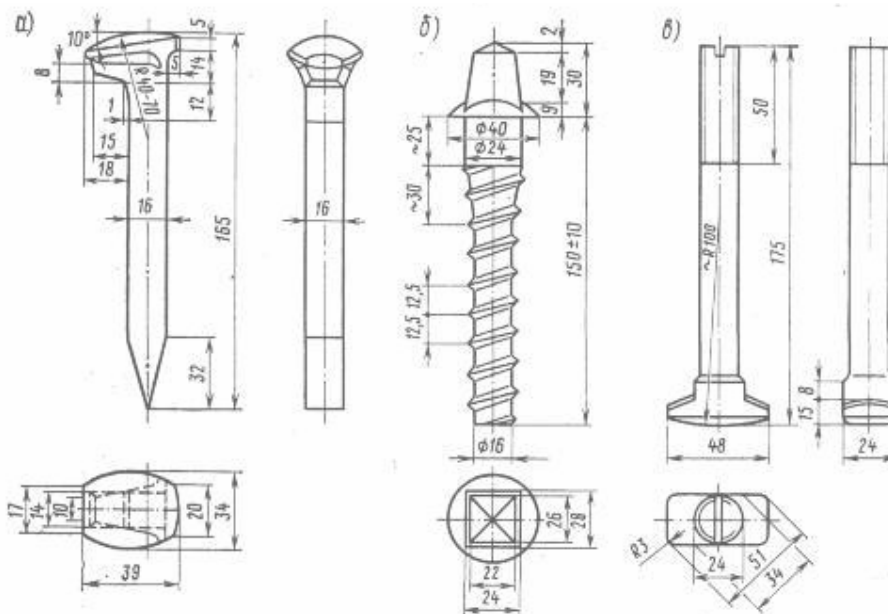
Hình 1-3 Liên kết ray với tà vẹt gỗ kiểu đơn giản

Trước khi đóng đinh, người ta phải khoan lỗ sâu 120 mm, rộng 12 mm để các thớ gỗ không bị phá hoại. Như vậy có thể tăng sức chống nhỏ của đinh móc lên 30% và tăng sức chống đập ngang lên 20%. Đối với tà vẹt gỗ thông mới, lực ghim giữ chống nhỏ của đinh móc là 2000 kg, lực chống đập ngang bằng 0,75 lực chống nhỏ.

Đối với đinh vít (Hình 1-4 b), lực chống nhỏ lớn hơn 0,5 ÷ 1 lần so với đinh móc và lực chống đập ngang nhỏ hơn 50%.

Ở Liên Xô, Trung Quốc, Việt Nam dùng đinh móc là phổ biến, ở các nước Tây Âu người ta thường dùng đinh vít.

Trên hình 1-4 biểu thị hình dạng và kích thước của đinh móc và đinh vít của Liên Xô.



Hình 1-4 Hình dạng, kích thước của đinh móc và đinh vít của Liên Xô

Để đảm bảo ghim giữ ray vào tà vẹt được chắc chắn, người ta dùng đinh đàn hồi. Hình (1-5) biểu thị một số loại đinh đàn hồi đã được sử dụng ở Áo, Anh, Thụy Sĩ và Mỹ.

Hình 1-5 Các loại đinh đàn hồi

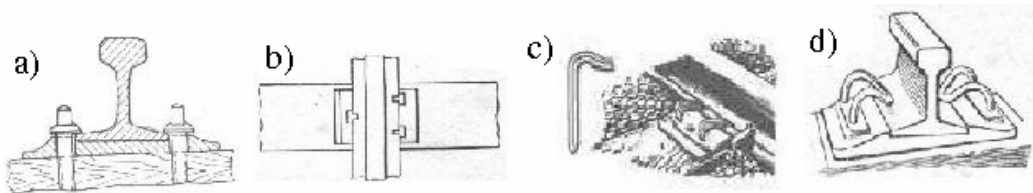


Loại phụ kiện nối giữ ray kiểu đơn giản, do diện tích chịu lực dưới đế ray quá nhỏ nên đế ray thường cứa vào tà vẹt làm cho tà vẹt chóng hỏng.

Để tăng thời hạn sử dụng của tà vẹt gỗ, người ta đặt thêm tấm đệm thép kê đế ray.

2. Kiểu dùng chung

Giữa ray và tà vẹt người ta đặt một tấm đệm thép để tăng diện tích truyền lực, dùng ba đinh (2 đinh đóng phía trong lòng đường và một đinh đóng phía ngoài) để ghim giữ cả đế ray và tấm đệm vào tà vẹt. Tấm đệm được làm từ thép Mác tanh có hàm lượng Cacbon không nhỏ hơn 0,16% hoặc bằng thép Betme có lượng Cacbon không nhỏ hơn 0,12%. Trên hình (1-6) biểu thị kiểu dùng chung, dùng đinh vít hoặc đinh đàn hồi.

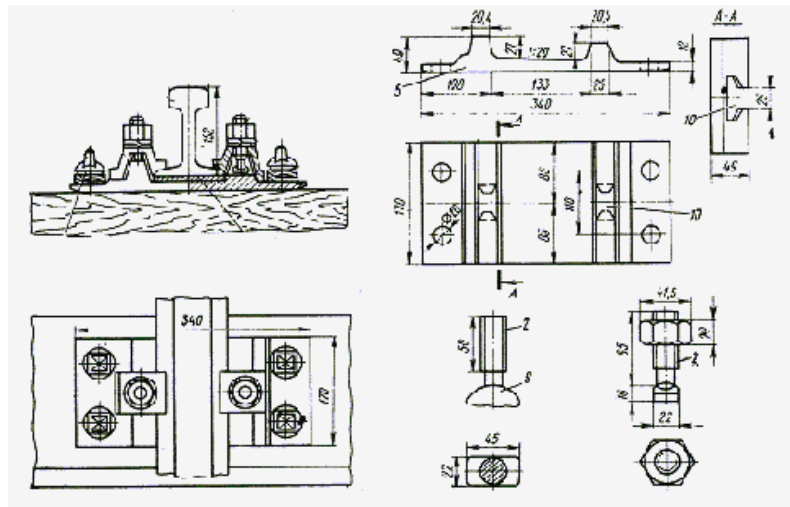


Hình 1-6 Liên kết ray và tà vẹt kiểu dùng chung

a,b: Kiểu dùng chung, đinh vít, đinh đường

c,d: Kiểu dùng chung, dùng đinh đàn hồi loại một chân và loại hai chân

Tấm đệm thép có tác dụng phân bố áp lực từ ray xuống tà vẹt đều hơn và tăng diện tích truyền lực xuống tà vẹt. Tấm đệm còn có tác dụng truyền lực ngang cho tất cả các đinh, một phần lực ngang sẽ bị tiêu hao do ma sát giữa tà vẹt và tấm đệm. Tấm đệm còn đảm bảo độ nghiêng của ray nên không cần bào gọt tà vẹt. Kích thước tấm đệm thay đổi tùy theo loại ray (xem hình 1-7).



Hình 1-7 Tấm đệm dùng cho ray P43, kiểu dùng chung

Phụ kiện giữ ray kiểu dùng chung có nhược điểm là việc ghim giữ đế ray và tấm đệm vào tà vẹt không được chắc chắn, sau một thời gian sử dụng, đinh dễ bị lỏng, tấm đệm bị rung làm tà vẹt dưới đáy tấm đệm bị mòn nhanh.

Mỗi loại phụ kiện giữ ray phân tích ở trên đều có ưu, nhược điểm và thích hợp với từng loại đường và điều kiện khai thác cụ thể. Qua kinh nghiệm khai thác cho thấy, loại phụ kiện liên kết không đàn hồi sau một thời gian sử dụng dài không đảm bảo việc ghim giữ chắc chắn ray vào tà vẹt, vì vậy, nhiều nước đã chuyển sang dùng phụ kiện đàn hồi. Đáy tà vẹt phải chèn chặt để tránh biến dạng cục bộ. Phụ kiện giữ ray kiểu đàn hồi hiện đại phải đảm bảo có thể điều chỉnh cao độ ray. Người ta thường dùng tấm lót cao su thêm vào giữa đế ray và tấm đệm để điều chỉnh cao độ ray. Để thay thế đỉnh móc thông thường, người ta dùng đỉnh móc lò xo. Trên hình 1-6c là loại đỉnh móc đàn hồi kiểu một chân Riuping (Đức). Ảnh là nước dùng nhiều đỉnh móc lò xo nhất.

Khi dùng đỉnh vít hoặc bu lông không đệm, người ta thường dùng cóc đàn hồi đơn hoặc kép. Cóc lò xo đơn thường được dùng cho tà vẹt gỗ, cóc lò xo kép thường dùng cho tà vẹt bê tông. Hướng phát triển hiện nay của phụ kiện giữ cho tà vẹt gỗ là loại phối kiện rời, dùng cóc đàn hồi liên kết ray với tấm đệm, thêm tấm lót đàn hồi ở dưới đế ray và vòng lót ở đỉnh.

II. Phụ kiện nối giữ ray với tà vẹt bê tông

Phụ kiện liên kết ray với tà vẹt bê tông có thể chia thành các nhóm sau:

1. Nhóm thứ nhất

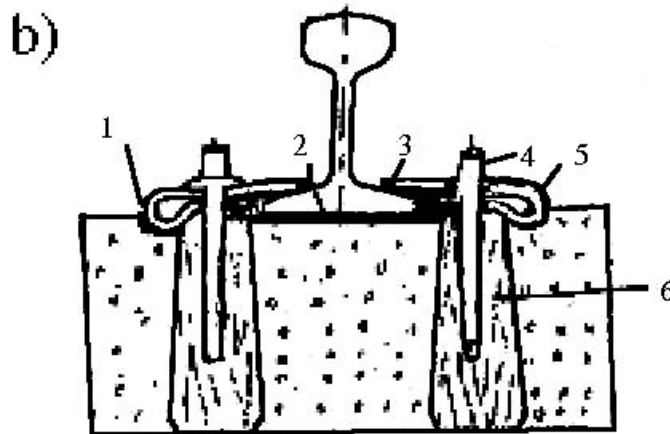
Ray đặt trực tiếp lên tấm lót đàn hồi, không dùng đệm sắt, tấm lót cao su được ưa chuộng hơn tấm lót gỗ vì nó ít hư hỏng hơn, thời gian sử dụng lâu hơn và ít bị biến dạng dư.

Để ghim giữ ray vào tà vẹt, người ta dùng cóc cứng hoặc cóc đàn hồi, một đầu cóc tỳ trực tiếp vào tà vẹt hoặc tỳ vào tấm lót đàn hồi, còn một đầu cóc ép lên đế ray, sau đó dùng đỉnh tia rơ phông- bu lông hoặc bu lông suốt ghim chặt vào tà vẹt.

Trên hình 1-13 biểu thị liên kết dùng đỉnh tia rơ phông cóc của Liên Xô, loại này dùng cóc đàn hồi RN, một đầu cóc tỳ vào tấm lót đàn hồi. Đỉnh tia rơ phông được bắt vào lõi gỗ chôn trong bê tông. Loại phối kiện này luôn ép một cách đàn hồi xuống ray, mặt khác người ta có thể thay đổi chiều dài lá thép dưới của cóc RN để có thể dùng cho nhiều loại ray có chiều rộng đế ray khác nhau mà không cần thay đổi kích thước và vị trí các đỉnh tia rơ phông. Tuy vậy cần lưu ý là việc thay ray chỉ thực hiện được khi đầu nắm ray mới và ray cũ có bề rộng giống nhau.

Nhược điểm của loại liên kết này: khi thay ray hoặc khi đặt các tấm lót bằng gỗ hoặc vật liệu khác để chỉnh cao độ ray phải vận đỉnh ra, như vậy sẽ làm yếu và làm hỏng liên kết giữa phối kiện và tà vẹt. Kiểu nối giữ bằng đỉnh tia rơ phông bắt trong lõi gỗ chưa tốt vì lõi gỗ thường phải thay luôn và còn gây ra nhiều sai lệch về cự ly đường và làm yếu việc nối giữ ray.

Hình 1-13 Phối kiện tia rơ phông cóc của Liên Xô



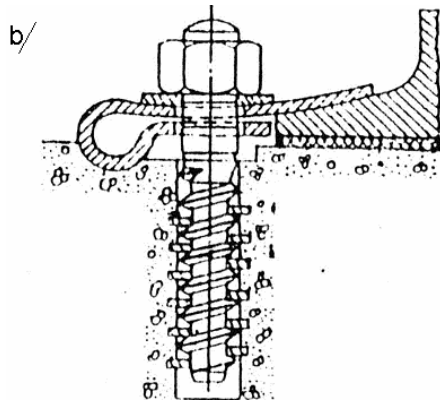
Trong hình 1-13:

1. Tấm lót đàn hồi dưới chân cóc
2. Tấm lót đàn hồi dưới ray
3. Đệm cách điện ở miệng cóc
4. Đỉnh tia rơ phông

5. Cóc đàn hồi

6. Lõi gỗ

Trên hình 1- 14 biểu thị phối kiện cóc đàn hồi kiểu RN bắt giữ bằng đinh tia rơ phong-bu lông dùng trên đường sắt quốc gia Pháp đảm bảo chất lượng khai thác tốt, loại tia rơ phong-bu lông có đầu dưới như đinh tia rơ phong được bắt trực tiếp trong bê tông, đầu trên là bu lông có răng ốc và êcu. Hiện đang sử dụng 5 Km đường TVBT Tháp Chàm.



Hình 1-14 Phối kiện dùng cóc RN bắt giữ bằng tia rơ phong-bu lông dùng trên đường sắt quốc gia Pháp.

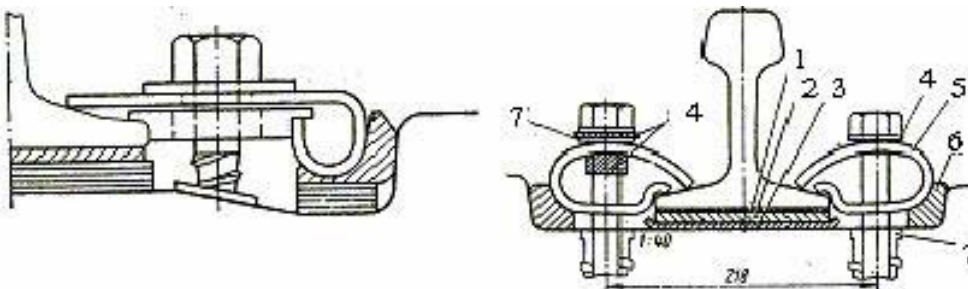
Tà vẹt bê tông kiểu Vanhe: đầu dưới đinh tia rơ phong có đặt những vòng thép xoắn ốc như đường gien của tia rơ phong. Loại này vẫn có nhược điểm là răng ốc bu lông và tia rơ phong có thể bị hỏng hoặc bị gi gãy khó khăn khi thay ray.

Trên hình 1-15 biểu thị phối kiện liên kết dùng tia rơ phong-bu long đặt trên đường sắt quốc gia Nhật. Đinh tia rơ phong - bu lông được bắt vào một lõi bằng chất dẻo điện môi - đồng thời cũng là chất cách điện. Để đề phòng nứt bê tông ở chỗ đặt lõi, nơi chịu lực lớn, người ta bố trí cốt thép xoắn ốc. Cóc đàn hồi được cách điện với tà vẹt bằng một tấm lót bằng chất dẻo đặt dưới chỗ uốn cong của lưng cóc (xem hình 1-15). Đặc biệt, loại này dùng một rông đen tấm đặt dưới cóc đàn hồi để điều chỉnh cự ly đường. Khi cần điều chỉnh cự ly ray ta quay rông đen này tùy theo kích thước cạnh của nó tỳ vào để ray.

Khả năng mở rộng cự ly trên đường cong hoặc thay đổi cự ly khi sửa chữa là ưu điểm quan trọng của loại phối kiện này.

Trên hình 1-16 là loại phối kiện liên kết bằng cóc và bu lông suốt dùng trên đường sắt Nga. Giữa cóc và êcu thường đặt rông đen lò xo. Bu lông suốt được dùng rất phổ biến ở Anh cho loại tà vẹt bê tông giầy đàn đầu tiên.

Trên đây chỉ giới thiệu một vài loại phối kiện liên kết không dùng đệm sắt trên thế giới.



Hình 1-15 Phối kiện đàn hồi của Nhật

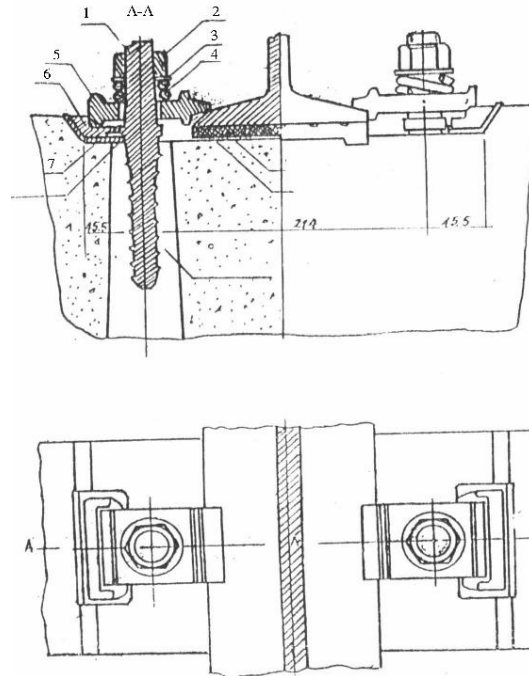
- | | | | |
|----------------|--------------------|-----------------------|------------------|
| 1. Tấm lót ray | 2. Tấm đệm đàn hồi | 3. Tấm đệm điều chỉnh | 7. Rông đen vành |
| 4. Bu lông | 5. Cóc đàn hồi | 6. Đệm gót cóc | |

Bộ phụ kiện kiểu cóc cứng của Trung Quốc có ký hiệu kiểu 70 gồm các chi tiết sau: (hình 1-16a)

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 1. Cóc giữ ray 2 mặt | 5. Đệm nhựa |
| 2. Bu lông tia rơ phong | 6. Cản sắt |
| 3. Vòng đệm lò xo 2 vòng | 7. Cản nhựa |

4. Đệm phẳng

Bu lông tia rơ phông được chôn chặt vào khối bê tông bằng vữa lưu huỳnh (8).



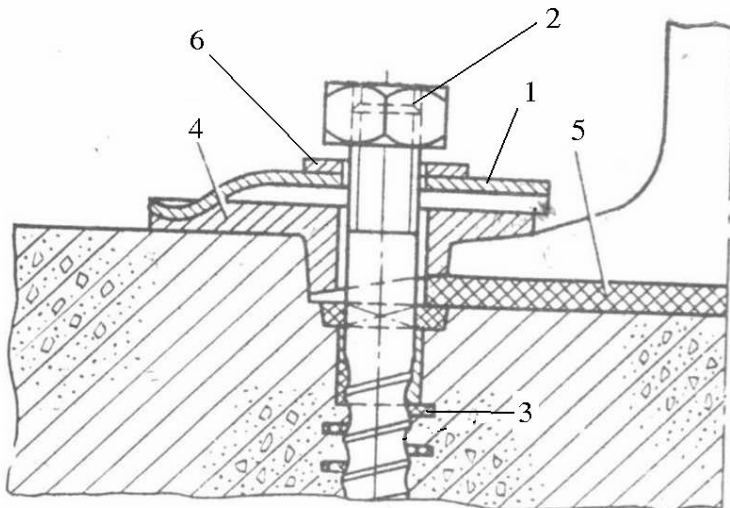
Hình 1-16a Phụ kiện cóc cứng Trung Quốc

Bộ phụ kiện của tà vẹt do Trung Quốc sản xuất, có cấu tạo hợp lý, thực hiện gia khoan dễ dàng, khắc phục được những tồn tại của TVBT thường hai khối và TVBT lồng liền khối, đảm bảo cách điện tốt. Bộ phụ kiện của TVBTDUL 1435 mm dùng chung với phụ kiện của TVBTDUL dùng cho đường 1000 mm.

Loại TVBTDUL dùng cho đường 1435 mm do Trung Quốc sản xuất, dùng phụ kiện cóc cứng kiểu 70, đang được sử dụng trên tuyến đường sắt Kép – Hạ Long, với chiều dài sử dụng là 148 km.

Bộ phụ kiện đàn hồi kiểu NABLA dùng cho tà vẹt bê tông K92 gồm các chi tiết sau: Hình 1-16b

1. Cóc đàn hồi kiểu NABLA
2. Đinh Tia rơ phông
3. Lò xo xoắn nằm trong bê tông
4. Căn nhựa
5. Đệm cao su
6. Vòng đệm phẳng

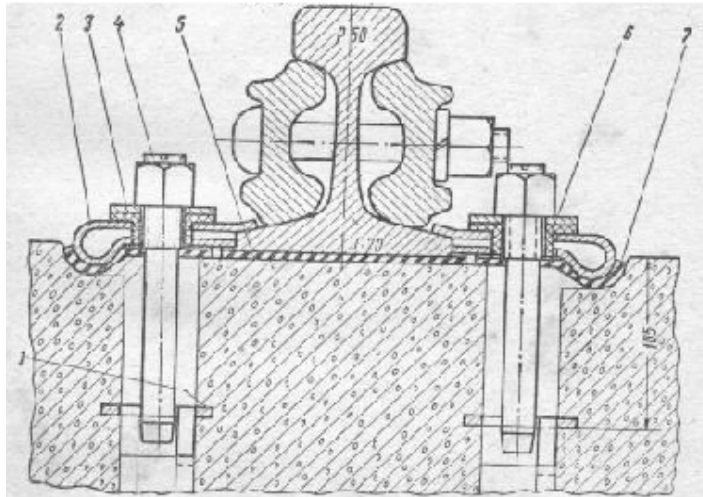


Hình 1-16b Phụ kiện đàn hồi kiểu NABLA

Đây là loại TVBT thường hai khối, thanh giằng kéo dài về phía cuối tà vẹt, do vướng thanh giằng nên cóc được bố trí lệch sang hai bên trục dọc tà vẹt không nằm giữa ở trục như các loại tà vẹt khác. Dùng cóc đàn hồi kiểu NABLA của Pháp dùng đỉnh tia rơ phông bắt vào lõi soắn bằng thép nằm trong bê tông để giữ cóc.

Trên đường sắt hiện đang sử dụng khoảng 6.5 km đường TVBT K92. Sau khi đặt thí nghiệm 4.2 km, loại tà vẹt này đã tạm ngừng sản xuất.

Hình 1-16 Phối kiện liên kết ray với tà vẹt bê tông dùng cóc và bu lông suốt



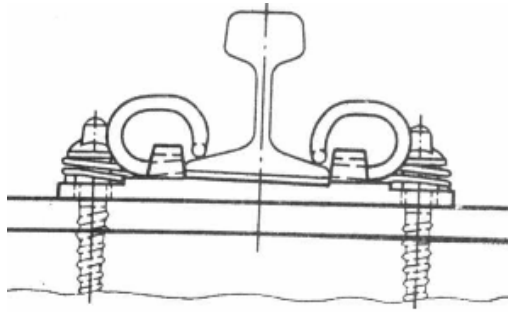
- 1.Cần u 2.Cóc đàn hồi 3.Đệm phẳng
4.Ê cu 5.Đệm đàn hồi 7.Cần cóc

2. Nhóm thứ 2: Dùng tấm đệm sắt

Do bê tông có thể chịu được lực ép lớn hơn gỗ khoảng 10 lần, vì vậy tà vẹt bê tông không bị hư hỏng do phá hoại cơ giới, không bị cưa và bị đập dưới đế ray. Do đó, bản đệm sắt đối với tà vẹt gỗ có một vai trò rất quan trọng, thì đối với tà vẹt bê tông, nó không còn có những nhiệm vụ cơ bản đó nữa. Vấn đề dùng tấm đệm trên tà vẹt bê tông, trước hết là do vấn đề đàn hồi giữa ray và tà vẹt, người ta phải dùng tấm lót đàn hồi dưới đế ray, nhưng khi áp lực từ ray xuống tấm lót quá sức chịu tải của nó thì phải dùng thêm tấm đệm sắt để tăng diện tích truyền lực xuống tấm lót đàn hồi. Thường, người ta thiết kế mặt tà vẹt có độ nghiêng sẵn còn mặt tấm đệm sắt không làm nghiêng để việc chế tạo tấm đệm được đơn giản hơn.

Loại phụ kiện liên kết dùng tấm đệm sắt được dùng rộng rãi ở Liên Xô và Đức.

Đúc dùng loại phối kiện rời kiểu K ở những nơi có khối lượng vận chuyển lớn. Loại phối kiện này khác với loại dùng cho tà vẹt gỗ là tấm đệm được giảm nhẹ bằng cách giảm diện tích tiếp xúc của bản đệm, giảm chiều dày bản đệm, mặt đệm không làm nghiêng, giảm số đỉnh tia rơ phông từ 4 cái ghim giữ đệm xuống còn hai cái (Xem hình 1-17). Đỉnh tia rơ phông được bắt vào lõi gỗ chôn trong bê tông. Để lõi gỗ ít bị hư hỏng người ta dùng rỗng đen lò xo ba vòng đặt dưới đầu tia rơ phông.

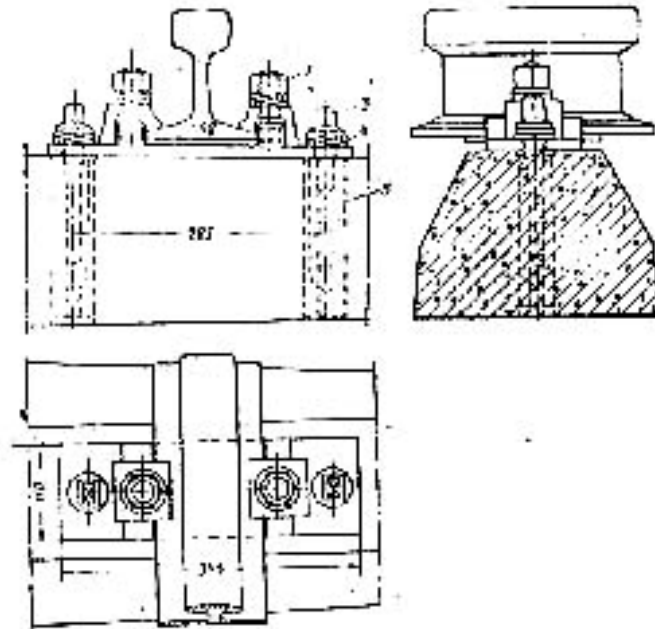


Hình 1-17 Phôi kiện K dùng cho tà vẹt bê tông ở Tây Đức

1. Êcu của bu lông cóc
2. Rông đen lò xo
3. Tia rơ phông
4. Rông đen lò xo
5. Lõi gỗ

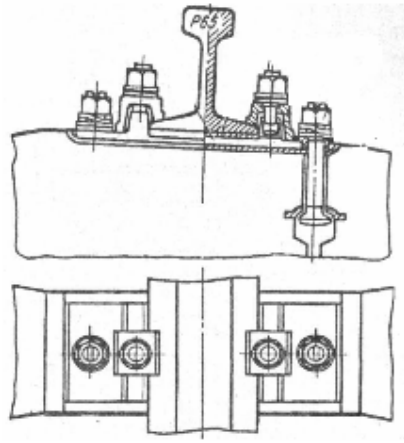
Trên đường ray không mỗi nối dùng tà vẹt bê tông, loại phôi kiện rời kiểu K này đảm bảo việc ghìm giữ ray chắc chắn, ray không bị xô hoặc bị xoắn, đảm bảo tính đàn hồi cần thiết. Tuy nhiên, về cấu tạo nó có quá nhiều chi tiết (24 chi tiết / 1 tà vẹt), rất nặng (17.2 kg/ 1 tà vẹt), giá thành cao mặc dù chi phí duy tu bảo dưỡng nhỏ.

Vì vậy sau nhiều năm tìm kiếm, thí nghiệm về phôi kiện dùng cọc lò xo bằng thép tròn và dùng bản đệm thép có gờ giống như phôi kiện K (Hình 1-18) các chuyên gia Đức đã kết luận là loại phôi kiện đó đơn giản và tiến bộ hơn.



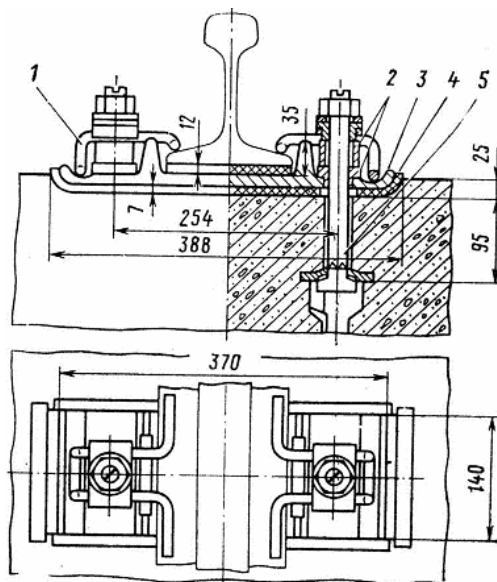
Hình 1-18 Phôi kiện lò xo dùng cho tà vẹt bê tông ở Đức

Trên đường sắt Liên Xô, người ta liên kết tấm đệm vào tà vẹt bằng hai bu lông suốt, liên kết đế ray với tấm đệm bằng hai bu lông - cóc như hình 1-19, loại liên kết này được đặt trên khoảng 10 km đường TVBT đường vành đai Hà Nội.



Hình 1-19 Phối kiện liên kết của Liên Xô kiểu rời dùng bu lông suốt liên kết bản đệm với tà vẹt bê tông

Trên hình 1-20 biểu thị cấu tạo của loại phụ kiện kiểu BR của Liên Xô, loại này dùng cóc đàn hồi và hai bu lông suốt để ghim giữ cả đế ray và bản đệm vào tà vẹt, loại này dùng cho đường cao tốc, tải trọng trục lớn, trên đường có lượng vận chuyển lớn.



- 1- Cóc đàn hồi
- 2- ống cách điện
- 3- Đệm sắt
- 4- Đệm đàn hồi
- 5- Bu lông suốt

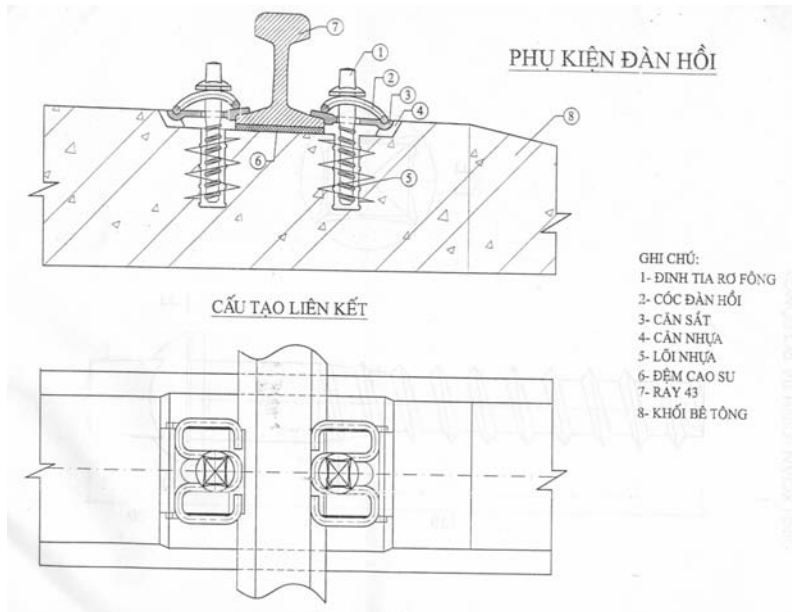
Hình 1-20a Phụ kiện kiểu BR của Liên Xô

Câu hỏi ôn tập phần II :Kết cấu tầng trên ĐSCấu tạo kiến trúc tầng trên

1. Ray: Vẽ hình, công dụng, yêu cầu, hình dáng, kích thước.
2. Phụ tùng nối ray với ray, giữ ray với tà vẹt: Vẽ hình, cấu tạo, ưu nhược điểm mỗi loại.
3. Tà vẹt: Vẽ hình, công dụng, yêu cầu, ưu nhược điểm mỗi loại.
4. Lớp đá ba lát : Vẽ hình, công dụng, yêu cầu, vật liệu, mặt cắt ngang.

Kiểu phụ kiện cóc đàn hồi ô mê ga của Trung Quốc và của Đức đang được sử dụng rộng rãi trên khổ đường 1000 mm và 1435 mm chạy với tốc độ $V \geq 100$ km/h

Đây là kiểu phụ kiện đàn hồi dùng cho tà vẹt bê tông K1, K2, K3 được liên hiệp đường sắt Việt Nam cho phép sử dụng rộng rãi trên đường sắt Việt Nam.



Hình 1-20b Phụ kiện kiểu ô mê ga của Trung Quốc

1.2.3. Mối nối ray và phụ kiện mối nối

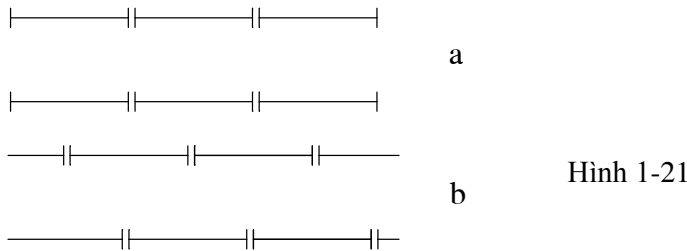
1.2.3.1. Mối nối ray

Mối nối là chỗ nối hai đầu ray với nhau, chiều rộng khe hở mối nối phải đảm bảo hai đầu ray có thể co giãn khi nhiệt độ thay đổi. Khi bánh xe lăn qua mối nối, phát sinh lực xung kích tác dụng lên ray, vì vậy, về mặt cấu tạo và biện pháp duy tu bảo quản mối nối có ý nghĩa quan trọng để duy trì trạng thái của tuyến đường.

Xét theo vị trí mối nối có thể chia ra hai loại:

- Mối nối đối xứng (Hình 1- 21a)
- Mối nối so le (Hình 1-21b)

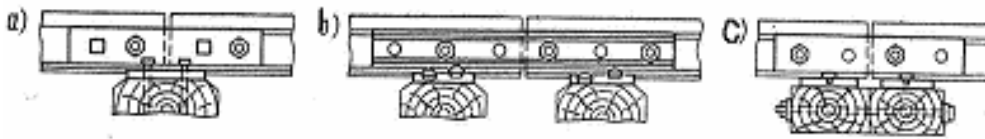
Mối nối đối xứng có số lần lực xung kích tác dụng lên mối nối giảm đi một nửa so với mối nối so le, toa xe chạy qua ổn định hơn, và có thể cơ giới hoá đặt ray.



Hình 1-21

Phân loại mối nối theo vị trí tương đối giữa tà vẹt và mối nối ray ta có các loại sau:

- Mối nối kê đơn (Hình 1-22a)
- Mối nối treo (Hình 1-22b)
- Mối nối kê kép (Hình 1-22c)



Hình 1-22: Bố trí tà vẹt chỗ mối nối

Loại mối nối kê đơn, tà vẹt dễ bị xoay không vuông góc với tim đường, vì vậy độ chặt của ba lát bị phá hoại và độ ổn định của lớp đá ba lát giảm dần, khi tàu chạy qua, dưới tác dụng của lực xung kích, đầu ray bị đập mạnh, mối nối dễ bị phá hoại.

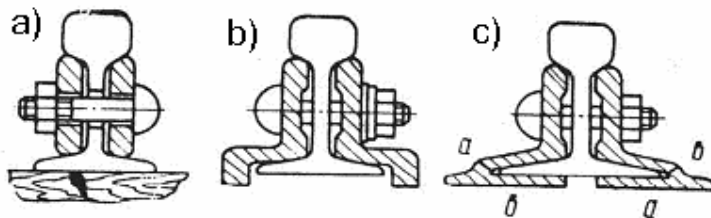
Đối với loại mối nối treo, việc chèn đá giữa hai tà vẹt và dưới tà vẹt tương đối thuận lợi hơn mối kê kép, tuy nhiên lập lách phải chịu uốn lớn.

Loại mối kê kép có mô men uốn nhỏ hơn mối treo rất nhiều, độ cứng của mối nối lớn hơn, nhưng rất khó chèn đá dưới đáy hai tà vẹt.

1.2.3.2. Phụ kiện liên kết mối nối

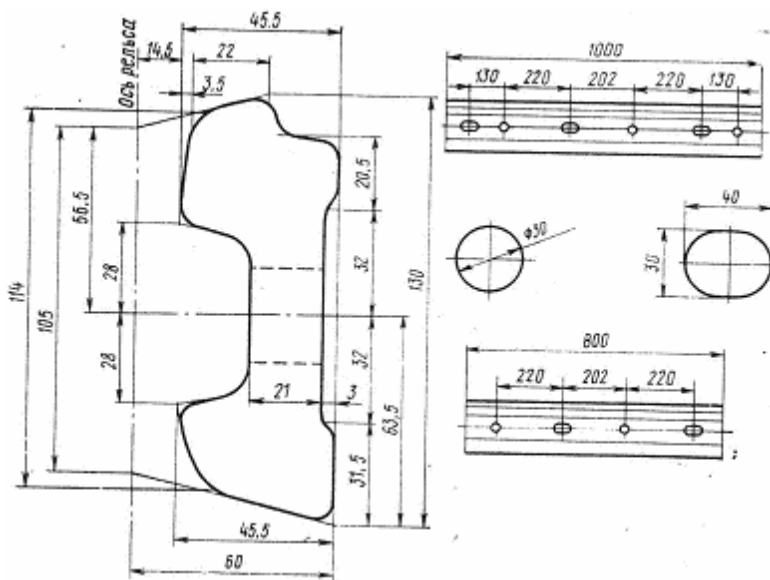
Để liên kết hai đầu ray, người ta dùng lập lách và bu lông, đảm bảo hai đầu ray không bị xô dịch theo phương thẳng đứng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy lập lách làm việc như một dầm tựa trên hai gối. Những loại lập lách có tiết diện dẹt, lập lách có đuôi, lập lách có tấm đệm (Hình 1-23) đều không thích hợp, khi chịu uốn có nhiều nhược điểm. Vì vậy đối với ray P43 và P50 hiện nay dùng lập lách hai đầu (Hình 1-24), loại này cứng, khoẻ, mặt tiếp xúc với ray rộng nên làm việc tốt.



Hình 1-23 Các loại lập lách dẹt

Loại lập lách hai đầu của Liên Xô chế tạo từ thép các bon Mactanh CT6 và CT7, loại lập lách dùng cho ray P43 và P50 có 6 lỗ bu lông.

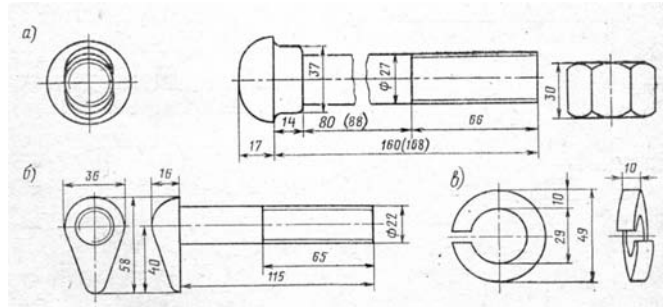


Hình 1-24 Lập lách hai đầu dùng cho ray P43 và ray P50

Lập lách được liên kết với ray bằng bu lông mối. Dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu, các bu lông mối thường phải chịu tải trọng lớn nên sức ghi của bu lông để ép chặt lập lách vào ray bị giảm dần, đường ren của bu lông và ren ốc bị tròn xoay, mặt tiếp xúc của ray và lập lách bị mòn dần, mặt tiếp xúc của lập lách và đầu bu lông cũng bị mòn do ma sát, mũ

ốc bu lông bị lỏng ra, vì vậy, để khắc phục, người ta làm bu lông bằng thép cứng có nhiệt luyện. Đường kính bu lông dùng cho ray P38 và P43 là 22 mm, ray P50 là 24mm, ray P65 và P75 là 27mm (Theo tiêu chuẩn Liên Xô).

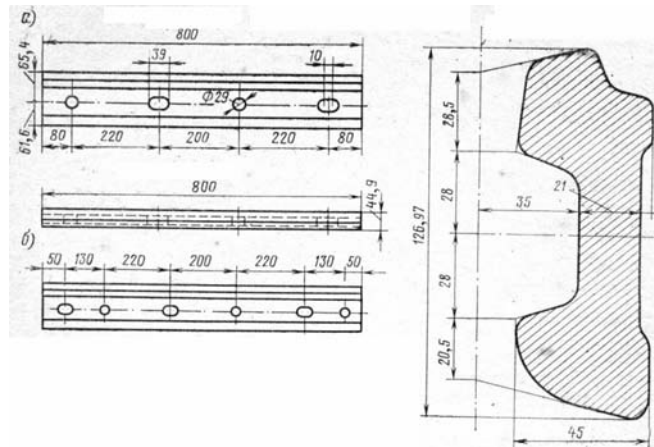
Trên hình 1-25 biểu thị hình dạng và kích thước của bu lông mỗi loại có đầu kéo dài và loại thân bu lông làm thành hai bậc để khắc phục hiện tượng bu lông bị xoay.



Hình 1-25 : Bu lông mỗi nối

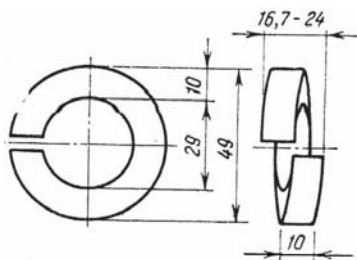
- a- Bu lông có hai bậc
- b- Bu lông có đầu kéo dài về một phía

Lập lách dùng bu lông có hai bậc, lỗ bu lông trên lập lách phải làm khác nhau: Có lỗ tròn, có lỗ bầu dục như hình 1-26

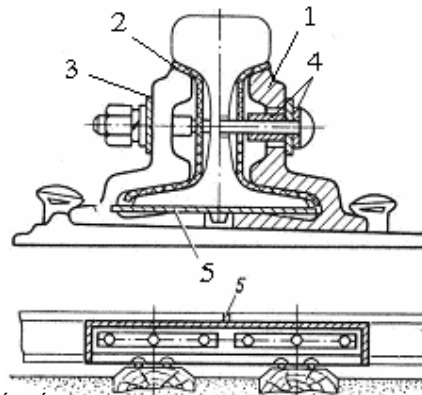


Hình 1-26 : Lập lách dùng bu lông có hai bậc

Rông đen làm bằng loại thép đặc biệt, được nhiệt luyện. Những mối nối dẫn điện và cách điện phải đảm bảo tín hiệu làm việc chính xác để tàu chạy được an toàn.



Hình 1-27: Rông đen vành



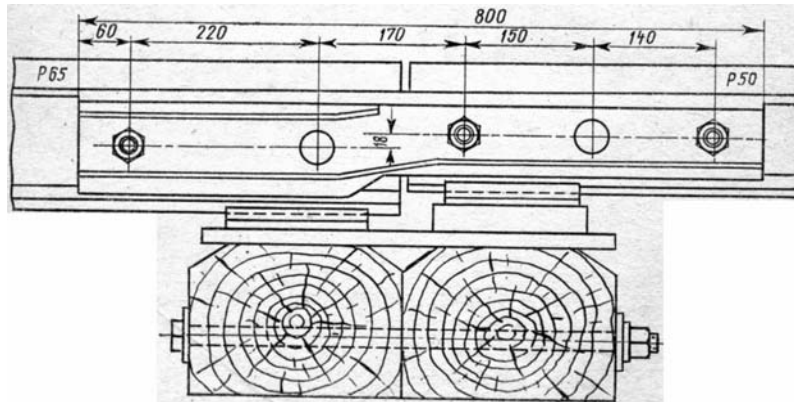
Hình 1-28: Mối nối cách điện dùng cho ray

P43 và P50 của Liên Xô

1- Lấp lách

2,3,4 và 5: Lớp cách điện

Để nối hai loại ray khác nhau, người ta dùng lạp lách đặc biệt đảm bảo cao độ đỉnh ray bằng nhau, trên tà vẹt đặt một tấm đệm chung cho hai ray và đệm riêng kê để ray đảm bảo ray không bị hẫng.(Hình 1-29)



Hình 1-29: Mối nối dùng lạp lách đặc biệt

1.3. TÀ VỆT

1.3.1. Công dụng và yêu cầu đối với tà vẹt

Công dụng của tà vẹt: tà vẹt là một kết cấu đỡ ray nó có tác dụng chịu lực do đoàn tàu truyền xuống và truyền lực đó xuống lớp đá ba lát. Nhờ tà vẹt tạo sự đàn hồi khi truyền lực nên đường làm việc tốt hơn. Ray được ghim giữ vào tà vẹt thành một khung kết cấu ổn định trong tầng đá ba lát, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật khi đặt ray và khai thác đường.

Yêu cầu đối với tà vẹt: Tà vẹt phải có độ bền, độ đàn hồi và khả năng chống mòn tốt, vận chuyển, chế tạo và lắp đặt được thuận tiện và dễ dàng, thời gian sử dụng được lâu, giá thành rẻ.

Kết cấu đỡ ray có các dạng sau:

- Tà vẹt (gỗ, sắt, bê tông)
- Tầng tấm dài đặt dọc dưới ray
- Tầng khối bê tông
- Khung bê tông

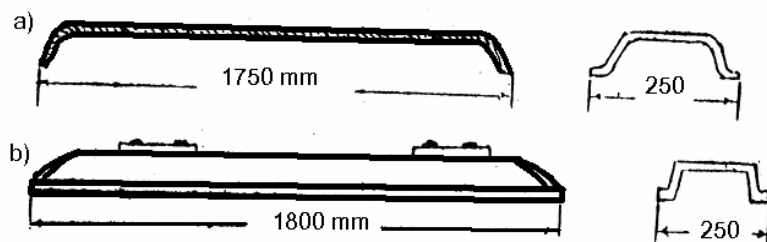
Trong số các loại đó tà vẹt là loại được dùng phổ biến nhất. Số lượng tà vẹt đặt trên một Km phụ thuộc vào tải trọng trục, khối lượng vận chuyển, tốc độ chạy tàu, loại ray, loại đá balát và bình diện tuyến đường.

Đường sắt Việt Nam khổ 1000 mm dùng 1440 thanh/Km trên đường thẳng khi dùng ray P38 và P43 dài 12,5m; trên đường cong $R \leq 500m$ dùng 1660 thanh/Km; trên đường sắt khổ đường 1435mm, đặt 1600 thanh/Km trên đường thẳng, 1760 thanh/ km trên đường cong.

1.3.2. Tà vẹt sắt

Trước chiến tranh thế giới lần thứ hai, tà vẹt sắt thường được dùng ở Pháp, Đức và Ấn Độ. Mỗi thanh tà vẹt nặng khoảng $50 \div 80$ kg. Tà vẹt sắt có khả năng chống xô dịch rất lớn, chế tạo công nghiệp, vận chuyển dễ dàng. Tuy nhiên, nó có một số nhược điểm sau:

Tà vẹt sắt có thời gian phục vụ ngắn, khoảng $25 \div 35$ năm nó có khả năng dẫn điện mạnh nên khó sử dụng trên đường điện khí hoá hoặc trên đường dùng tín hiệu tự động. Tà vẹt sắt đòi hỏi số lượng tà vẹt /km nhiều hơn khi dùng tà vẹt gỗ (vì chiều rộng của tà vẹt sắt nhỏ hơn), lực kháng uốn kém và lực động lên ba lát lớn. Việc chèn đá dưới tà vẹt rất khó. Và lại, khi tàu trật bánh sẽ có biến dạng dư ở tà vẹt.



Hình 1-30 Cấu tạo tà vẹt sắt

a- Tà vẹt lòng mo (michevillie)

b- Tà vẹt phẳng (menemick)

1.3.3. Tà vẹt gỗ

Tà vẹt gỗ được dùng rất phổ biến trên thế giới, nó có nhiều ưu điểm hơn tà vẹt sắt:

Tà vẹt gỗ có tính đàn hồi lớn, việc sản xuất chế tạo tà vẹt dễ, lắp đặt dễ dàng, lắp đặt thuận tiện, cách điện tốt, việc ghim giữ ray vào tà vẹt gỗ dễ dàng hơn các loại tà vẹt khác, giá thành rẻ hơn

Tuy vậy, tà vẹt gỗ dễ bị mục, tối thọ ngắn, dễ nứt dọc thớ. Gỗ dùng làm tà vẹt phải dùng gỗ nhóm I (Đinh, Lim, Sến, Táu), không có tật, thớ gỗ không được chéo xoắn, không bị nứt nẻ vòng tròn.

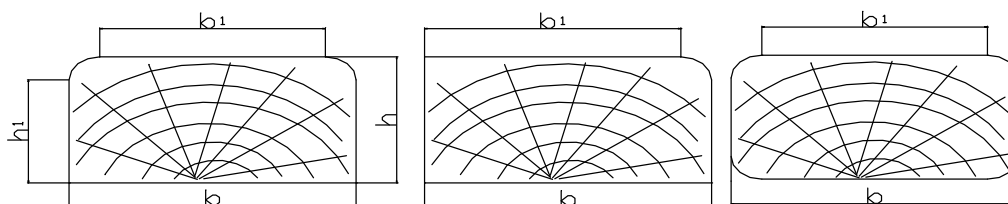
Người ta quy định:

Tà vẹt gỗ loại I: dùng cho đường chính tuyến.

Tà vẹt gỗ loại II: dùng cho đường thứ yếu và trong ga.

Tà vẹt gỗ loại III: dùng cho đường chuyên dụng, hầm lò.

Mỗi loại tà vẹt có ba dạng mặt cắt A,B,C như hình 1-31



Hình 1-31 Mặt cắt ngang tà vẹt gỗ

Tà vẹt gỗ trước khi sử dụng phải được ngâm tẩm thuốc phòng mục để thuốc ngấm sâu vào gỗ với độ sâu không được nhỏ hơn 30 mm.

Bảng 1-3 Kích thước tà vẹt gỗ dùng trên đường sắt

Khô đường (mm)	Loại tà vẹt	Chiều dài tà vẹt (cm)	A				B				C			
			Rộng		Cao		Rộng		Cao		Rộng		Cao	
			B ₁	b	H ₁	h	B ₁	b	H ₁	h	B ₁	b	H ₁	H
1000	I	180	18	22	9	14	18	22	-	14	-	-	-	-
	II	180	17	20	8	14	17	20	-	14	16	20	-	14
	III	180	16	19	7	14	16	19	-	14	15	19	-	14
1435	I	250	22		16									
	II	250	20		14.5									
	III	250	19		13.5									

1.3.4. Tà vẹt bê tông

Tà vẹt bê tông sử dụng được nhiều vật liệu thiên nhiên như cát, sỏi. Tà vẹt bê tông rất nặng (tà vẹt bê tông hai khối nặng trên 1 tạ, tà vẹt liền khối nặng khoảng 2 tạ) do đó rất ổn định. Nếu đáy tà vẹt được làm theo dạng lõm thì sức chống trượt của nó lớn hơn của tà vẹt gỗ. Tà vẹt bê tông rất cứng nên các phối kiện liên kết ray với tà vẹt cần có tính đàn hồi để giảm lực xung kích tác động lên tà vẹt, mặt khác nó có tính dẫn điện nên phải dùng thiết bị cách điện.

Đường sắt dùng tà vẹt bê tông đảm bảo được tính đồng nhất, cự ly ray được đảm bảo tốt, ít thay tà vẹt lẻ tẻ, vì vậy chi phí duy tu giảm. Thời gian phục vụ của tà vẹt bê tông rất dài, khoảng 50-60 năm. Khi dùng tà vẹt bê tông, lớp đá ba lát phải đủ và phải chèn chặt, nền đường phải đủ độ chặt yêu cầu.

Tà vẹt bê tông hai khối: Loại tà vẹt hai khối được dùng phổ biến ở Pháp và nhiều nước Châu Âu, Châu Á và Mỹ la tinh. Loại này có nhiều kiểu, nhiều hình dáng khối bê tông và hình thức thanh nối (thép hình, ray cũ, ống tuýp...) khác nhau. Loại này có ưu điểm là kết cấu đơn giản, chế tạo dễ dàng bằng bê tông thường, sức cản chống di động ngang tốt. Tuy vậy, loại tà vẹt hai khối cũng có nhiều nhược điểm:

Tổn sắt thép, so với tà vẹt bê tông dự ứng lực, số lượng thép nhiều gấp mấy lần. Thanh thép nối có độ cứng chịu uốn nhỏ nên tà vẹt dễ bị uốn lên, xuống làm sai lệch cự ly và mặt bằng đường. Và lại, thanh thép nối hay bị rỉ. Tà vẹt bê tông hai khối rất dễ bị hư hỏng khi tàu trật bánh cũng như khi vận chuyển và đặt đường. Nó có diện tích áp xuống đá nhỏ.



Hình 1-32: Tà vẹt bê tông hai khối

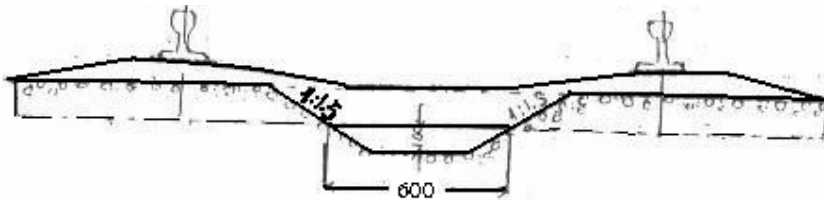
Ở ta loại tà vẹt bê tông hai khối dùng cho đường 1000 mm và liền khối dùng cho đường lồng đã hoàn thành sử mệnh lịch sử trong giai đoạn trước. Ngày nay, do yêu cầu của thời kỳ mới, các loại tà vẹt bê tông thường dùng cho đường 1000 mm và liền khối dùng cho đường lồng, không đáp ứng được yêu cầu, cần có loại tà vẹt bê tông và phụ kiện mới thay thế. Trong những năm sắp tới, ngành đường sắt của ta dự định sẽ sử dụng tà vẹt bê tông dự ứng lực liền khối dùng cóc đàn hồi phù hợp với đường sắt tốc độ chạy tàu $v=100 \div 120\text{Km/h}$ và sử dụng rộng rãi đường sắt không mối nối.

Tà vẹt bê tông loại liền khối:

Lúc đầu, người ta bắt chước tà vẹt gỗ làm tà vẹt bê tông có tiết diện như nhau từ đầu đến cuối tà vẹt. Kiểu này không hợp lý vì chống nứt kém: Khi đè lên đá ba lát, đoạn giữa tà vẹt gây ra mô men âm M_c rất lớn làm nứt tà vẹt. Khi chiều rộng tà vẹt không đổi, muốn giảm mô men âm M_c , chiều dài tà vẹt cần gấp đôi khổ đường, thực tế chiều rộng nền đường không cho phép như vậy nên tà vẹt phải làm ngắn hơn. Khi có vết nứt, nước thấm vào làm gỉ cốt thép, làm giảm sự chịu lực của cốt thép.

Các biện pháp để tăng tính chống nứt chỗ giữa tà vẹt, giảm mô men M_c :

- 1- Tạo thành một rãnh trên nền đá dọc theo tim đường ở giữa tà vẹt. Đó là biện pháp đơn giản nhất để giảm mô men M_c (Hình 1-33).



Hình 1-33: Tạo rãnh dọc trên nền đá ở giữa tà vẹt

- 2- Tránh không cho đoạn giữa tà vẹt tỳ lên đá bằng cách nâng cao đáy ở giữa tà vẹt (Hình 1-34). Biện pháp này chỉ có tác dụng lúc mới đặt tà vẹt, khi nền đá chưa chèn chặt.

- b. Tà vệt C-56-3
- c. Tà vệt C-56-1
- d. Tà vệt BTCTDUL của Trung Quốc cho khổ 1435

Loại tà vệt bê tông cốt thép liền khối của Trung Quốc khổ đường 1435 dùng phối kiện liên kết đàn hồi kiểu Ômêga chạy tàu $V_{max}=120$ km/h.

* Tà vệt bê tông dự ứng lực kéo sau: người ta tiến hành đổ bê tông trước, trong thân tà vệt để sẵn những lỗ dọc. Sau khi bê tông đủ cường độ thì luồn cốt thép chủ vào lỗ dọc và kéo. Cốt thép dùng cho loại này là cốt thép thanh hoặc cốt thép bó.

1.4. LỚP ĐÁ BA LÁT

1.4.1. Công dụng và yêu cầu đối với lớp đá ba lát

Lớp đá ba lát có tác dụng đảm bảo ổn định cho ray và tà vệt. Nó chịu lực từ tà vệt truyền xuống và truyền lực đó xuống nền đường. Lớp đá ba lát còn có tác dụng thoát nước, đảm bảo các bộ phận kết cấu tầng trên luôn khô ráo và làm lớp đệm đàn hồi để giảm lực xung kích của bánh xe.

Vật liệu làm đá ba lát phải rắn chắc, ổn định, không bị vỡ vụn khi chèn, chịu được phá hoại của thời tiết, không bốc bụi khi tàu chạy, nước chảy không bị trôi, không cho cỏ mọc.

Các vật liệu làm đá ba lát chủ yếu là đá dăm, sỏi, cát, vỏ sò, si lò... tốt nhất là đá dăm với các loại kích cỡ từ 25 mm đến 70 mm, từ 25 mm đến 40 mm, từ 13 mm đến 40 mm hoặc từ 40 mm đến 80 mm.

Trong đó, cỡ đá từ 25 mm đến 70 được dùng nhiều. Dung sai cho phép về kích cỡ đá như sau: đá to quá cỡ và nhỏ hơn cỡ chỉ được tới 5%, lượng bụi và hạt cát không quá 1% tính theo trọng lượng, cỡ to nhất của đá không quá 90 mm.

Ở Việt Nam dùng đá dăm cỡ 40x60 mm. Đá làm ba lát phải có nhiều cạnh, các mặt phải tương đối phẳng, hình dạng hòn đá gần giống hình lập phương sẽ chịu lực tốt nhất.

1.4.2 Mặt cắt ngang của lớp đá ba lát:

Kích thước mặt cắt lớp đá ba lát phải đủ rộng để đảm bảo sự ổn định của ray và tà vệt chống xô dịch ngang, đủ dày để ứng suất do tải trọng đoàn tàu truyền xuống mặt đỉnh nền đường không được lớn hơn khả năng chịu lực của nền đường.

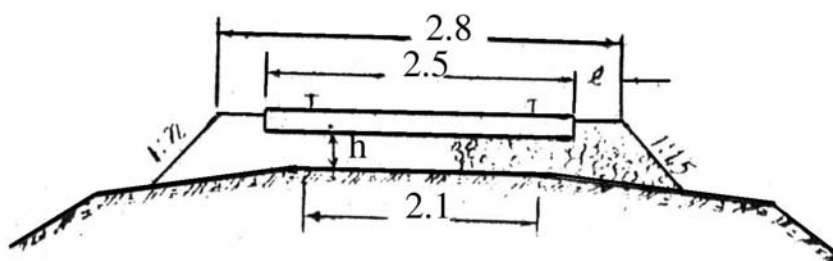
Kích thước mặt cắt ngang lớp đá ba lát khi dùng tà vệt gỗ và tà vệt bê tông như bảng 1-4:

Bảng 1-4:

Cường độ vận chuyển T.T Km/Km năm	Loại tà vệt	Chiều dày ba lát		Chiều rộng vai đá b(cm)	Độ dốc mái đá 1:n
		Đá dăm (cm)	Cát (cm)		
>50	Tà vệt gỗ	35	20	45	1:1,5
	Tà vệt bê tông	40	20	45	1:1,5
25ừ50	Tà vệt gỗ	30	20	35	1:1,5
	Tà vệt bê tông	35	20	35	1:1,5
< 25	Tà vệt gỗ	25	20	25	1:1,5
	Tà vệt bê tông	≥ 30	20	25	1:1,5

Trên hình 1-36 biểu thị hình dạng và kích thước mặt cắt ngang lớp đá ba lát trên đường thẳng đường tiêu chuẩn 1435 mm.

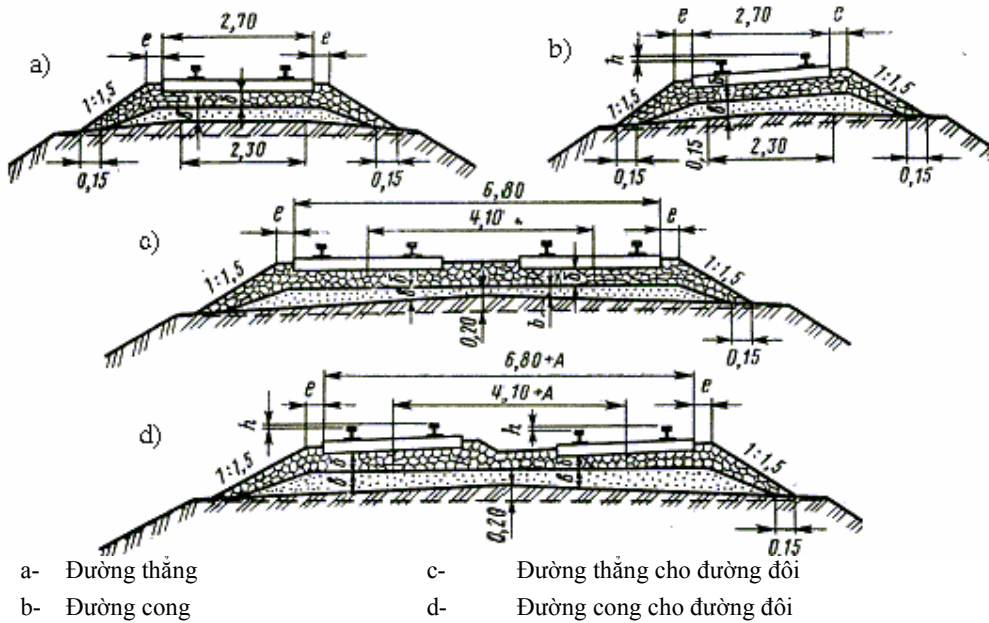
- Trong đó: e- Chiều rộng vai đá.
- h- Chiều dày lớp đá ba lát



Hình 1-36 Mặt cắt ngang lớp đá ba lát trên đường thẳng, đường 1435 mm

Trên hình 1-37 biểu thị hình dạng và kích thước mặt cắt ngang lớp đá ba lát trên đường thẳng và trên đường cong, trên tuyến đường đơn và tuyến đường đôi của đường sắt Liên Xô khi dùng lớp đệm cát dưới lớp đá dăm.

Hình 1-37 Mặt cắt ngang lớp đá ba lát khi dùng đệm cát của đường sắt Liên xô khổ đường 1520



Câu hỏi ôn tập:

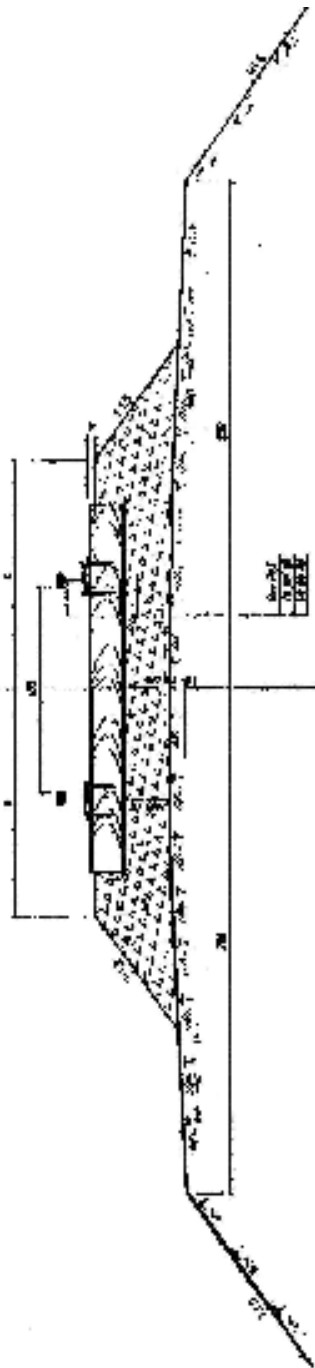
Chương 2. Thiết kế đường ray

1. Bánh xe, đôi bánh xe: Vẽ hình, cấu tạo, kích thước.
2. Đường ray trên đường thẳng: Cụ ly, độ nghiêng đế ray, mặt ngang đỉnh 2 ray. Vẽ hình.
3. Đường ray trên đường cong: Đặc điểm, các dạng nội tiếp của đầu máy, toa xe có 2 trục, 3 trục, 4 trục trong cự li cố định. Tính cự ly tối ưu, cự ly nhỏ nhất (vẽ hình).
4. Mục đích, tính siêu cao: Đảm bảo 2 ray mòn đều nhau, hành khách đỡ mệt mỏi, ổn định ngang. Cách thực hiện siêu cao theo mặt cắt ngang đường.
5. Đường cong chuyển tiếp: Mục đích, phân tích 5 tính chất, phương trình, chiều dài.
6. Đặt ray ngắn trên đường cong: Mục đích, tính độ rút ngắn của ray bụng so với ray lưng.

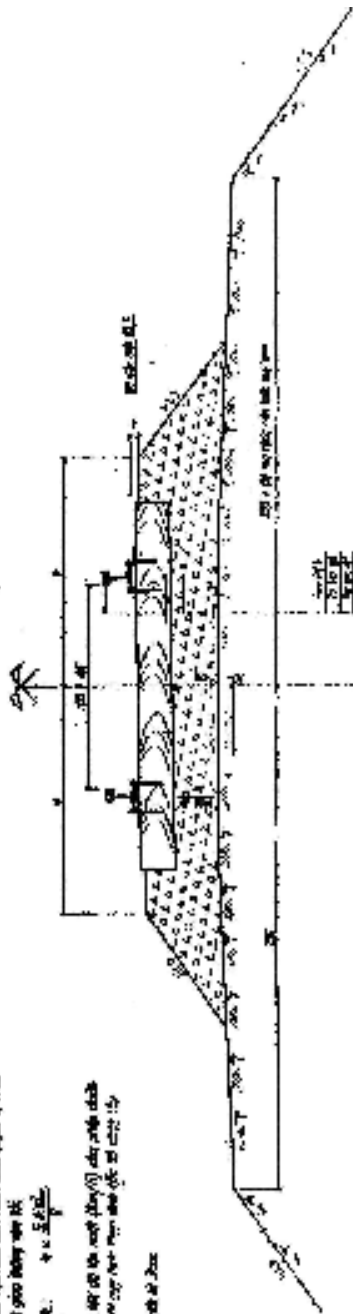
CẦU NGANG ĐẠI DIỆN NÉN ĐÁ BÀ LÁT ĐẤT TẠO KHỔ ĐƯỜNG 1000MM

TỶ LỆ : 1/20

A- TRÊN BƯỚC THĂNG :



B- TRONG BƯỚC ĐỒNG :



CHÚ:

Đá lát là loại đá cứng có trong địa phương vùng này để lát cầu.
Đất tạo là loại đất sét pha cát có trong địa phương này để lấp cầu.

Đá lát có độ cứng cao hơn đất sét pha cát.
Đất tạo có độ cứng thấp hơn đất sét pha cát.

Đá lát có độ cứng cao hơn đất sét pha cát.
Đất tạo có độ cứng thấp hơn đất sét pha cát.

Đá lát có độ cứng cao hơn đất sét pha cát.
Đất tạo có độ cứng thấp hơn đất sét pha cát.

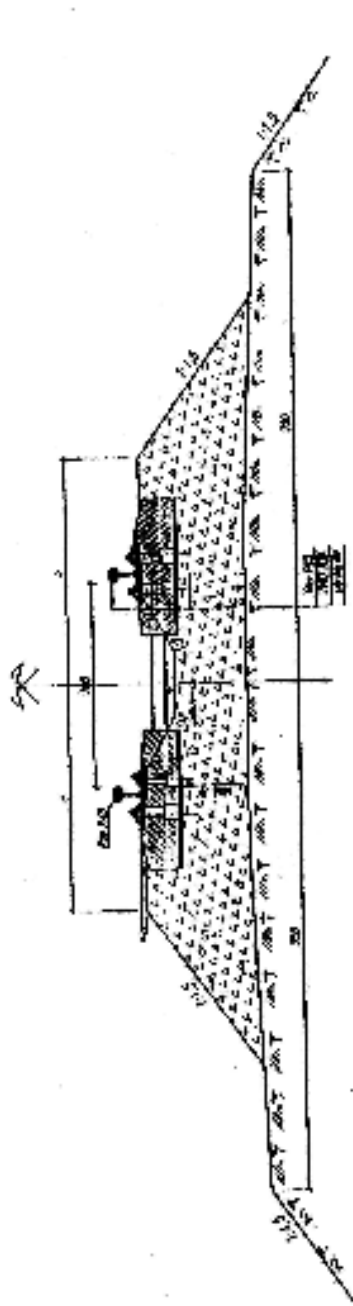
Đá lát có độ cứng cao hơn đất sét pha cát.
Đất tạo có độ cứng thấp hơn đất sét pha cát.

Đá lát có độ cứng cao hơn đất sét pha cát.
Đất tạo có độ cứng thấp hơn đất sét pha cát.

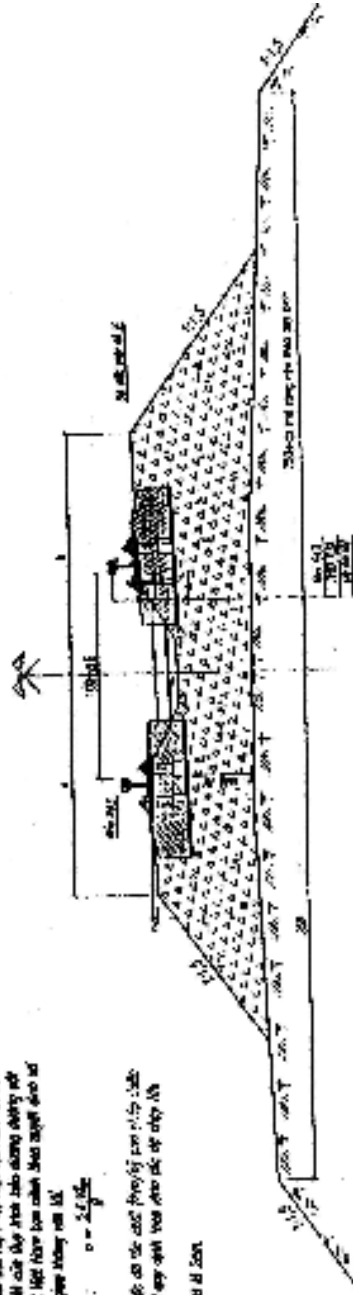
CÁT NGANG ĐẠI DIỆN NIÊN ĐÁ BA LÁT ĐẤT RAY P33/T VẾT KSA LIÊN KẾT ĐÀN HỒI KHỔ ĐƯỜNG 1000MM

TỶ LỆ: 1/20

A- TRÊN ĐƯỜNG THƯỜNG:



B- TRONG ĐƯỜNG CÔNG:



GHI CHÚ:

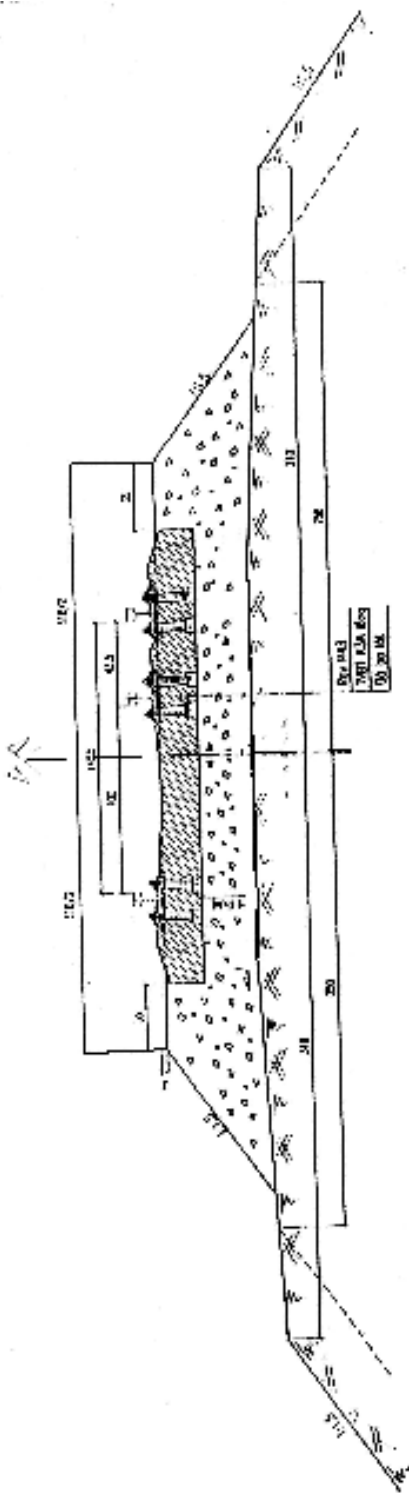
1. Mọi chi tiết kỹ thuật xin tham khảo bản vẽ chi tiết và bản vẽ thi công.
 2. Mọi chi tiết kỹ thuật xin tham khảo bản vẽ chi tiết và bản vẽ thi công.
 3. Mọi chi tiết kỹ thuật xin tham khảo bản vẽ chi tiết và bản vẽ thi công.

4. Mọi chi tiết kỹ thuật xin tham khảo bản vẽ chi tiết và bản vẽ thi công.

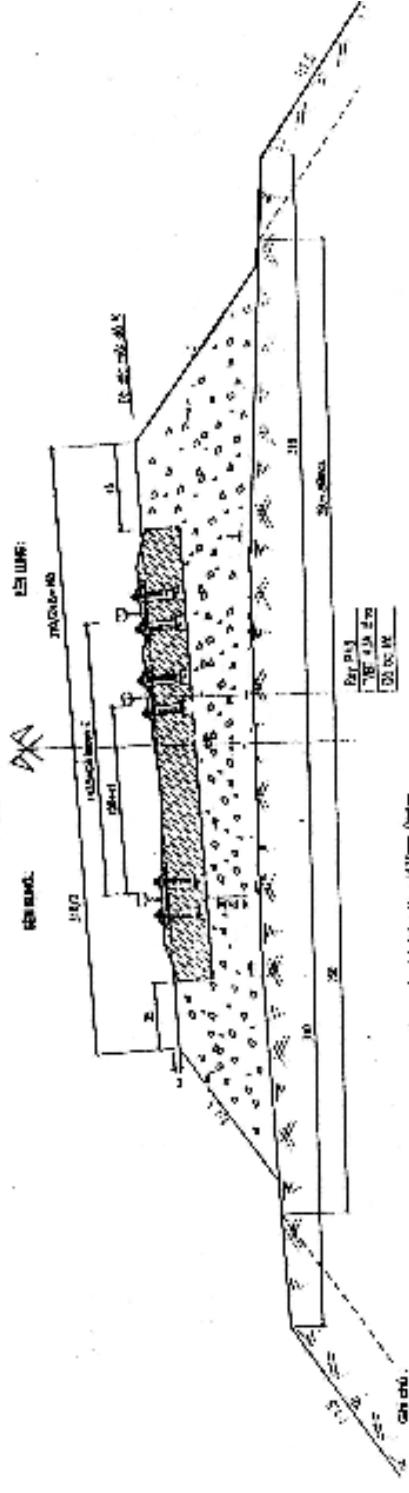
5. Mọi chi tiết kỹ thuật xin tham khảo bản vẽ chi tiết và bản vẽ thi công.

6. Mọi chi tiết kỹ thuật xin tham khảo bản vẽ chi tiết và bản vẽ thi công.

CẮT NGANG BÊN ĐỀN NỀN ĐÀ BA LÁT ĐẶT TRÊN KẼM BƯỜNG LÔNG 1:30M. TỶ LỆ 1:200
 4- TRÊN ĐƯỜNG THẲNG VÀ BƯỚC CÔNG P-30M



3- TRONG BƯỚC CÔNG P-30M :



- Ghi chú:
- Trong cấu trúc cầu đường bộ, đường cầu bộ, đường bộ (do thành phố) cấp 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

1.5. PHÒNG TRÔI VÀ GIA CƯỜNG ĐƯỜNG CONG

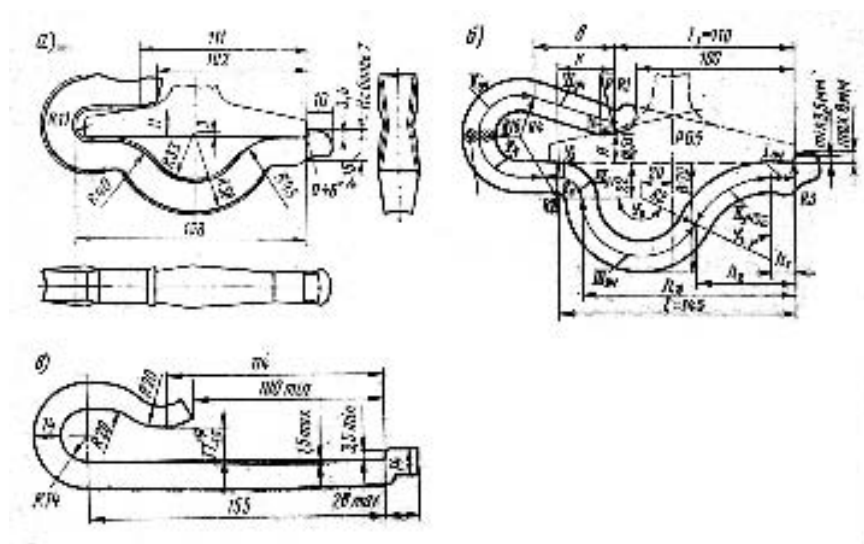
Trong quá trình khai thác, dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu, ray thường bị xô dịch dọc làm cho tà vẹt dưới đế ray bị mòn, hàng loạt mối nối bị cháy. Đặc biệt nguy hiểm khi ở gần ghi làm lưới ghi không áp sát vào ray cơ bản ảnh hưởng đến an toàn chạy tàu.

Ray thường bị xô trên các đoạn dốc khác 0‰, các đoạn có hãm, hoặc khi luồng hàng hai chiều khác nhau ray bị xô từ hướng nặng đến hướng nhẹ. Khi ray xô không đều làm tà vẹt bị chéo, cự ly ray bị ảnh hưởng, cháy mối, ray bị nén nên dễ mất ổn định, tàu bị lắc ngang, đường bị lún nhiều. Các yếu tố ảnh hưởng đến ray xô: loại ba lát và mức độ chèn.

Để đề phòng ray bị xô người ta thường dùng ngàm phòng xô: Ngàm được kẹp chặt vào đế ray, nó tựa sát vào thành tà vẹt và được chôn sâu vào nền đá ba lát, ngàm phòng xô được đặt ở giữa cầu ray.

Ngàm phòng xô có hai loại:

Ngàm đàn hồi: nặng khoảng 1.1kg, sức chống xô từ 500 – 600 KG (hình 1-38).

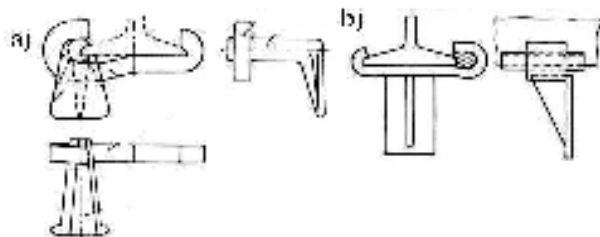


Hình 1-38 Ngàm đàn hồi

- a- Ngàm phòng xô dùng cho ray P43 và P50
- b- Và c- dùng cho ray P65

Ngàm nêm: nặng khoảng 3.6 kg, lực chống xô từ 2500 – 3000 KG. Khi dùng ngàm nêm, phải dùng thêm thanh chống xô vì sức chống di chuyển của tà vẹt trong tầng đá ba lát nhỏ hơn của ngàm nêm.

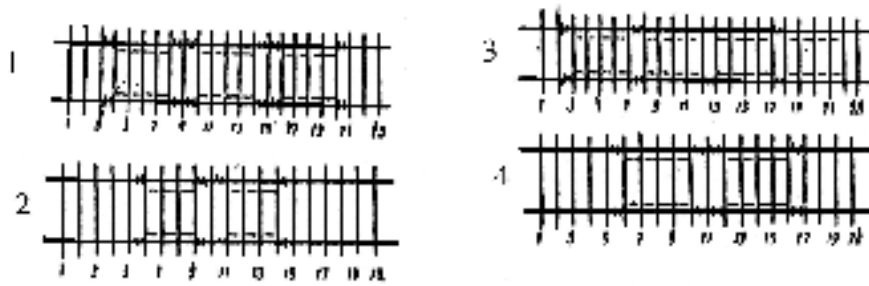
Thanh chống xô đặt dưới đường trục ray, hai đầu tựa sát vào mặt hai tà vẹt. Thường làm thanh chống xô bằng bê tông, kích cỡ 10 x 10 cm, chiều dài bằng khoảng cách hai tà vẹt.



Hình 1-39 Ngàm nêm

- a- Ngàm phòng xô dùng cho ray P65
- b- Dùng cho ray P43 và P50

Khi đặt thiết bị phòng xô phải quan sát xem ray còn bị trôi nữa hay không, nếu cần, phải đặt thêm cho đến khi không trôi nữa. Sơ đồ đặt thiết bị phòng xô cho cầu ray như hình 1-40.



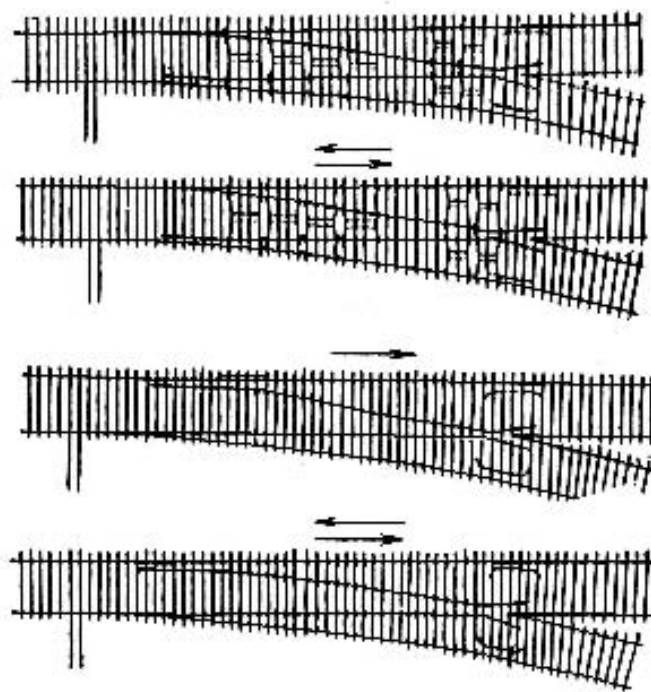
Hình 1-40 Các phương án đặt thiết bị phòng xô trên cầu ray

Trên hình 1-41 là sơ đồ đặt thiết bị phòng xô trong ghi khi tàu chuyển động một hướng và hai hướng.

Gia cường đường cong: Khi tàu chuyển động trên đường cong sẽ phát sinh lực ly tâm tác dụng theo phương nằm ngang. Bán kính đường cong càng nhỏ thì lực này càng lớn, nó có thể làm xô dịch tà vẹt, làm cự ly đường rộng ra, má ray lưng bị mòn nhanh.

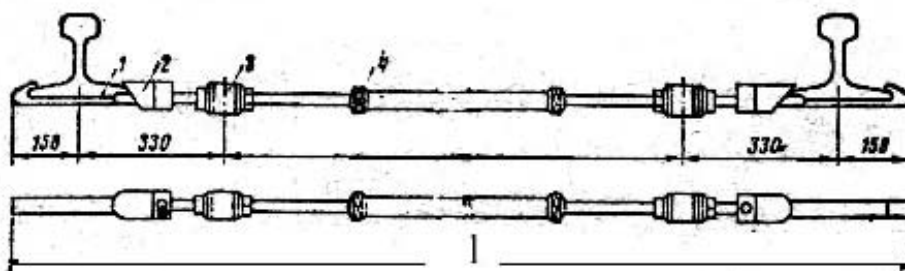
Người ta có thể dùng các biện pháp gia cường đường cong như sau: trên đường cong đặt ray loại nặng hơn trên đường thẳng. Có thể dùng thanh giằng cự ly để giằng hai đế ray (Hình 1-42). Mặt khác, người ta tăng số tà vẹt trên đường cong và tăng chiều dày đá ba lát chèn chặt đá trên đường cong để tăng lực cản chống xô dịch.

Ngoài ra còn có thể đặt thêm ray phụ để chống ray lưng mòn nhanh.



Hình 1-41 Sơ đồ đặt thiết bị phòng xô trong ghi

Hình 1-42 Thanh giằng cự ly



1. Móc ray
2. Khoá để ray
3. Bộ phận ngăn cách 1, 2 và 4
4. Bộ phận điều chỉnh cự ly

CHƯƠNG 2 THIẾT KẾ ĐƯỜNG RAY
2.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO CỦA ĐÔI BÁNH XE

Đường ray có tác dụng dẫn hướng cho đôi bánh xe và chịu lực từ bánh xe truyền xuống. Cấu tạo bộ phận lăn chạy của đầu máy toa xe có quan hệ mật thiết với cấu tạo và hình dạng của đường ray. Vì vậy, cần nghiên cứu đặc điểm cấu tạo của đôi bánh xe.

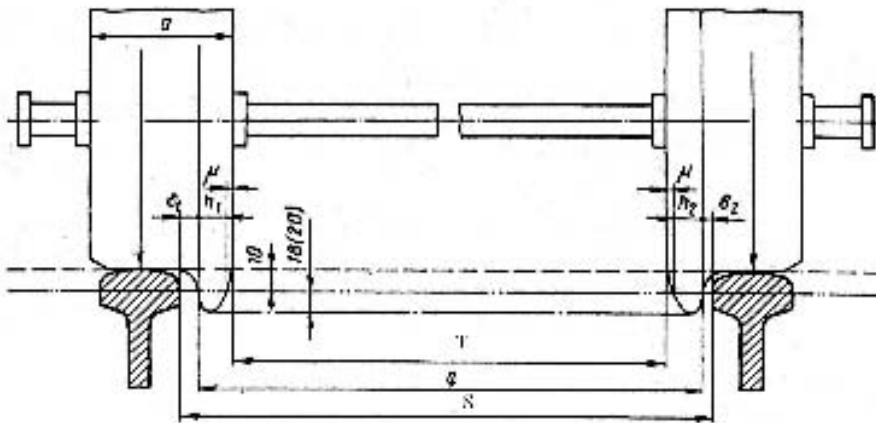
Đôi bánh xe gồm hai bánh lắp cố định vào một trục. Người ta dùng áp lực cực mạnh khoảng 100 tấn để lắp bánh xe vào đầu trục.

Bánh xe có hai loại: Loại lắp ghép và loại toàn khối. Loại lắp ghép có phần trong bằng thép, phần ngoài (đai bánh xe) bằng thép tốt. Loại bánh xe toàn khối được đúc bằng thép hoặc bằng gang.

Lợi bánh xe có tác dụng dẫn hướng cho bánh xe lăn trên ray không bị trật ra ngoài. Chiều dày lợi bánh xe xác định tại mặt đo tính toán cách mặt lăn trung bình của bánh xe theo chiều thẳng đứng là 10 mm. Do mặt lăn trung bình của bánh xe có thể thay đổi vị trí khi bánh xe bị mòn, trong khi đó đỉnh lợi bánh xe không bị mòn thẳng đứng nên chiều dày gờ bánh xe thường được xác định tại mặt đo tính toán cách đỉnh lợi bánh xe 18 mm theo chiều thẳng đứng.

Hình 2-1 Cự ly đôi bánh xe q và cự ly ray S

Khi bánh xe còn mới, chiều dày gờ bánh $h_{max} = 30$ mm (đường 1m), chiều dày $h_{min} = 18$ mm (bánh xe đã sử dụng)



μ - Chiều dày phụ thêm của lợi bánh xe, đối với bánh xe của đầu máy $\mu = 0$ mm, bánh xe của toa xe có $\mu = 1$ mm (hình 2-1).

Mặt lăn của đai bánh xe là mặt nghiêng 1/20, phía ngoài có độ nghiêng 1/10 (hoặc 1/7 đối với bánh xe đầu máy của Liên Xô). Độ nghiêng 1/20 của mặt lăn tạo điều kiện cho bánh xe có thể xô dịch ngang, do đó bánh xe không bị mòn tập trung ở một chỗ theo dạng yên ngựa, tăng được thời gian sử dụng đai bánh xe. Độ nghiêng 1/10 có tác dụng làm cho bánh xe không bị vướng vào tâm ghi hoặc lưỡi ghi, đảm bảo an toàn chạy tàu. Chiều dày bánh xe $a = 125$ mm – 140 mm (Hình 2-2).

Đường kính bánh xe được xác định tại mặt lăn trung bình cách mặt phẳng đo chiều dày gờ bánh 10 mm theo chiều thẳng đứng. Đường kính bánh xe có ảnh hưởng rất lớn đến mặt kinh tế. Bánh xe có đường kính nhỏ tuy tiết kiệm được sắt thép, nhưng bánh xe phải quay số vòng nhiều hơn, đai và gối trục chóng mòn hơn. Ở Việt Nam dùng bánh xe toa xe đường khổ hẹp có đường kính 750 mm từ 780 mm. Bánh xe của toa xe đường tiêu chuẩn có đường kính $d = 840$ mm ÷ 915 mm.

Cự ly phía trong của đôi bánh t : Là khoảng cách giữa hai mặt trong của bánh xe, đối với một khổ đường, trị số t của mọi đôi bánh đều như nhau : đường tiêu chuẩn $t = 1353 \pm 3$ mm, đường khổ hẹp $t = 924 \pm 3$ mm.

Chiều rộng đôi bánh q (hay cự ly đôi bánh): Là khoảng cách giữa hai mặt ngoài của lợi bánh xe, xác định tại mặt đo tính toán (Xem hình 2-1).

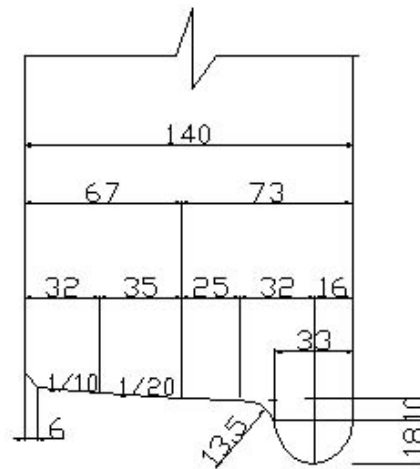
$$q = t + 2h + 2\mu \pm \varepsilon \text{ (mm)}$$

Trong đó: t - Cự ly phía trong của đôi bánh.

h- Chiều dày lợi bánh xe.

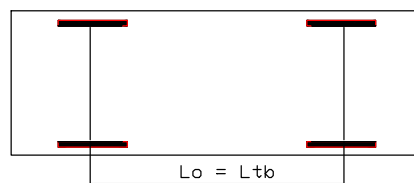
μ - chiều dày phụ thêm của lợi bánh.

ε - Độ tăng giảm cự ly đôi bánh xe tùy theo vị trí gối trục, thường $\varepsilon = 3-4$ mm.



Hình 2-2 Cấu tạo bánh xe đầu máy còn mới đường tiêu chuẩn

Các trục bánh xe có thể được gắn cố định trên giá xe của đầu máy hoặc toa xe. Cự ly cố định L_0 của các trục là khoảng cách giữa hai trục ngoài cùng mà trong quá trình chuyển động chúng luôn song song nhau (hình 2-3).

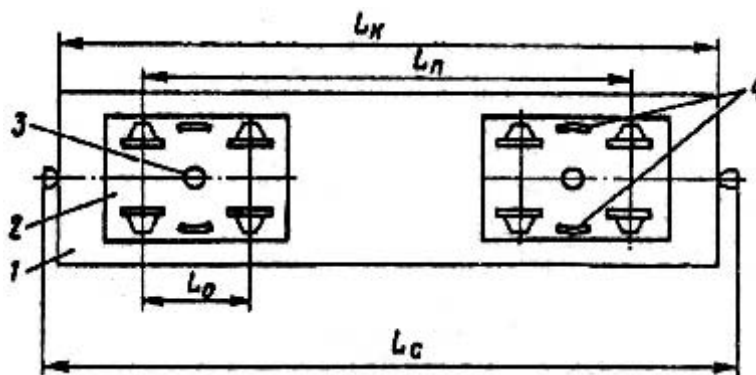


Hình 2-3 Cự ly cố định của toa xe có hai trục

Để cải thiện điều kiện đi lại của đầu máy trên đường cong, người ta lắp một số trục trên giá chuyển hướng (Hình 2-

4)

Ví dụ: đầu máy D12E có hai giá chuyển hướng, mỗi giá có hai trục, cự ly cố định L_0 là khoảng cách giữa hai trục trên giá chuyển hướng. Đầu máy D18E có hai giá chuyển hướng, mỗi giá có ba trục, cự ly cố định L_0 là khoảng cách giữa hai trục ngoài cùng trên một giá chuyển hướng, cự ly toàn bộ L_{tb} của các trục là khoảng cách giữa hai trục ngoài cùng (Hình 2-4)



Hình 2-4 Xác định chiều dài các bộ phận của toa xe

Trong đó L_k - chiều dài thân toa xe
 L_n - chiều dài toàn bộ giá xe
 L_c - chiều dài của toa xe
 L_0 - khoảng cách trục cố định

Thí dụ: Chiều dài tiêu chuẩn của toa xe là 11.28 m, toa xe khách dài 18.84 m thì l tính đối là 1.7, toa xe hàng dài 13.62 m thì l tính đối là 1.2

Trong bảng 2-1 dưới đây giới thiệu kích thước của bánh xe và đôi bánh xe của đầu máy, toa xe đường khổ hẹp và đường tiêu chuẩn.

Bảng 2-1

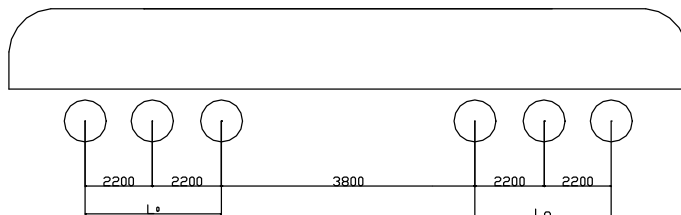
Khổ đường	Tên bánh xe	h (mm)		t (mm)			q (mm)		
		h_{max}	h_{min}	t_{max}	t_{min}	t_0	q_{max}	q_{min}	q_0
1000 mm	Cửa đầu máy	30	18	927	921	924	987	959	985
	Cửa toa xe	30	18	927	921	924	989	956	986
1435 mm	Cửa đầu máy	33	23	1356	1350	1353	1422	1396	1419
	Cửa xe than nước	34	22	1356	1350	1353	1424	1394	1421
	Bánh gang toa xe	34	22	1355	1351	1353	1424	1394	1421
	Bánh đúc lạnh của toa xe	28.5	23.5	1352	1349	1351	1429	1396	1428

Bảng 2-1a: Loại đầu máy toa xe và R_{min}

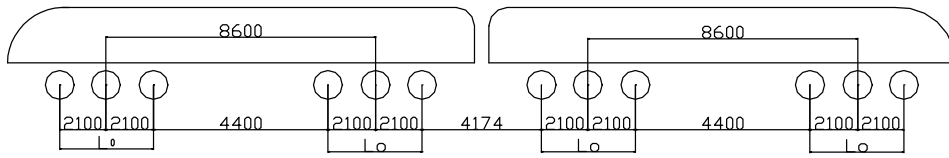
Khổ đường	Loại đầu máy	Cự ly trục cố định L_0 (mm)	Đường kính bánh xe d (mm)	Di động ngang $\sum \eta$ (mm)	R_{min} (m)
1000 mm	Tự lực 1- 4-1	4050	1200	11	
	D12E	2400	1000		75
	D18E	3300	1016		75
1435 mm	JF6	4410	1370	6	88
	SL ₁	3352		6	50
	GL	3000		6	40
	Toa xe khách	2400			
	Toa xa trường	2700			

Ghi chú: Đối với $\delta_{min} = 9$; $\epsilon_1 = 2$; Đầu máy điện và diesel $\delta_{min} = 13$; $\epsilon_2 = -2$.

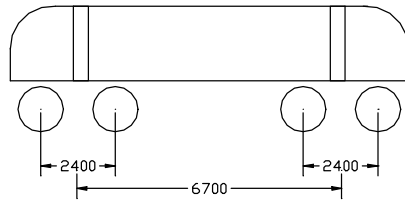
Trên hình (2-5) là sơ đồ bố trí các trục bánh xe trên đầu máy điện Bậ23. Hình (2-6) là sơ đồ đầu máy diesel Tí7. Hình (2-7) là sơ đồ bố trí các trục của đầu máy hơi nước ụẢ của Liên Xô. Trong các hình vẽ đó, L_0 là cự ly cố định; δ là độ xô dịch ngang của các trục.



Hình 2-5 Sơ đồ bố trí các trục của đầu máy điện B123.



Hình 2-6 Sơ đồ bố trí các trục trên đầu máy diesel TЭ7 (Liên Xô).



Hình 2-7 Sơ đồ bố trí các trục của đầu máy D12E

Bảng 2-2 Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy Đielzel truyền động thủy lực đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D4H	D5H	D8H	D11H
1	Nước chế tạo	Liên Xô	Australia	Liên Xô	Rumani
2	Năm chế tạo	1976-1986	1966	1981	1978
3	Năm sử dụng tại VN	1976	1993	1978	1978
4	Khổ đường (mm)	1000	1000	1435	1000
5	Công dụng kéo tàu	H+K	H+K	H+K	H+K
6	Loại động cơ Đielzel	ID12-400	Caterpilla	84H25/25	I2V -
7	Công suất động cơ (ML)	400	500	800	1100
8	Phương thức truyền động	Thủy lực	Thủy lực	Thủy lực	Thủy lực
9	Bộ truyền động thủy lực	YỒề	Voith	YỒề	GSR30/5.7
10	Hệ thống hãm	Gió ép	Gió ép	Gió ép	Gió ép
11	Công thức trục	B-B (2-2)	B-B (2-2)	B-B (2-2)	B-B (2-2)
12	Tải trọng trục (T/trục)	6	10	19.5	14
13	Tải trọng chính bị (T)	24	40	78	56
14	Công suất thiết kế (ML)	400	500	800	1100
15	Sức kéo khởi động (KG)	7200	12000	-	16200
16	Sức kéo dài hạn (KG)	5000	-	-	9500
17	Tốc độ cấu tạo (km/h)	50	65	90	100
18	Tốc độ dài hạn (km/h)	15	-	-	20
19	Bán kính đường cong R_{min}	60	46	-	90
20	Kích thước giới hạn(mm)				
	Dài	9400	10060	14290	14006
	Rộng	2717	2820	3200	2780
		3435	3825	4440	3680
21	Chiều cao đầu đấm (mm)	825	825	825	825
22	Cự ly tâm cối chuyển (mm)	4700	5310	-	7200
23	Cự ly tâm trục bánh (mm)	1400	2134	-	2350
24	Đường kính bánh xe (mm)	600	910	-	1000
25	Dung tích nhiên liệu (kg)	600	22701	-	2000
26	Dung tích dầu bôi trơn (kg)		551	-	
27	Dung tích nước làm mát (l)	10.5	2701	-	
28	Dung tích cát (kg)	457	57/thùng	-	300
29	Số lượng đầu máy hiện có	166	13	-	17

Bảng 2-3 Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động điện đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D9E	D12E	D13E	D18E
1	Nước chế tạo	Mỹ	CH Séc	Ấn Độ	Bi
2	Năm chế tạo	-	1985	1983	1983
3	Năm sử dụng tại VN	1963	1986	1985	1984
4	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1000
5	Công dụng kéo tàu	H+K	H+K	H+K	H
6	Loại động cơ Diesel	Caterpilla	K6S 230DR	ALCO251-D	CKL-8TR 240
7	Công suất động cơ (ML)	900	1200	1300	1800
8	Phương thức truyền động	ĐiệnMC-MC	ĐiệnMC-MC	ĐiệnMC-MC	ĐiệnXC-MC
9	Trọng lượng ĐC-MP (kg)	9000	11400	16123	15905
10	Trọng lượng MPĐC (kg)	2935	3940	4046	4000
11	Trọng lượng ĐCĐK (kg)	1638	1760	1816	1590
12	Hệ thống hãm	28LV1	Dako	Dvitmencadi	Knorr
13	Công thức trục	B ₀ -B ₀ (2 ₀ -2 ₀)	B ₀ -B ₀ (2 ₀ -2 ₀)	C ₀ -C ₀ (3 ₀ -3 ₀)	C ₀ -C ₀ (3 ₀ -3 ₀)
14	Tải trọng trục (T/trục)	13	14	12	14
15	Tải trọng chính bị (T)	52	56	72	84
16	Công suất thiết kế (ML)	900	1200	1300	1800
17	Sức kéo khởi động (KG)	15600	14600	21600	25500
18	Sức kéo dài hạn (KG)	12000	11700	16050	19000
19	Tốc độ cấu tạo (km/h)	114	80	96	105
20	Tốc độ dài hạn (km/h)	12	16	15.5	15.6
21	Bán kính đường cong R _{min}	75	75	75	75
22	Kích thước giới hạn (mm)				
	Dài	11644	13306	14328	15500
	Rộng	2473	2754	2730	2880
		3784	3854	3635	3875
23	Chiều cao đầu đấm (mm)	825	825	825	825
24	Cự ly tâm cối chuyên (mm)	5689	6700	9550	7900
25	Cự ly tâm trục bánh (mm)	2028	2400	1829-2388	1650
26	Đường kính bánh xe (mm)	1016	1000	925	1016
27	Dự trữ nhiên liệu (l)	2200	2200	3000	3000
28	Dự trữ dầu bôi trơn (kg)	3421	385	280	350
29	Dung tích nước làm mát (l)	456			400
30	Dự trữ cát (kg)	-	300	280	260
31	Số lượng đầu máy hiện có	32	40	14	16

2.2. ĐƯỜNG RAY TRÊN ĐƯỜNG THẲNG

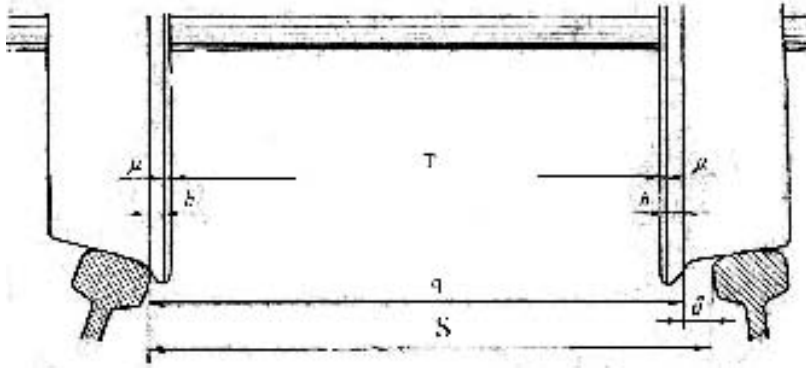
2.2.1. Cự ly ray trên đường thẳng S_0

Cự ly giữa hai ray là khoảng cách giữa hai má tác dụng của ray đo tại mặt đo tính toán (Hình 2-8).

$$S_0 = q + \delta$$

Trong đó: q - Chiều rộng đôi bánh xe.

δ - Chiều rộng hoạt động của đôi bánh xe .



Hình 2-8 Cự ly ray

Quy trình quản lý kỹ thuật đường sắt Việt Nam quy định cự ly ray S_0 được đo tại vị trí cách mặt phẳng qua đỉnh hai ray một đoạn $f = 16$ mm. Trên thế giới có nhiều loại cự ly ray (khổ đường), người ta quy định khi $S_0 = 1435$ mm là đường tiêu chuẩn.

Khi $S_0 > 1435$ mm là đường khổ rộng.

Khi $S_0 < 1435$ mm là đường khổ hẹp.

Ở Việt Nam, tuyến đường sắt Lưu Xá- Kép – Bãi Cháy là đường tiêu chuẩn. Tuyến Yên Viên - Lưu Xá và Yên Viên - Đồng Đăng là đường lồng (1435 mm và 1000 mm). Còn lại là đường sắt khổ 1000 mm.

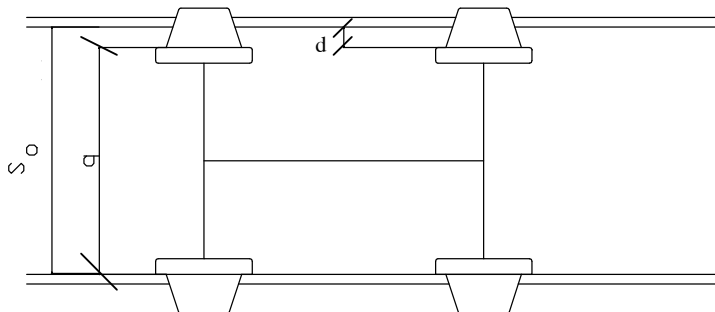
Sai số cho phép về cự ly ray, đường sắt nước ta quy định:

$$\text{Đường tiêu chuẩn : } S_0 = 1435 \pm_2^6 \text{ mm}$$

$$\text{Đường khổ hẹp : } S_0 = 1000 \pm_2^4 \text{ mm}$$

Xét theo chiều dài, cự ly ray không được thay đổi quá đột ngột, khi tốc độ $V \leq 100$ km/h, sự biến đổi cự ly ray theo chiều dài phải nhỏ hơn 1mm/m. Đối với các tuyến đường có tốc độ $v > 100$ Km/h, mức độ thay đổi cự ly không được vượt quá 0,5 mm/m. Nghĩa là, muốn chuyển từ cự ly 998 mm sang 1003 mm thì phải thực hiện trên một đoạn dài tối thiểu là 5 m (≤ 1 ‰) với đường chạy tốc độ $v \leq 100$ Km/h, còn khi $v > 100$ Km/h thì phải thực hiện trên một đoạn dài tối thiểu 10 m ($\leq 0,5$ ‰).

Nếu đặt đôi bánh xe thẳng góc với tim đường, lợi một bánh xe áp sát vào ray, thì giữa lợi bánh xe và má tác dụng của ray phía bên kia có một khe hở δ (Hình 2-9).



Hình 2-9 Khe hở góc bánh tổng cộng δ

Trị số khe hở tiêu chuẩn q_0 tương ứng với trường hợp khi đôi bánh xe còn mới có chiều rộng đôi bánh là q_0 và cự ly ray tiêu chuẩn S_0 :

$$\delta_0 = S_0 - q_0$$

Trị số δ quá nhỏ sẽ làm lợi bánh xe và ray chóng mòn, lực cản lớn.

Trị số δ quá lớn sẽ sinh lực lắc ngang lớn khi tàu chuyển động.

Trị số $\delta_{\max} = 45$ mm và $\delta_{\min} = 11$ mm đối với đường tiêu chuẩn cũng như đường khổ hẹp.

2.2.2. Độ nghiêng của ray

Mặt lăn bánh xe có độ nghiêng 1/20 . Vì vậy, để bánh xe tiếp xúc tốt với ray, lực truyền từ bánh xe trùng với trục ray thì hai ray phải đặt nghiêng vào trong lòng đường với độ nghiêng 1/20.

Để thực hiện độ nghiêng của ray, đối với tà vẹt gỗ, nếu dùng phụ kiện giữ ray kiểu đơn giản, người ta phải đẽo tà vẹt chỗ đặt ray. Khi dùng đệm sắt, trên mặt tấm đệm đã làm nghiêng 1/20 nên không cần đẽo tà vẹt. Đối với tà vẹt bê tông, mặt tà vẹt thường được làm nghiêng để thực hiện độ nghiêng ray

Độ nghiêng để ray không được lớn hơn 1/12 và không nhỏ hơn 1/60. Người ta có thể căn cứ vào vết sáng trên đỉnh ray để kiểm tra độ nghiêng của ray. Nếu vết sáng lệch ra phía ngoài thì ray đặt nghiêng quá. Nếu vết sáng lệch vào phía trong có nghĩa là độ nghiêng chưa đủ. Nếu vết sáng nằm chính giữa đỉnh ray nghĩa là độ nghiêng của ray đã đúng quy định.

2.2.3. Vị trí mặt ngang đỉnh hai ray (thủy bình)

Trên đường thẳng, đỉnh hai ray phải nằm trên một mặt phẳng nằm ngang. Đường sắt khổ 1000 mm cho phép một bên ray luôn thấp hơn 3mm (đối với đường sắt tiêu chuẩn là 4mm) trên một đoạn dài tối thiểu 500m. Như vậy có thể giảm bớt hiện tượng lượn sóng khi tàu chuyển động.

Độ chênh cao này được kiểm tra bằng thước đo cự ly có ống thủy (thước thủy bình). Mức độ cao thấp không được vượt quá 1mm/1m.

2.3. ĐƯỜNG RAY TRÊN ĐƯỜNG CONG

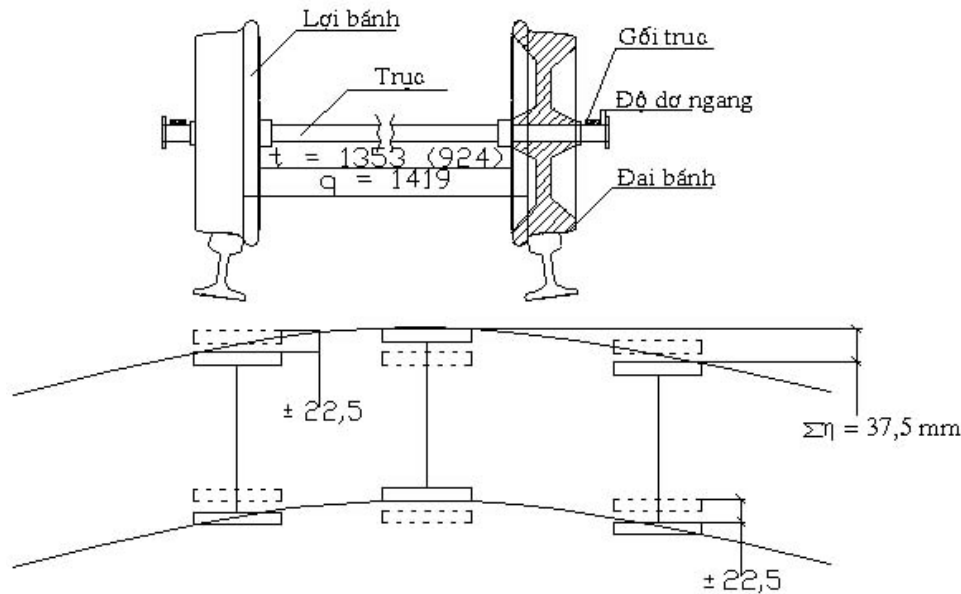
2.3.1. Các đặc điểm của đường ray trên đường cong

Trên đường cong, đường ray có một số đặc điểm sau:

- 1- Cự ly giữa hai ray có thể được nới rộng hơn so với đường thẳng để đầu máy, toa xe đi lại dễ dàng.
- 2- Ray lưng có thể đặt cao hơn ray bụng (siêu cao).
- 3- Dùng đường cong chuyển tiếp L_0 để nối đường thẳng với đường cong tròn.
- 4- Phải dùng ray ngắn kết hợp ray tiêu chuẩn đặt ở phía bụng đường cong để đảm bảo các mối nối đối xứng.
- 5- Trên các đường cong bán kính nhỏ, có thể dùng ray phụ và các thiết bị gia cố khác.
- 6- Phải nới rộng khoảng cách giữa tím hai đường cạnh nhau trên đường cong.

Cự ly ray trên đường cong phải được nới rộng để thỏa mãn yêu cầu về mặt nội tiếp của đầu máy, toa xe. Yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến cự ly ray trên đường cong là cự ly cố định L_0 . Khi L_0 càng lớn đòi hỏi cự ly hai ray càng phải nới rộng. Nhưng cự ly ray cũng chỉ có thể nới rộng đến mức nào đó, nếu quá rộng, tàu sẽ trật bánh. Để cải thiện điều kiện chuyển động của đầu máy trên đường cong, người ta dùng các biện pháp sau:

- Giữa gối và trục bánh xe có độ dờ ngang (Hình 2-10)
- Khi giá xe cố định có nhiều trục, các trục ở giữa có thể dùng loại bánh xe không có lợi hoặc lợi mỏng hơn .
- Các bánh dẫn hoặc bánh sau của đầu máy thường được bố trí thành các giá xe đơn giản và có chốt liên kết với giá xe cố định. Các bánh này có thể quay ngang một góc rất lớn, việc nội tiếp của đầu máy chỉ bị không chế bởi khoảng cách trục cố định.



Hình 2-10 Độ dơ ngang của đôi bánh xe

2.3.2. Nội tiếp của đầu máy toa xe trên đường cong

Nội tiếp của đầu máy, toa xe trên đường cong có thể là dạng nội tiếp tĩnh hoặc nội tiếp động.

Nội tiếp động chỉ hình thành khi tàu chạy với tốc độ $v > 100$ Km/h.

Nội tiếp tĩnh có các dạng sau:

- Nội tiếp tự do tĩnh: hình thành khi cự ly giữa hai ray đủ rộng, trục bánh cuối cùng của giá cố định dễ dàng chiếm được phương bán kính đường cong. (Hình 2-11; 2-12; 2-14).

Tâm quay tức thời là giao điểm giữa trục dọc của giá xe và đường thẳng góc với trục dọc qua tâm đường cong. Ở nội tiếp tự do tĩnh, tâm quay nằm trên trục cuối cùng của giá xe cố định hai trục. Khi số trục của giá xe cố định tăng lên, do ảnh hưởng của ma sát giữa đai bánh xe và ray, tâm quay tức thời bị dịch lên phía trước. Theo kết quả nghiên cứu của K.J Seglinski, đối với giá xe cố định có ba trục, tâm quay này dịch lên phía trước rất ít nên có thể xem là vẫn nằm trên trục sau cùng của giá xe cố định. Đối với giá xe cố định có 4 trục, tâm quay tức thời nằm giữa khoảng trục thứ 3 và thứ 4 của giá xe cố định. (Xem hình 2-14).

- Nội tiếp gò bó tĩnh: nếu cự ly giữa hai ray thu hẹp dần, trục sau cùng của giá xe cố định không thể chiếm được phương bán kính nữa, khi đó tâm quay tức thời bị dịch lên phía trước và hình thành nội tiếp gò bó tĩnh.
- Nội tiếp nêm tĩnh: nếu cự ly hai ray tiếp tục thu hẹp, tâm quay tức thời bị dịch lên phía trước cho đến khi nó trùng với tâm của giá xe cố định, hình thành lên nội tiếp nêm tĩnh.
- Nội tiếp gò bó tĩnh bình thường: Từ dạng nội tiếp nêm, nếu cự ly giữa hai ray trong trường hợp này được mở rộng thêm một lượng bằng trị số khe hở tổng cộng δ_{\min} ta được nội tiếp gò bó tĩnh bình thường.

Trong điều kiện khai thác bình thường, không được dùng dạng nội tiếp gò bó vì như vậy lực ma sát rất lớn, tổn sức kéo, ray lưng đường cong mòn nhanh và kém ổn định ngang.

2.3.3. Tính độ nở rộng cự ly ray trên đường cong

Việc tính độ nở rộng cự ly ray trên đường cong được xuất phát từ những điều kiện cơ bản sau:

- 1- Cự ly ray S cần phải tối ưu, có nghĩa là cần đảm bảo lực cản chuyển động nhỏ nhất cũng như độ hao mòn của ray và bánh xe là ít nhất, đảm bảo ray và bánh xe ít bị hư hỏng, đường ray không bị sai lệch trên bình đồ, bánh xe không bị trật khỏi đường ray, khi đó cự ly ray không được vượt quá cự ly lớn nhất cho phép.
- 2- Cự ly ray không được nhỏ hơn cự ly ray nhỏ nhất cho phép, nghĩa là cần đảm bảo các bộ phận lăn chạy của giá xe không bị kẹt chặt giữa ray lưng và ray bụng.

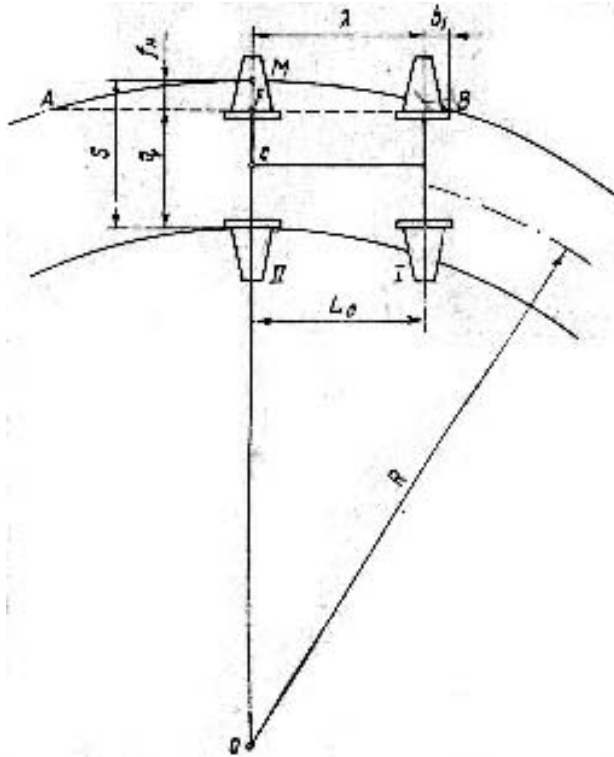
2.3.3.1. Tính cự ly ray tối ưu

- Khi tính cự ly ray tối ưu trên đường cong, người ta dùng sơ đồ tính toán là dạng nội tiếp tự do tĩnh.

- Trong mọi trường hợp, cự ly ray tối ưu không được lớn hơn S_{max} .
- Nếu kết quả tính toán cự ly ray tối ưu $S < S_0$ (Cự ly ray tiêu chuẩn trên đường thẳng), thì điều đó có nghĩa là kích thước và đặc điểm của các bộ phận lăn chạy của giá xe nghiên cứu có thể chuyển động trên đường cong đã cho mà không cần mở rộng cự ly ray.

Trong trường hợp đó cự ly ray sẽ lấy theo quy phạm kỹ thuật khai thác, tùy thuộc vào bán kính đường cong.

- 1- Tính cự ly ray tối ưu từ điều kiện nội tiếp của giá xe cố định hai trục trong đường cong bán kính R (Hình 2-11).



Hình 2-11 Sơ đồ tính cự ly ray tối ưu khi đầu máy có hai trục trong cự ly cố định

Trong hình 2-11:

$q = t + 2h + 2\delta$ – Chiều rộng đôi bánh xe

C- Trung tâm quay của giá xe

λ - Khoảng cách từ trung tâm quay đến trục bánh xe đầu tiên (Trong trường hợp này $\lambda = L_0$)

b_1 - Khoảng cách từ trục hình học của bánh đầu tiên đến điểm tiếp xúc giữa gờ bánh và ray lung.

L_0 - Cự ly cố định của các trục.

S- Cự ly ray trên đường cong.

Từ hình 2-11 ta có :

$$S = q + f_H \quad (2-1)$$

Để thỏa mãn trường hợp bất lợi nhất, cự ly ray S phải đảm bảo các đôi bánh xe có chiều rộng q_{max} có thể qua đường cong được, mặt khác, theo quy phạm kỹ thuật khai thác của Liên Xô, lượng dự trữ cự ly bằng 4mm, ta có:

$$S = q_{max} + f_H + 4mm \leq S_{max} \quad (2-2)$$

Trong đó:

f_H là đường tên của ray lung được tính theo công thức gần đúng:

$$f_H \approx \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} \quad (2-3)$$

Trị số b_1 trong công thức (2-3), theo giáo sư G.M Xakhunhian, được tính đối với trường hợp gờ bánh không bị mòn được tính theo công thức sau:

$$b_1 = \frac{\lambda(r+t)tg\tau}{R + \frac{S_0}{2} - (r+t)tg\tau} \quad (2-4)$$

Trong đó :

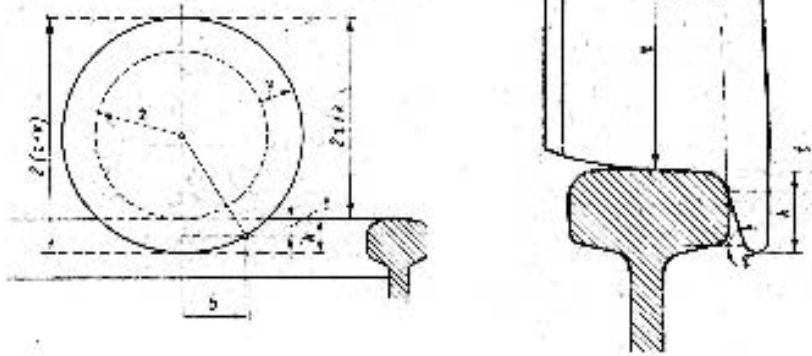
λ và R có ý nghĩa như phần trên đã nêu.

S_0 - Cự ly ray tiêu chuẩn trên đường thẳng.

r- Bán kính mặt lăn trung bình của bánh xe .

t- Khoảng cách theo chiều thẳng đứng từ mặt lăn trung bình của bánh xe đến điểm tiếp xúc giữa gờ bánh với ray, lấy bằng 10mm. (Xem hình 2-12).

t- góc nghiêng của mặt trong gờ bánh xe với mặt ngang, lấy $t = 70^0$ đối với bánh xe đầu máy và $t = 60^0$ đối với bánh xe toa xe.



Hình 2-12

Ví dụ 1: Tính cự ly ray tối ưu trên đường cong bán kính $R = 200$ m để đầu máy có hai trục trong cự ly cố định chuyển động qua đường cong. Số liệu về đầu máy: bán kính bánh xe $r = 500$ mm chiều dài cự ly cố định $L_0 = 2400$ mm, chiều rộng phía trong của đôi bánh $t_{max} = 927$ mm, chiều dày phụ thêm của gờ bánh xe $m_{max} = 0$ mm, chiều dày gờ bánh xe $h_{max} = 30$ mm. Sơ đồ tính toán như hình 2-11.

Theo công thức (2-4) ta có:

$$b_1 = \frac{\lambda(r+t)tg\tau}{R + \frac{S_0}{2} - (r+t)tg\tau}$$

$$b_1 = \frac{2400(500+10)2.747}{200000 + \frac{1000}{2} - (500+10)2.747} \approx 16.88 \text{ mm}$$

Lấy $b_1 = 17$ mm

Trong đó: $l = L_0 = 2400$ mm

$t = 10$ mm

$tg t = tg 70^0 = 2,747$

$S_0 = 1000$ mm

Tính đường tên của ray lưng theo công thức (2-3):

$$f_H = \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{(2400 + 17)^2}{2 \times 200000} \approx 15 \text{ mm}$$

Cự ly ray tối ưu:

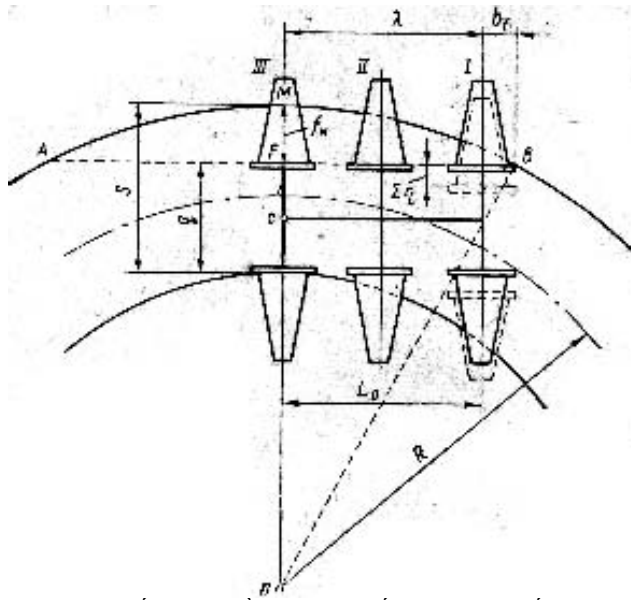
$$S = q_{\max} + f_H + 4 \text{ mm} \leq S_{\max}$$

$$S = (t_{\max} + 2m_{\max} + 2h_{\max}) + f_H + 4 \text{ mm}$$

$$S = (927 + 0 + 2 \times 30) + 15 + 4 = 1006 \text{ mm} \leq S_{\max} = 1020 \text{ mm}$$

Để đảm bảo các loại đầu máy khác có thể chuyển động qua đường cong, ta lấy $S = 1020 \text{ mm}$ tương ứng $R = 200 \text{ m}$ theo quy phạm kỹ thuật khai thác đường sắt VN 1999

Hình 2-13 Sơ đồ tính cự ly ray tối ưu khi giá xe cố định có 3 trục



2- Tính cự ly ray tối ưu từ điều kiện nội tiếp của giá xe cố định có 3 trục trong đường cong bán kính R (Hình 2-13)

Để thỏa mãn trường hợp bất lợi nhất đảm bảo những đôi bánh xe có chiều rộng q_{\max} qua đường cong được dễ dàng, từ hình 2-13 ta có:

$$S = q_{\max} + f_H + 4 \text{ mm} \leq S_{\max} \quad (2-2')$$

Nếu xét đến độ dịch ngang của các trục $\sum \delta$ (xem hình 2-13) ta có:

$$S = q_{\max} + f_H + 4 \text{ mm} - \sum \delta \leq S_{\max} \quad (2-5)$$

Trong đó q_{\max} và f_H có ý nghĩa như trong công thức (2-2), f_H là đường tên tính theo công thức (2-3) khi l và b_1 được tính theo công thức (2-4), $\sum \delta$ là tổng độ xô dịch ngang của các trục.

Ví dụ 2: Tính cự ly ray tối ưu trên đường cong có bán kính $R = 200 \text{ m}$ đầu máy có 3 trục trong cự ly cố định. Số liệu đầu máy: cự ly cố định $L_0 = 1650 \times 2 = 3300 \text{ mm}$, bán kính bánh xe $r = 1016 : 2 = 508 \text{ mm}$, tổng độ xô dịch ngang của các trục $\sum \delta = 3 \text{ mm}$

Sơ đồ tính toán như hình 2-13

Tính b_1 theo công thức:

$$b_1 = \frac{\lambda(r+t)tg\tau}{R + \frac{S_0}{2} - (r+t)tg\tau}$$

$$b_1 = \frac{3300(508+10)2.747}{200000 + \frac{1000}{2} - (508+10)2.747} \approx 24 \text{ mm}$$

Trong đó

$$l = L_0 = 3300 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}; \text{tg} \tau = \text{tg} 70^\circ = 2.747$$

$$S_0 = 1000 \text{ mm}$$

Tính f_H theo công thức (2-3)

$$f_H = \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{(3300 + 24)^2}{2 \times 200000} \approx 28 \text{ mm}$$

$$S = (t_{\max} + 2h_{\max} + 2\mu_{\max}) + f_H + 4 \text{ mm} - \sum \delta$$

$$S = (927 + 2 \times 30 + 0) + 28 + 4 - 3 = 1016 \text{ mm} < S_{\max} = 1020 \text{ mm}$$

Ta lấy $S = 1020 \text{ mm}$ tương ứng $R = 200 \text{ m}$ theo quy phạm KTKT đường sắt VN 1999

3- Tính cự ly ray tối ưu từ điều kiện nội tiếp của giá xe cố định có bốn trục trong đường cong bán kính R (Hình 2-14)

Từ Hình 2-14 ta có:

$$S = q + f_H - f_B$$

Tương tự các trường hợp trên, để đảm bảo các đôi bánh xe có chiều rộng q_{\max} có thể chuyển động qua đường cong, ta có:

$$S = q_{\max} + f_H - f_B + 4 \text{ mm} \leq S_{\max} \quad (2-6)$$

Trong đó:

q_{\max} và f_H có ý nghĩa như trong công thức (2-2) và (2-3)

4 mm- Lượng dự trữ về cự ly ray

f_B - đường tên của ray bụng ứng với dây cung DE trên hình 2-14

$$f_B = \frac{(i - b_2)^2}{2R} \quad (2-7)$$

Với i - khoảng cách từ trung tâm quay C của giá xe đến trục hình học của đôi bánh xe cuối cùng.

b_2 - khoảng cách từ trục hình học của bánh xe cuối cùng đến điểm tiếp xúc của gờ bánh xe với ray. Đối với các bánh xe có gờ bánh chưa bị mòn, theo giao sư O.M Xakhunhian tính b_2 theo công thức sau:

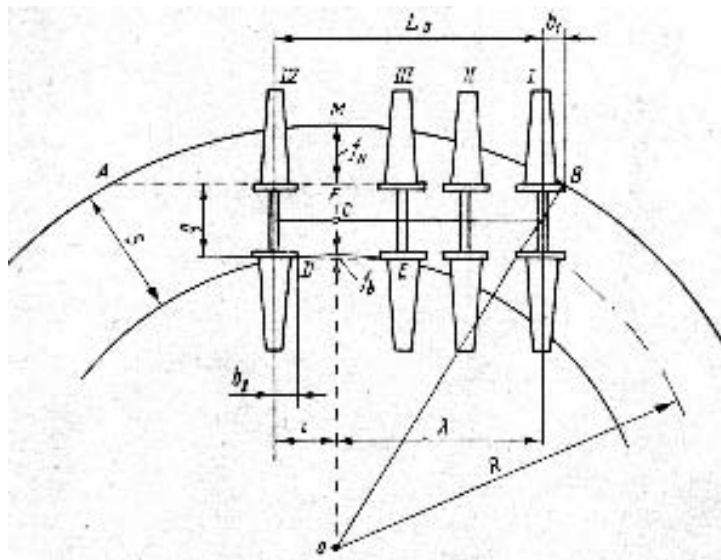
$$b_2 \approx \frac{i(r + t) \text{tg} \tau}{R - \frac{S}{2} + (r + t) \text{tg} \tau} \quad (2-8)$$

Trong đó:

R, r, t và τ có ý nghĩa như trong biểu thức (2-4)

S - lấy theo quy phạm kỹ thuật khai thác tương ứng với bán kính R của đường cong.

Hình 2-14 Sơ đồ tính cự ly ray tối ưu khi đầu máy có 4 trục trong cự ly cố định L_0



Ví dụ 3: Tính cự ly ray tối ưu trên đường cong có bán kính $R = 200$ m đối với đầu máy có 4 trục trong cự ly cố định. Bán kính bánh xe $r = 600$ mm; cự ly cố định $L_0 = 1350 \times 3 = 4050$ mm.

Sơ đồ tính toán như hình 2-14

Theo công thức (2-4) ta có:

$$b_1 = \frac{\lambda(r+t)tg\tau}{R + \frac{S_0}{2} - (r+t)tg\tau}$$

$$b_1 = \frac{3375(600+10)2.747}{200000 + \frac{1000}{2} - (600+10)2.747} = 28.44 \text{ mm}$$

Lấy $b_1 = 28$ mm

Trong đó:

$$l = L_0 - i = 4050 - 1350/2 = 3375 \text{ mm}$$

$$r = 600 \text{ mm}$$

$$tg\tau = tg70^\circ = 2.747$$

$$S_0 = 1000 \text{ mm}$$

Theo công thức (2-8) ta có:

$$b_2 = \frac{i(r+t)tg\tau}{R - \frac{S}{2} + (r+t)tg\tau}$$

$$= \frac{675(600+10)2.747}{200000 - \frac{1020}{2} + (600+10)2.747} \approx 6 \text{ mm}$$

Trong đó: $i = 1350/2 = 675$ mm

$S = 1020$ mm tương ứng với $R = 200$ m (Quy phạm KTKT đường sắt)

Tính f_H theo công thức (2-3), tính f_B theo công thức (2-7):

$$\text{Ta có: } f_H = \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{(3375 + 28)^2}{2 \times 200000} = 28 \text{ mm}$$

$$f_B = \frac{(i - b_2)^2}{2R} = \frac{(675 - 6)^2}{2 \times 200000} \approx 1 \text{ mm}$$

$$S = q_{\max} + f_H - f_B + 4 \text{ mm}$$

$$S = 987 + 28 - 1 + 4 = 1018 \text{ mm} < S_{\max} = 1020 \text{ mm}$$

Ta dùng cự ly ray $S = 1020$ mm tương ứng với $R = 200$ m theo quy phạm KTKT đường sắt VN 1999.

Câu hỏi ôn tập:

Chương 3 . Cấu tạo ghi đơn

1. Vẽ bộ ghi đơn phổ thông rẽ phải cho tàu vào đường thẳng (ghi chú chi tiết).
2. Vẽ bộ ghi đơn phổ thông rẽ phải cho tàu vào đường rẽ. Cấu tạo bộ phận đầu, nối giữa, tâm ghi.

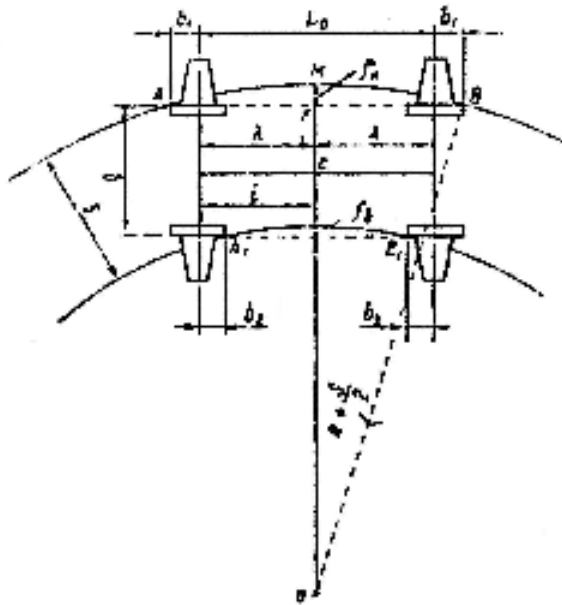
2.3.3.2. Xác định cự ly ray nhỏ nhất cho phép

Khi xác định cự ly ray nhỏ nhất cho phép S_{min} , tương tự như khi xác định cự ly ray tối ưu, ta dựa vào các giả thiết sau:

a/ Sơ đồ tính toán S_{min} : dùng sơ đồ nội tiếp nệm, kết quả tính toán nhận được từ sơ đồ đó được cộng thêm một lượng bằng trị số khe hở tổng cộng δ_{min} .

b/ Nếu tính ra cự ly ray $S_{min} < S_o$ (cự ly tiêu chuẩn trên đường thẳng) thì ta hiểu rằng đầu máy hoặc toa xe đó có thể đi qua đường cong mà không cần nới rộng cự ly. Trong trường hợp đó cần lấy cự ly ray S theo quy phạm kỹ thuật khai thác tùy thuộc bán kính R của đường cong.

1/ Tính S_{min} từ điều kiện nội tiếp của giá xe cố định 2 trục trong đường cong bán kính R (hình 2-15)



Hình 2-15

Sơ đồ tính toán cự ly ray S_{min} khi giá xe cố định có 2 trục

Trong hình 2-15:

C : trung tâm quay của giá xe

$q = t + 2h + 2\mu$: chiều rộng đôi bánh xe

λ : Khoảng cách từ trung tâm quay C đến trục hình học của bánh xe đầu tiên, trong trường hợp này, theo sơ đồ tính toán nó bằng khoảng cách i từ trung tâm quay C đến trục hình học của bánh xe ở trục sau (trục thứ 2) và bằng một nửa cự ly cố định.

f_H : Đường tên của ray lưng (ứng với dây cung AB)

f_B : Đường tên của ray bụng (khi dây cung là A_1B_1)

b_1 : Khoảng cách từ trục hình học của bánh xe đến điểm tiếp xúc của gờ bánh xe với ray lưng.

b_2 : Khoảng cách từ trục hình học của bánh xe đến điểm tiếp xúc của gờ bánh với ray bụng.

Từ hình 2-15 ta có:

$$S = q + f_H - f_B$$

Theo giả thiết 1 và để đảm bảo các đôi bánh xe có chiều rộng q_{max} có thể qua đường cong, ta có:

$$S_{min} = q_{max} + f_H - f_B + 4mm + \delta_{min} \leq S_{max} \quad (2-9)$$

Trong đó:

4mm: lượng dự trữ về cự ly ray
 f_H và f_B tính theo các công thức sau:

$$f_H \approx \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{\left(\frac{L_0}{2} + b_1\right)^2}{2R}$$

$$f_B \approx \frac{(i - b_2)^2}{2R} = \frac{\left(\frac{L_0}{2} - b_2\right)^2}{2R}$$

Trong đó: b_1 được tính theo công thức (2-4)
 b_2 được tính theo công thức (2-8)
 $\delta_{\min} = 11\text{mm}$

Ví dụ 4:

Tính cự ly ray nhỏ nhất cho phép trên đường cong bán kính $R = 200\text{m}$ để đầu máy có 2 trục trong cự ly cố định có thể chuyển động trên đường cong. Bán kính bánh xe của đầu máy $r = 508\text{mm}$; $t_{\max} = 927\text{mm}$;

$h_{\max} = 30\text{mm}$; cự ly cố định $L_0 = 2028\text{mm}$.

Sơ đồ tính toán như hình 2-15.

Tính b_1 theo công thức (2-4) và b_2 theo công thức (2-8) ta có:

$$b_1 = \frac{\lambda(r+t)\text{tg}\tau}{R + \frac{S_0}{2} - (r+t)\text{tg}\tau} = \frac{1014(508+10).2,747}{200000 + \frac{1000}{2} - (508+10).2,747} = 7,213\text{mm}$$

Trong đó: $\lambda = i = 2028/2 = 1014\text{mm}$

$t = 10\text{mm}$; $S_0 = 1000\text{mm}$

$\text{tg}\tau = \text{tg}70^\circ = 2,747$

$$b_2 = \frac{i(r+t)\text{tg}\tau}{R - \frac{S}{2} + (r+t)\text{tg}\tau} = \frac{1014(508+10).2,747}{200000 - \frac{1020}{2} + (508+10).2,747} = 7,18\text{mm}$$

Tính đường tên của ray lưng f_H và đường tên của ray bụng f_B :

$$f_H = \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{(1014 + 7,21)^2}{2.200000} = 2,6\text{mm}$$

$$f_B = \frac{(i - b_2)^2}{2R} = \frac{(1014 - 7,18)^2}{2.200000} = 2,5\text{mm}$$

Tính cự ly ray nhỏ nhất cho phép S:

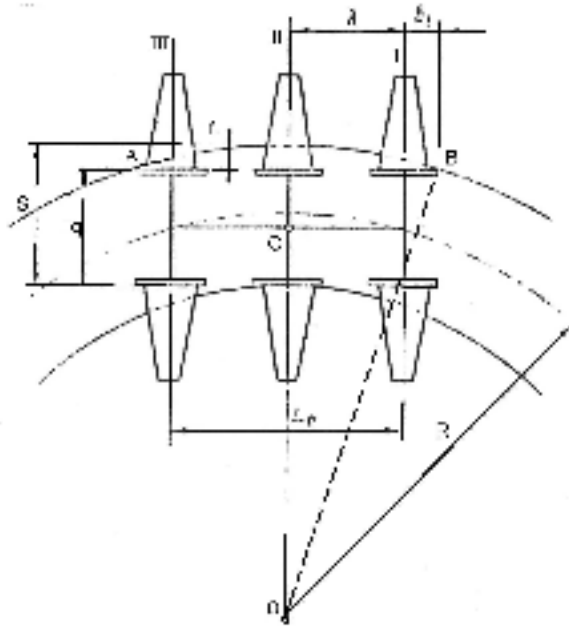
$$S_{\min} = q_{\max} + f_H - f_B + 4^{\text{mm}} + \delta_{\min}$$

$$S_{\min} = (t_{\max} + 2\mu_{\max} + 2h_{\max}) + f_H - f_B + 4^{\text{mm}} + \delta_{\min} \leq S_{\max}$$

$$S_{\min} = (927 + 0 + 2.30) + 2,6 - 2,5 + 4 + 11 = 1002\text{mm} < 1020\text{mm}$$

Như vậy, với số liệu của đầu máy đã cho yêu cầu cự ly ray nhỏ nhất cho phép là 1002mm. Tuy nhiên, để thoả mãn cho các loại đầu máy toa xe khác có thể chuyển động qua đường cong, ta lấy cự ly ray $S = 1020\text{mm}$ tương ứng với bán kính $R = 200\text{m}$ (theo quy phạm kỹ thuật khai thác đường sắt 1999).

2/ Xác định cự ly ray nhỏ nhất cho phép từ điều kiện nội tiếp trong đường cong bán kính R của giá xe cố định có 3 trục



Hình 2.16

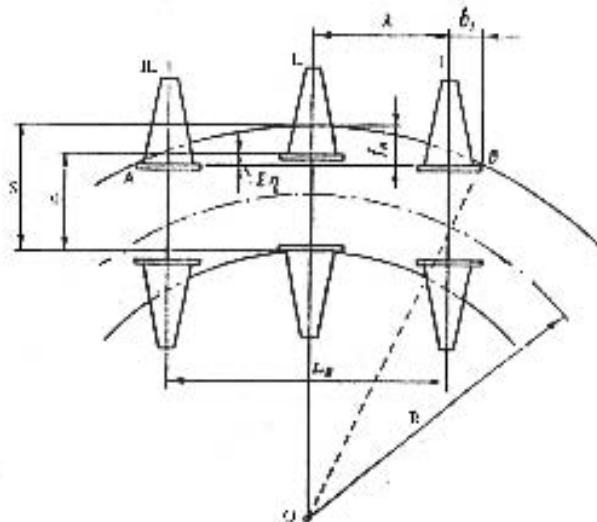
Sơ đồ tính cự ly ray nhỏ nhất cho phép khi $\sum \eta = 0$

Khi các trục không có độ dơ ngang ($\sum \eta = 0$), từ hình 2-16 ta có:

$$S = q + f_H$$

Tương tự các trường hợp trên ta có:

$$S_{\min} = q_{\max} + f_H + \delta_{\min} + 4^{\text{mm}} \leq S_{\max} \quad (2-10)$$



Hình 2-17. Sơ đồ tính cự ly ray nhỏ nhất cho phép khi $\sum \eta \neq 0$

Khi tổng độ xô dịch ngang của các trục $\sum \eta \neq 0$. (hình 2-16), ta có:

$$S = q + f_H - \sum \eta .$$

Tương tự các trường hợp trên ta có:

$$S_{\min} = q_{\max} + f_H - \sum \eta + 4^{\text{mm}} + \delta_{\min} \leq S_{\max} \quad (2-11)$$

Trong đó f_H được tính theo công thức (2-3)

Khe hở tổng cộng $\delta_{\min} = 11\text{mm}$; tổng độ xô dịch ngang $\sum\eta$ rút từ lý lịch đầu máy.

Ví dụ 5:

Tính cự ly ray nhỏ nhất cho phép trên đường cong bán kính $R = 200\text{m}$, đầu máy có 3 trục trong cự ly cố định. Bán kính bánh xe $r = 508\text{mm}$, cự ly cố định $L_o = 1650 + 1650 = 3300\text{mm}$. Sơ đồ tính toán theo hình 2-16.

Tính b_1 theo công thức (2-4)

$$b_1 = \frac{\lambda(r+t)\text{tg}\tau}{R + \frac{S_o}{2} - (r+t)\text{tg}\tau} = \frac{1650(508+10).2,747}{200000 + \frac{1000}{2} - (508+10).2,747} \approx 12\text{mm}$$

Trong đó: $\lambda = L_o/2 = 3300/2 = 1650\text{mm}$

$$S_o = 1000\text{mm}$$

$$\text{tg}\tau = \text{tg}70^\circ = 2,747$$

Tính đường tên của ray lũng theo công thức (2-3):

$$f_H = \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{(1650 + 12)^2}{2.200000} = 6,9\text{mm} \approx 7\text{mm}$$

$$S_{\min} = (t_{\max} + 2\mu_{\max} + 2h_{\max}) + f_H + 4^{\text{mm}} + \delta_{\min} \leq S_{\max}$$

$$S_{\min} = (927 + 0 + 2.30) + 7 + 4 + 11 = 1009\text{mm} < 1020\text{mm}.$$

Theo kết quả tính toán ta có cự ly ray nhỏ nhất cho phép đối với đầu máy đã cho là $1009\text{mm} < S_{\max} = 1020\text{mm}$. Ta lấy cự ly ray $S = 1020\text{mm}$ tương ứng $R = 200\text{m}$ (theo QPKTKTĐS VN . 1999)

3/ Xác định cự ly ray nhỏ nhất cho phép từ điều kiện nội tiếp của đầu máy có 5 trục trong cự ly cố định trên đường cong bán kính R

Sơ đồ tính toán theo hình (2-18), bánh xe ở trục giữa không có gờ bánh. Các bánh trên 2 trục ngoài cùng có độ xô dịch ngang.

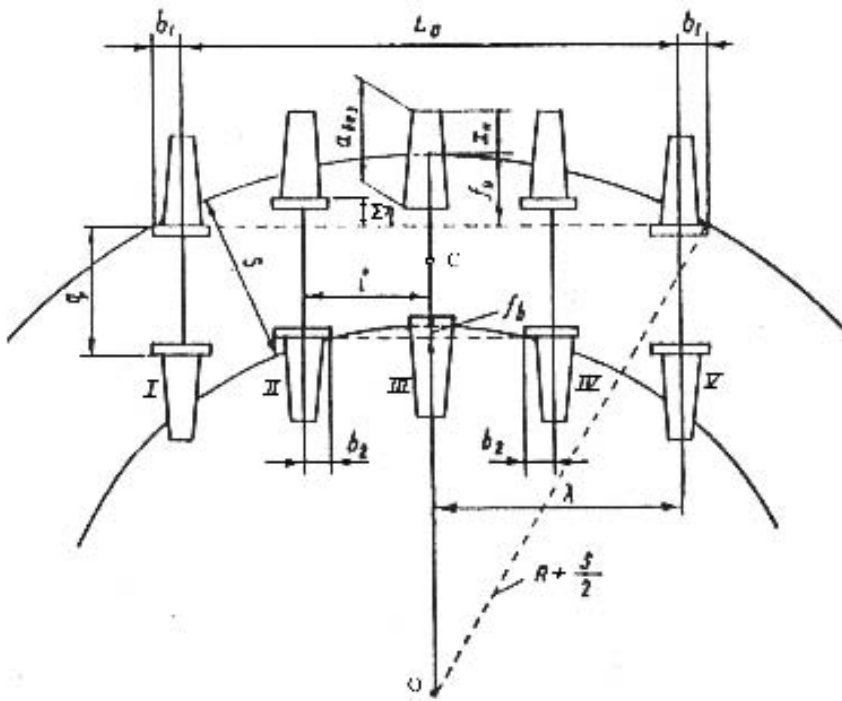
Theo sơ đồ hình (2-18), cự ly ray nhỏ nhất cho phép được tính theo công thức sau:

$$S_{\min} = q_{\max} + f_H - f_B - \sum\eta + 4^{\text{mm}} + \delta_{\min} \leq S_{\max}$$

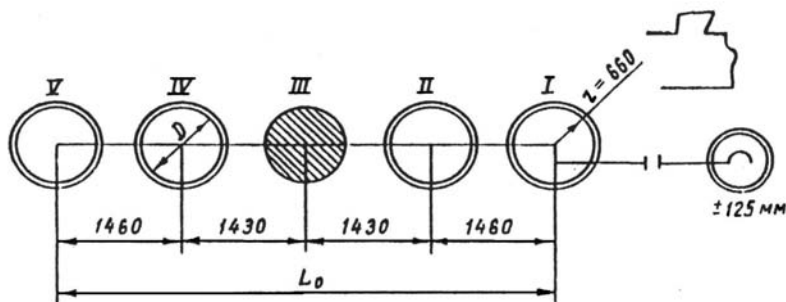
Trong đó: f_H và f_B cũng được xác định như trong các trường hợp trên nhưng tính theo λ và i như trong hình 2-18.

Ví dụ 6:

Xác định cự ly nhỏ nhất trong đường cong bán kính $R = 300\text{m}$ để đầu máy có 5 trục trong cự ly cố định $L_o = 1460 + 1430 + 1430 + 1460 = 5780\text{mm}$ có thể chuyển động qua đường cong. (hình 2-19). Bán kính bánh xe $r = 660\text{mm}$. Độ xô dịch ngang của trục bánh xe ở trục đầu và trục cuối là $\pm 6\text{mm}$, của trục thứ ba là 0 và của trục thứ 2 và trục 4 là $\pm 4\text{mm}$, $\sum\eta = 10\text{mm}$. Bánh xe ở trục dẫn có độ nghiêng lệch $\pm 125\text{mm}$, nó không ảnh hưởng đến điều kiện nội tiếp của đầu máy.



Hình 2-18



Hình 2-19

Sơ đồ tính toán như hình (2-18). Tìm b_1 theo công thức (2-4) và b_2 theo công thức (2-8):

$$b_1 \approx \frac{\lambda(r+t)\operatorname{tg}\tau}{R + \frac{S_0}{2} - (r+t)\operatorname{tg}\tau} = \frac{2890(660+10) \cdot 2,747}{300000 + \frac{1524}{2} - (660+10) \cdot 2,747} = 18\text{mm}$$

$$b_2 = \frac{i(r+t)\operatorname{tg}\tau}{R - \frac{S}{2} + (r+t)\operatorname{tg}\tau} = \frac{1430(660+10) \cdot 2,747}{300000 - \frac{1540}{2} + (660+10) \cdot 2,747} = 9\text{mm}$$

Trong đó: $\lambda = 1430 + 1460 = 2890\text{mm}$

$$i = 1430\text{mm}$$

$$\operatorname{tg}\tau = \operatorname{tg}70^\circ = 2,747$$

$$S_0 = 1524\text{mm}$$

$$S = 1540\text{mm}$$

$$f_H \approx \frac{(\lambda + b_1)^2}{2R} = \frac{(2890 + 18)^2}{2 \cdot 300000} = 28\text{mm}$$

$$f_B \approx \frac{(i - b_2)^2}{2R} = \frac{(1430 - 9)^2}{2.300000} = 9mm$$

$$S_{min} = (t_{max} + 2\mu_{max} + 2h_{max}) + f_H - f_B - \sum \eta + 4^{mm} + \delta_{min}$$

$$S_{min} = (1443 + 0 + 2.33) + 28 - 9 - 10 + 4 + 11 = 1533mm > 1530mm$$

Trong đó: $t_{max} = 1443mm$, $h_{max} = 33mm$, $\delta_{min} = 11mm$, $S = 1530mm$ tương ứng $R = 300m$ (theo quy phạm kỹ thuật khai thác đường sắt Liên Xô). Kết quả tính toán cự ly ray nhỏ nhất cho phép lớn hơn cự ly ray tương ứng $R = 300m$ theo QPKTKT, trong trường hợp này lấy cự ly ray theo QPKTKT tương ứng bán kính đã cho.

2.3.3.3. Cự ly ray tiêu chuẩn trên đường cong

Quy phạm kỹ thuật khai thác đường sắt Việt Nam năm 1999 quy định về cự ly ray trên đường cong như sau:

Bảng 2.1

Đường khổ 1000 ^{mm}		Đường khổ 1435 ^{mm} và đường lồng	
Bán kính cong R(m)	Cự ly ray S(mm)	Bán kính cong R(m)	Cự ly ray S(mm)
≥ 501	1000	≥ 651	1435
Từ 401 đến 500	1005	Từ 650 đến 451	1440
Từ 301 đến 400	1010	Từ 450 đến 351	1445
Từ 201 đến 300	1015	≤ 350	1450
≤ 200	1020		

Do cự ly ray trên đường cong lớn hơn cự ly ray trên đường thẳng nên phải vượt nói rộng cự ly phía ray bụng. Vượt cự ly ray thường được thực hiện trong phạm vi đường cong chuyển tiếp, độ biến đổi cự ly không vượt quá 1mm trên một mét dài ($\leq 1^{TM}$)

2.3.4. Đặt ray hộ bánh trên đường cong

Trên các đường cong bán kính nhỏ, do ảnh hưởng của nội tiếp, má của ray lưng và lợi bánh xe bị mòn nhanh, để giảm bớt độ mòn của má ray, người ta phải đặt thêm một thanh ray vào lòng đường, cạnh ray bụng gọi là ray hộ bánh.

Khi vào đường cong, nếu tất cả các bánh xe đều không tựa lợi vào má ray thì má ray sẽ không bị mòn, điều đó rất khó thực hiện vì các đầu máy toa xe có cấu tạo giá xe cố định rất khác nhau.

a/ Xét riêng cho một trục bánh xe: khe hở giữa ray hộ bánh và ray bụng đảm bảo lợi bánh xe tựa nhẹ vào ray lưng đường cong được tính như sau:

$$m = S - T - (h + \mu) \quad (2-12)$$

Trong đó m : khe hở tính toán giữa ray bụng và ray hộ bánh

S : cự ly ray được xác định từ dạng nội tiếp gờ bó tính bình thường

h và μ : Chiều dày gờ bánh và chiều dày phụ thêm của nó

T : cự ly phía trong của đôi bánh

Khi đó ta có:

$$\left. \begin{aligned} m_{min} &= S_{min} - T_{max} - (h_{max} + \mu) \\ m_{max} &= S_{max} - T_{min} - (h_{min} + \mu) \end{aligned} \right\} \quad (2-13)$$

b/ Xét cho các trục bánh xe trong giá xe cố định: khe hở M giữa ray hộ bánh và ray bụng phải đảm bảo các bánh xe trong giá xe cố định có thể qua lại dễ dàng.

Như vậy ta có:

$$M \geq \max f_k - f_b + h_{\max} + \mu + z$$

Trong đó: f_k : khoảng cách tính từ má tác dụng của ray phụ đến mặt không làm việc của gờ bánh xe, xác định trên bán kính thẳng góc (xem hình 2-18). f_k được xác định theo R_k tương tự f_H .

Khi đó b_k được tính theo công thức:

$$\frac{k + c - t}{b_k} = \frac{b_k}{2r + k + t - c}$$

Từ đó rút ra:

$$b_k = \sqrt{(k + c - t)(2r + k + t - c)} \quad (2-14)$$

Trong đó C : trị số chênh cao của mặt đỉnh ray hộ bánh so với mặt đỉnh ray bụng

r: bán kính bánh xe.

k: chiều cao gờ bánh xe.

t: Khoảng cách từ mặt đỉnh ray hộ bánh đến điểm tiếp xúc giữa mặt không làm việc của gờ bánh với má tác dụng của ray hộ bánh. (xem hình 2-20), thường lấy $t = 10\text{mm}$.

z: dung sai cự ly đôi bánh, $z = 3\text{mm}$.

Phân tích trị số khe hở M tính cho một trục riêng lẻ và trị số M tính cho cả giá xe cố định ta thấy:

Nếu $M > m_{\max}$ thì ray hộ bánh sẽ không có tác dụng

Nếu $M \leq m_{\min}$ thì tất cả các bánh xe sẽ không tựa lợi vào ray lưng hoặc chỉ tựa nhẹ thôi.

Để ray hộ bánh có tác dụng thì trị số M nên lấy gần bằng m_{\min} và nên dùng trong khoảng:

$$m_{\min} \leq M < m_{\max}$$

Chiều rộng khe hở giữa ray hộ bánh và ray bụng đối với đường khổ hẹp được quy định như sau:

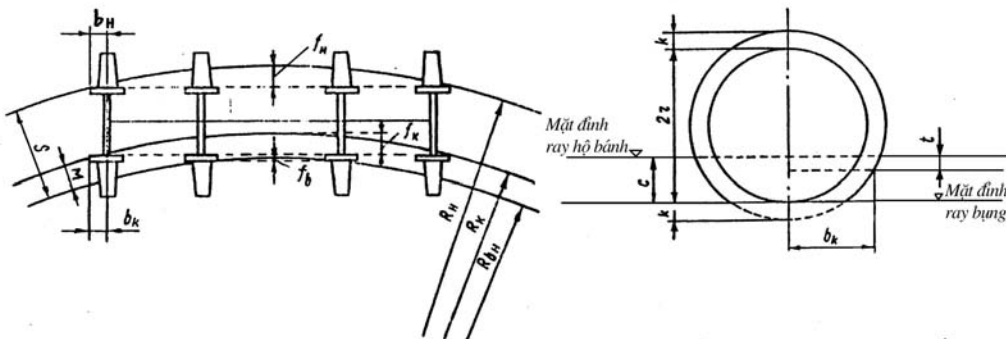
$$M = 75 \pm 3\text{mm}$$

Trị số này tương đối lớn nhưng do khó khăn trong việc đóng đinh ghim giữ để ray hộ bánh vào tà vẹt (trong khe hở M) nên vẫn phải chấp nhận.

Ray hộ bánh nên đặt nghiêng ngược chiều với độ nghiêng của ray bụng để chống lực đẩy ngang tốt hơn.

Trong trường hợp nếu bán kính cong quá nhỏ không đảm bảo nội tiếp gờ bó tĩnh bình thường, người ta có thể dùng cự ly ray lớn hơn trị số quy định và đặt 2 ray hộ bánh trên đường cong.

Hình 2-20



2.3.5. Siêu cao ray lưng trên đường cong

Khi tàu chuyển động trên đường cong, lực ly tâm J đẩy toa xe ra phía lưng đường cong. Trị số

$$J = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{Rg}$$

lực ly tâm tính theo công thức:

Nếu đoàn tàu chạy với tốc độ lớn thì lực tác dụng lên ray lưng sẽ lớn hơn lực tác dụng lên ray bụng nhiều và ổn định ngang của đoàn tàu bị ảnh hưởng. Để giảm bớt tác hại của lực ly tâm này, người ta đặt ray lưng cao hơn ray bụng, độ chênh cao này gọi là độ siêu cao của ray lưng.

Khi bố trí siêu cao, người ta xuất phát từ các yêu cầu sau:

- a/ Bảo đảm 2 ray trên đường cong mòn như nhau, để thời gian sử dụng của hai ray tương đương nhau.
- b/ Bảo đảm hành khách không cảm thấy khó chịu do tác dụng của lực ly tâm, bảo đảm tiện nghi của hành khách.
- c/ Bảo đảm ổn định ngang của đoàn tàu.

2.3.5.1. Tính siêu cao đảm bảo hai ray mòn đều nhau

Để thời gian sử dụng của hai ray như nhau thì độ mòn của chúng theo thời gian phải như nhau. Thực tế thường chỉ yêu cầu độ mòn theo chiều thẳng đứng của hai ray tương đương nhau, muốn vậy, tổng áp lực thẳng đứng tác dụng lên hai ray phải bằng nhau. Nghĩa là:

$$\Sigma E_l = \Sigma E_b$$

Trong đó $\Sigma E_l, \Sigma E_b$: tổng áp lực thẳng đứng tác dụng lên ray lưng và ray bụng .

Hình (2-21) là sơ đồ lực tác dụng lên toa xe trên đường cong.

Trong đó: G : là trọng lượng toa xe

J : là lực ly tâm

a : khoảng cách từ trọng tâm toa xe đến mặt lắn của ray

S_1 : khoảng cách tim hai ray

α : góc nghiêng giữa mặt phẳng qua đỉnh hai ray với mặt phẳng nằm ngang.

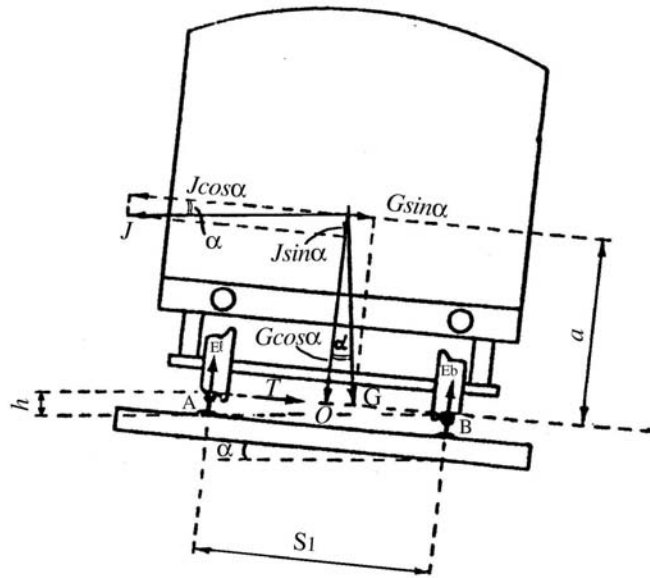
Khi toa xe ở trạng thái cân bằng, ta có phương trình mômen đối với điểm O ở giữa cự ly ray:

Ta có : $\Sigma M_o = 0$

$$(J \cos \alpha - G \sin \alpha)a = (E_l - E_b) \frac{S_1}{2} \quad (2-15)$$

Ta có:

$$\sin \alpha = \frac{h}{S_1}$$



Hình 2-21: Sơ đồ lực tác dụng vào toa xe để tính siêu cao của ray lũng trên đường cong

vì góc α nhỏ nên $\cos\alpha \approx 1$, do đó ta có :

$$\begin{aligned} E_1 - E_2 &= (J - G \frac{h}{S_1}) \frac{2a}{S_1} \\ &= G(\frac{V^2}{gR} - \frac{h}{S_1}) \frac{2a}{S_1} \end{aligned} \quad (2-16)$$

Để đảm bảo yêu cầu 2 ray mòn như nhau thì:

$\Sigma E_1 = \Sigma E_2$ nghĩa là vế trái của phương trình (2-16) bằng không.

Do đó:

$$\Sigma G \frac{V^2}{gR} - \Sigma G \frac{h}{S_1} = 0 \quad (\text{vì } \frac{2a}{S_1} \neq 0)$$

Rút ra: $h = \frac{S_1 \Sigma G v^2}{Rg \Sigma G}$; (2-17)

Đặt $\frac{\Sigma G v^2}{\Sigma G} = V_0^2$: với V_0 là tốc độ bình quân gia quyền.

Ta có: $h = \frac{S_1 V_0^2}{Rg}$; (2-18)

Trong đó: ΣG : tổng trọng lượng của tất cả đoàn tàu chạy với tốc độ khác nhau.

Nếu h tính bằng mm, S_1 tính bằng m, V- km/h, R tính bằng m ta có:

- Đối với đường sắt khổ 1000mm:

$$h = 8,24 \frac{V_0^2}{R} \quad (\text{mm}) \quad (2-19)$$

- Đối với đường tiêu chuẩn (1435mm) ta có:

$$h = 11,8 \frac{V_0^2}{R} \quad (\text{mm}) \quad (2-20)$$

Tính siêu cao theo tốc độ bình quân gia quyền V_0 thực tế là rất khó vì nó đòi hỏi phải có nhiều số liệu thống kê về tốc độ và trọng lượng của các đoàn tàu chuyển động qua đường cong, vì vậy người ta thường quy đổi V_0 tính theo tốc độ lớn nhất V_{\max} cho phép chạy trên đường cong.

2.3.5.2. Tính siêu cao đảm bảo hành khách không cảm thấy khó chịu khi tàu chạy trên đường cong

Khi tính siêu cao đảm bảo 2 ray mòn đều nhau, tốc độ tính toán là tốc độ bình quân gia quyền V_0 do đó lực hướng tâm J_h sinh ra do thực hiện siêu cao có thể không triệt tiêu hết lực ly tâm J .

- Nếu siêu cao chưa đủ: lực ly tâm còn dư $\Delta J = J - J_h$ vẫn tác động vào hành khách, khi trị số ΔJ lớn sẽ làm hành khách mệt mỏi, vì vậy phải hạn chế ΔJ không được quá lớn, tức là:

$$\Delta J \leq [\Delta J]$$

Do đó: $m \cdot \alpha \leq m \cdot [\alpha]$

Rút ra: $\alpha \leq [\alpha]$

Trong đó: α : là gia tốc ly tâm còn dư (chưa được cân bằng)

$[\alpha]$: trị số cho phép của gia tốc ly tâm chưa được cân bằng

m : khối lượng của vật chuyển động

Ta có :

$$\alpha = \frac{V^2}{R} - g \frac{h}{s_1} \leq [\alpha]$$

Từ đó rút ra: $h \geq \frac{S_1 V^2}{Rg} - \frac{S_1 [\alpha]}{g}$

Trường hợp bất lợi nhất khi $V = V_{\max}$ ta có :

$$\boxed{h_{\min} \geq \frac{S_1 V_{\max}^2}{Rg} - \frac{S_1 [\alpha]}{g}} \quad (2-21)$$

Đối với đường khổ hẹp, với $S_1 = 1,05\text{m}$; $g = 9,81\text{m/s}^2$; $R(\text{m})$, $V(\text{km/h})$; $\alpha(\text{m/s}^2)$ ta có:

$$h_{\min} \geq 8,24 \frac{V_{\max}^2}{R} - 107[\alpha] \quad (2-22)$$

Đối với đường 1435 với $S_1 = 1,5\text{m}$; $g = 9,81\text{m/s}^2$; $R(\text{m})$, $V(\text{km/h})$, $\alpha(\text{m/s}^2)$, ta có:

$$h_{\min} \geq 11,8 \frac{V_{\max}^2}{R} - 153[\alpha] \quad (2-22a)$$

Theo kết quả nghiên cứu của V.S Sarico, hành khách cảm thấy khó chịu khi gia tốc ly tâm bằng $0,4 \div 0,8\text{m/s}^2$.

Tùy điều kiện chạy tàu, các nước quy định trị số gia tốc ly tâm chưa được cân bằng cho phép khác nhau.

Ở Liên xô: $[\alpha] = 0,7\text{m/s}^2$; Đức: $[\alpha] = 0,65\text{m/s}^2$; Mỹ: $[\alpha] = 0,5\text{m/s}^2$; Trung Quốc: $[\alpha] = 0,6\text{m/s}^2$;

Ở Việt Nam hiện nay dùng $[\alpha] = 0,5\text{m/s}^2$

- Khi siêu cao quá lớn: Lực hướng tâm $J_h > J$, khi đó lực hướng tâm còn dư

$\Delta J_h = J_h - J$ sẽ làm đầu trong ổ trục chảy ra ngoài, vì vậy cũng phải hạn chế

$\Delta J_h \leq [\Delta J_h]$

Do đó: $m \cdot \alpha_h \leq m \cdot [\alpha_h]$;

Rút ra: $\alpha_h \leq [\alpha_h]$;

Do đó ta có: $\alpha_h = \frac{gh}{S_1} - \frac{V^2}{R} \leq [\alpha_h]$

Bất lợi khi tàu chạy chậm hoặc đỗ trên đường cong, tức $V = 0$. Do đó ta có:

$$\frac{gh}{S_1} \leq [\alpha_h]$$

Rút ra:

$$h_{\max} \leq \frac{S_1 \cdot [\alpha_h]}{g} \quad (2-23)$$

Trong đó: α_h : trị số gia tốc hướng tâm còn dư.

$[\alpha_h]$: trị số cho phép của gia tốc hướng tâm còn dư.

Ở Đức hiện nay quy định: $[\alpha_h] = 0,98\text{m/s}^2$.

Khi dùng $[\alpha_h] = 0,98\text{m/s}^2$ thì $h_{\max} = 105\text{mm}$ (đối với đường 1000mm) và $h_{\max} = 150\text{mm}$ (đối với đường tiêu chuẩn).

2.3.5.3. Kiểm tra siêu cao đảm bảo ổn định ngang của toa xe trên đường cong

Mức độ ổn định ngang của toa xe trên đường cong được đánh giá bằng hệ số ổn định n

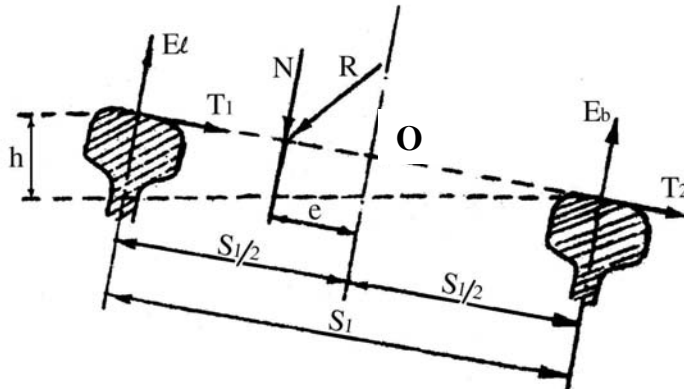
$$n = \frac{S_1/2}{e} \quad (2-24)$$

Trong đó:

S_1 : khoảng cách tim 2 ray.

e : Độ lệch tâm của hợp lực R (xem hình 2-22)

Hình 2-22



Trên hình (2.22) ta có:

R: Hợp lực của các lực tác dụng lên toa xe.

N: Phân lực thẳng đứng so với mặt phẳng qua đỉnh 2 ray.

E_e và E_b : phản lực thẳng đứng của ray.

- Nếu lực R đi qua O thì độ lệch tâm $e = 0$, $n = \infty$: toa xe ổn định

- Nếu $E = \frac{S_1}{2}$ thì R tác dụng lên đỉnh ray lưng, ta có $n = 1$. Khi đó toa xe ở trạng thái cân bằng

tới hạn.

- Để tính hệ số ổn định n , ta lấy mô men đối với điểm O. ở điều kiện cân bằng lực, ta có: $\Sigma M_0 = 0$

$$N \cdot e + E_b \cdot \frac{S_1}{2} - E_l \cdot \frac{S_1}{2} = 0$$

$$\text{Rút ra: } e = \frac{E_l - E_b}{N} \cdot \frac{S_1}{2}$$

$$\text{Ta có: } N = E_l + E_b \text{ do đó: } e = \frac{E_l - E_b}{E_l + E_b} \cdot \frac{S_1}{2} \quad (2-25)$$

Thay e trong công thức (2-25) vào công thức (2-24) ta có:

$$n = \frac{S_1}{2e} = \frac{E_l + E_b}{E_l - E_b} \quad (2-26)$$

Thay $E_1 + E_2 = N = G \cdot \cos\alpha + J \cdot \sin\alpha$

$$E_1 - E_2 = (J \cos\alpha - G \sin\alpha) \frac{2a}{S_1}$$

Vào công thức (2-26) và biến đổi, ta có kết quả:

$$n = \frac{S_1 \cdot (g + \frac{v^2}{R} \cdot \frac{h}{S_1})}{2a \cdot (\frac{v^2}{R} - g \frac{h}{S_1})} \quad (2-27)$$

Trong đó: a là khoảng cách từ trọng tâm toa xe đến mặt đỉnh ray.

Nếu đặt α_{tt} là trị số tính toán của gia tốc ly tâm chưa được cân bằng.

$$n = \frac{S_1 g}{2a \alpha_{tt}} \left(1 + \frac{S_1 v^2}{R g} \frac{h}{S_1^2}\right)$$

$$n = \frac{S_1 g}{2a \alpha_{tt}} \left(1 + \frac{h^2}{S_1^2}\right) \quad (2-28)$$

Tính một cách gần đúng (với sai số $\sim 1,5\%$) ta có:

$$n \approx \frac{S_1 g}{2a\alpha_{tt}} \quad (2-29)$$

Ví dụ 7:

Tính siêu cao của ray lưng trên đường cong có bán kính $R = 200\text{m}$, đường sắt khổ 1000mm.

Theo quy định hiện hành của đường sắt Việt Nam, siêu cao của ray lưng được xác định theo điều kiện đảm bảo hai ray mòn đều nhau và tính theo công thức (2-30) đối với đường khổ 1000mm:

Ta có:
$$h = 5,4 \frac{V_{\max}^2}{R}$$

Trong đó tốc độ lớn nhất cho phép chạy tàu đường cong V_{\max} được tính theo công thức (2-32)

$$V_{\max} = 4,1 \cdot \sqrt{R} = 4,1 \cdot \sqrt{200} = 57,98 \text{ km/h}$$

Ta lấy $V_{\max} = 60\text{km/h}$

Ta có:
$$h = \frac{5,4 \cdot 60^2}{200} = 97,2\text{mm}$$

Ta lấy $h = 95\text{mm}$ (bằng trị số siêu cao lớn nhất cho phép trên đường sắt khổ hẹp ở Việt Nam).

Theo công thức (2-22) ta có thể viết:

$$h \geq 8,24 \frac{V_{\max}^2}{R} - 107\alpha_{tt}$$

Từ đó rút ra trị số gia tốc ly tâm chưa được cân bằng tính toán:

$$\alpha_{tt} = \frac{8,24 \frac{V_{\max}^2}{R} - h}{107}$$

$$\alpha_{tt} = \frac{8,24 \frac{60^2}{200} - 95}{107} = 0,498\text{m/s}^2 \leq [\alpha] = 0,5\text{m/s}^2.$$

$$\approx 0,5\text{m/s}^2$$

Vậy trên đường cong $R = 200\text{m}$, với siêu cao $h = 95\text{mm}$, tàu chạy với tốc độ 60km/h vẫn đảm bảo điều kiện tiện nghi của hành khách đi tàu.

Kiểm tra điều kiện chống nghiêng đổ của toa xe trên đường cong, với $a = 2\text{m}$, $\alpha_{tt} = 0,498\text{m/s}^2 \approx 0,5\text{m/s}^2$, theo công thức (2-29) ta có:

$$n = \frac{S_1 g}{2a\alpha_{tt}} = \frac{1,05 \cdot 9,81}{2 \cdot 2 \cdot 0,5} = 5,15 > 1 \rightarrow \text{ổn định.}$$

2.3.5.4. Siêu cao tiêu chuẩn và thực hiện siêu cao

Khi xác định siêu cao của ray lưng, phần lớn các nước trên thế giới đều căn cứ vào điều kiện đảm bảo hai ray mòn đều nhau. Tuy nhiên, do trọng lượng và tốc độ đoàn tàu luôn thay đổi nên không thể xác định tốc độ bình quân gia quyền V_0 một cách chính xác trong một thời gian lâu dài được. Để giải quyết điều đó, người ta thường lấy V_0 bằng tốc độ lớn nhất V_{\max} nhân với một hệ số triết giảm.

Công thức tính siêu cao có dạng tổng quát:

$$h = A \frac{V_0^2}{R}$$

Trong đó: $A = \frac{S_1}{g}$

Đối với đường tiêu chuẩn 1435mm: $A = 11,8$

Đường khổ hẹp 1000mm: $A = 8,24$

Theo quy định số 1070/QĐ-CSHT của LHĐS ngày 28/11/1996, siêu cao h trên đường cong được tính như sau:

$$\boxed{h = 5,4 \frac{V_{\max}^2}{R}} \quad (\text{mm}) \text{ đối với đường sắt khổ } 1000\text{mm} \quad (2-30)$$

$$\boxed{h = 7,3 \frac{V_{\max}^2}{R}} \quad (\text{mm}) \text{ đối với đường khổ } 1435\text{mm} \quad (2-31)$$

Trong đó tốc độ lớn nhất cho phép chạy trên đường cong V_{\max} vận dụng chung cho cả hai loại khổ đường được xác định theo công thức sau:

$$\boxed{V_{\max} = 4,1 \sqrt{R}} \quad (\text{km/h}) \quad (2-32)$$

Trong đó bán kính R tính bằng m.

Trị số siêu cao lớn nhất tùy quy định của mỗi nước và thay đổi từ 120÷250mm

Việt Nam quy định: $h_{\max} = 125\text{mm}$ (đường 1435mm)

$h_{\max} = 95\text{mm}$ (đường 1000mm)

Thực hiện siêu cao thường được giải quyết bằng cách tăng chiều dày ba lát dưới tà vẹt ray lưng đường cong. Làm như vậy có nhược điểm là làm cho trọng tâm toa xe bị xô dịch, tuy nhiên, việc thi công được dễ dàng nên phương pháp này thường được sử dụng rộng rãi.

Khi chiều dài đường cong chuyển tiếp quá ngắn, có thể nâng ray lưng lên một nửa siêu cao và hạ thấp ray bụng xuống một nửa siêu cao ($h/2$). Để đảm bảo đủ chiều dày ba lát dưới ray bụng, mặt nền đường phải nghiêng song song đáy tà vẹt. Biện pháp này thường được dùng khi chiều dài đường cong chuyển tiếp ngắn, nền đường toàn khối, các đường tàu điện ngầm hoặc trên các tuyến đường cao tốc.

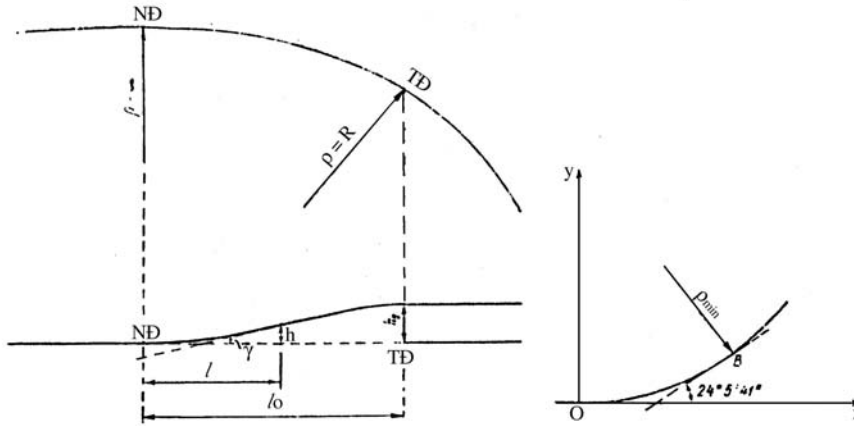
2.3.6. Đường cong chuyển tiếp

2.3.6.1. Mục đích đặt đường cong chuyển tiếp

Khi tàu chạy trên đường thẳng, lực ly tâm $J = 0$, nhưng khi vào đường cong lực ly tâm $J = \frac{GV^2}{Rg}$. Khi tàu chạy từ đường thẳng vào đường cong, tại TĐ_o lực ly tâm sẽ xuất hiện một cách đột ngột làm cho đường và các bánh xe chóng hỏng, hành khách sẽ bị mệt. Để đảm bảo các lực không xuất hiện đột ngột, giữa đường thẳng và đường cong hoặc giữa hai đường cong có bán kính R_1 và R_2 gần nhau, người ta phải bố trí một đường cong đặc biệt, gọi là đường cong chuyển tiếp.

Đường cong chuyển tiếp có tác dụng đảm bảo đoàn tàu chạy từ đường thẳng vào đường cong, hoặc từ đường cong R_1 sang đường cong R_2 được an toàn và êm thuận, các lực phụ không xuất hiện đột

ngọt, có thể tăng tốc độ trên đường cong. Nhờ có đoạn chuyển tiếp giữa đường thẳng và đường cong nên đường được ổn định hơn và ít biến dạng. Mặt khác, khi dùng đường cong chuyển tiếp tàu chạy êm vì góc xung kích nhỏ hơn, hành khách đỡ cảm thấy khó chịu. Người ta thực hiện dần siêu cao và gia khoan trên đường cong chuyển tiếp.



Hình 2.23

Bố trí đường cong chuyển tiếp

2.3.6.2. Yêu cầu đối với đường cong chuyển tiếp L_0

1/ Để đảm bảo lực ly tâm không phát sinh đột ngột, nghĩa là tại NĐ có $J = 0$ tăng dần đến TĐ có $J = \frac{GV^2}{Rg}$ thì bán kính ρ của đường cong chuyển tiếp phải thay đổi từ từ, tại nối đầu NĐ có $\rho = \infty$ và tại tiếp đầu TĐ có $\rho = R$. Trường hợp đường cong chuyển tiếp nằm giữa 2 đường cong tròn thì bán kính của đường cong chuyển tiếp ρ phải thay đổi từ trị số $\rho = R_1$ đến $\rho = R_2$. Nếu gọi $K = \frac{1}{\rho}$ là độ cong của đường cong chuyển tiếp, để đáp ứng yêu cầu này ta có: Tại NĐ có $K = \frac{1}{\rho} = 0$, sau đó nó tăng dần đến vị trí TĐ có $K = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R}$.

2/ Để đảm bảo lực xung kích F_{xk} không phát sinh đột ngột: nếu thực hiện siêu cao theo luật tuyến tính với độ dốc vượt siêu cao là i (xem hình 2-23), khi bánh xe lăn qua NĐ và TĐ sẽ phát sinh F_{xk} tác dụng lên ray lưng. Muốn $F_{xk} = 0$ tại NĐ và TĐ thì góc vượt siêu cao μ phải triệt tiêu tại NĐ và TĐ, tức $\mu = 0$ do vậy ta có: $\text{tg}\mu = 0$ do đó $\frac{dh}{dl} = 0$ tại NĐ và TĐ. Lấy đạo hàm của h theo dl với $h = \frac{S_1 V_0^2}{\rho g}$

ta có kết quả: $\frac{dk}{dl} = 0$ tại NĐ và TĐ.

3/ Đảm bảo lực phụ không phát sinh đột ngột: Trên L_0 , vì siêu cao h , độ gia khoan và bán kính ρ luôn thay đổi, do đó trạng thái chuyển động của đoàn tàu trên đường cong chuyển tiếp L_0 là trạng thái chuyển động không ổn định. Tương ứng với trạng thái chuyển động đó sẽ có lực phụ F_f phát sinh (khi

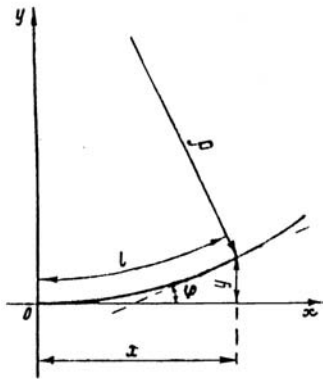
chuyển động trên đường thẳng hoặc trên đường cong tròn ($F_{phụ}=0$). Yêu cầu lực phụ này cũng không được phát sinh đột ngột. Từ yêu cầu này người ta tìm ra kết quả là $\frac{d^2k}{dl^2} = 0$ tại NĐ và TĐ.

4/ Đường cong chuyển tiếp phải đảm bảo đủ dài để vượt siêu cao và gia khoan của đường cong.

Để tóm tắt những yêu cầu đối với đường cong chuyển tiếp, người ta đặt đường cong L_0 vào hệ tọa độ Oxy (xem hình 2-24) và lập thành bảng sau:

Bảng 2-2

STT	Các đặc trưng	Tại NĐ	Tại TĐ	Từ NĐ đến TĐ
1	$y = \int_0^l \sin \varphi dl$	0	y_0	Tăng liên tục
2	$\varphi = \int_0^l k \cdot dl$	0	φ_0	
3	$K = 1/\rho$	0	$1/R$	
4	dk/dl	0	0	



5	d^2k/dl^2	0	0	
---	-------------	---	---	--

Hình 2-24

Trên các đường có tốc độ cao, đường cong chuyển tiếp phải đảm bảo cả 5 yêu cầu trong bảng (2-2).

2.3.6.3. Đường cong chuyển tiếp thường dùng

Trên một số tuyến đường sắt, do tốc độ tàu chạy chưa quá cao và để thuận tiện cho việc thi công và duy tu, người ta chỉ dùng dạng đường cong thỏa mãn 3 yêu cầu đầu trong bảng (2-2). Khi đó độ siêu cao được thực hiện theo luật tuyến tính với độ dốc vượt siêu cao là i .

Ta có: $i = \tan \gamma = h/l$

Rút ra: $l = \frac{h}{i} = \frac{S_1 V_0^2}{i \cdot \rho \cdot g}$ (2-33)

$$l = \frac{C}{\rho}$$

$$\text{Đặt } \frac{S_1 V_0^2}{i.g} = C \quad \text{ta có:} \quad (2-34)$$

Phương trình (2-34) là phương trình đường cong xoắn ốc Clôtôit trong hệ tọa độ tự nhiên ρ và C .

Trong đó: ρ là bán kính đường cong

C là tham số vật lý của đường cong

Khi $l = L_0$ thì $C = R.L_0$

Nếu biểu thị trong hệ tọa độ Đêcác, phương trình (2-34) có dạng:

$$y = \frac{x^3}{6C} \left(1 + \frac{2x^4}{35C^2} + \frac{293x^8}{237000C^4} + \dots \right) \quad (2-35)$$

Khi lấy một số hạng đầu tiên, ta có:

$$y = \frac{x^3}{6C} \quad (2-36)$$

Phương trình (2-36) là phương trình parabol bậc 3. Trong đó $C = R.L_0$. Đó là phương trình đường cong chuyển tiếp thường dùng.

Theo hình học vi phân: tại điểm đầu của đường cong, độ cong của parabol bậc 3 bằng 0, sau đó bắt đầu tăng đến điểm B nào đó thì nó đạt giá trị lớn nhất, qua điểm B độ cong bắt đầu giảm và ở vô tận thì độ cong đó bằng 0.

Điểm B có góc nghiêng $24^0 5' 41''$ (xem hình 2-23)

Vì vậy, chỉ có thể dùng đoạn OB của parabol bậc 3 làm đường cong chuyển tiếp với điều kiện $R > 1,602C^{5/9}$.

2.3.6.4. Chiều dài đường cong chuyển tiếp L_0

Chiều dài đường cong chuyển tiếp L_0 thường được xác định theo điều kiện thực hiện dần độ siêu cao của ray lung để đảm bảo tàu không bị trật bánh.

$$L_0 = \frac{h}{i} \quad (\text{m}) \quad (2-37)$$

Trong đó: h : siêu cao (mm)

i_0 : độ dốc thực hiện siêu cao

Trong điều kiện bình thường $i_0 = 0,001$; ở điều kiện hạn chế $i_0 = 0,002$; khi khó khăn lấy $i_0 = 0,003$.

Chiều dài L_0 còn được xác định từ điều kiện đảm bảo tốc độ tăng của lực ly tâm là nhỏ nhất:

Khi đó
$$L_0 = \alpha \cdot \frac{V_{\max}^2}{R} \quad (2-38)$$

Trong đó α : hệ số, lấy $\alpha = 0,08$; trong điều kiện khó khăn lấy α không nhỏ hơn 0,05.

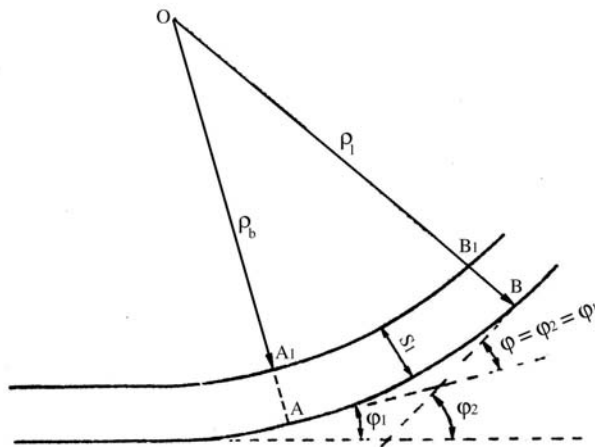
Trị số L_0 phải là trị số lớn nhất trong 2 trị số đó.

Chiều dài đường cong L_0 được tiêu chuẩn hóa $L_0 = 20 \div 200m$ tùy theo cấp đường, bán kính đường cong và tốc độ chạy tàu.

2.3.7. Đặt ray ngắn trên đường cong

Trên đường cong, ray lưng bao giờ cũng dài hơn ray bụng. Muốn đảm bảo các mối nối ray vẫn đối xứng trên đường cong thì phải dùng ray tiêu chuẩn kết hợp với ray ngắn đặt ở phía bụng đường cong.

Ta nghiên cứu một đoạn đường cong chắn góc φ ở tâm bởi hai mặt cắt AA_1 và BB_1 (xem hình 2-25)



Hình 2-25

Ta có: $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

$$\text{- Chiều dài đoạn ray lưng: } \overset{\frown}{AB} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_l d\varphi$$

$$\text{- Chiều dài đoạn ray bụng: } \overset{\frown}{A_1B_1} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_b d\varphi$$

Độ so le ε giữa ray lưng và ray bụng:

$$\varepsilon = \overset{\frown}{AB} - \overset{\frown}{A_1B_1} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_l d\varphi - \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_b d\varphi$$

$$\varepsilon = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (\rho_l - \rho_b) d\varphi = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} S_1 d\varphi$$

$$\varepsilon = S_1 \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) = S_1 \cdot \varphi \quad (2-39)$$

Trong đó: S_1 là khoảng cách tim hai ray

Trên đường cong chuyển tiếp ta có:

$$\varphi = \frac{l^2}{2C}$$

Do đó, nếu gọi ε_1 là độ so le giữa hai ray trên đường cong chuyển tiếp thì:

$$\varepsilon_1 = S_1 \frac{l_1^2}{2C} \quad (2-40)$$

Trong đó: l_1 là chiều dài đường cong tính từ nối đầu ND đến mặt cắt tính toán đo theo tim đường.

$$C = RL_0$$

Khi $l_1 = L_0$, độ so le giữa hai ray trên toàn bộ đường cong chuyển tiếp (từ NĐ đến TĐ) ε_0 sẽ được tính theo công thức sau:

$$\varepsilon_0 = \frac{S_1 L_0^2}{2RL_0} \rightarrow \varepsilon_0 = \frac{S_1 L_0}{2R} \quad (2-41)$$

Trên đường cong tròn ta có : $\varphi = \frac{l}{R}$; Do đó, nếu gọi ε_2 là độ so le giữa hai ray trên đường cong tròn ta có:

$$\varepsilon_2 = S_1 \frac{l_2}{R} \quad (2-42)$$

Trong đó : l_2 là chiều dài đường cong tính từ TĐ đến mặt cắt tính toán đo theo tim đường.

Khi $l_2 = L_c$ thì $\varepsilon_2 = \varepsilon_c$: độ so le giữa hai ray trên toàn đường cong tròn, ta có:

$$\varepsilon_c = S_1 \frac{L_c}{R} \quad (2-43)$$

Trong đó: L_c là chiều dài toàn bộ đường cong tròn (từ TĐ đến TC). Độ so le ε trên toàn bộ khai triển của đường cong tính theo công thức :

$$\varepsilon = 2\varepsilon_0 + \varepsilon_c \quad (2-44)$$

Để đặt ray ngắn, người ta phải tiến hành tính toán thứ tự đặt ray trên đường cong. Đối với loại ray dài 12,5m trên một đường cong có thể dùng một trong ba loại ray ngắn tiêu chuẩn sau: K40, K80 và K120 (Đó là lượng rút ngắn tiêu chuẩn trên một thanh ray, đơn vị là mm). Với loại ray dài 25m có bốn loại ray ngắn tiêu chuẩn là K40, K80, K120 và K160.

Khi không có ray ngắn tiêu chuẩn, người ta cho phép đặt mỗi so le trên đường cong. Khi đó, cửa ray tiêu chuẩn làm hai đoạn:

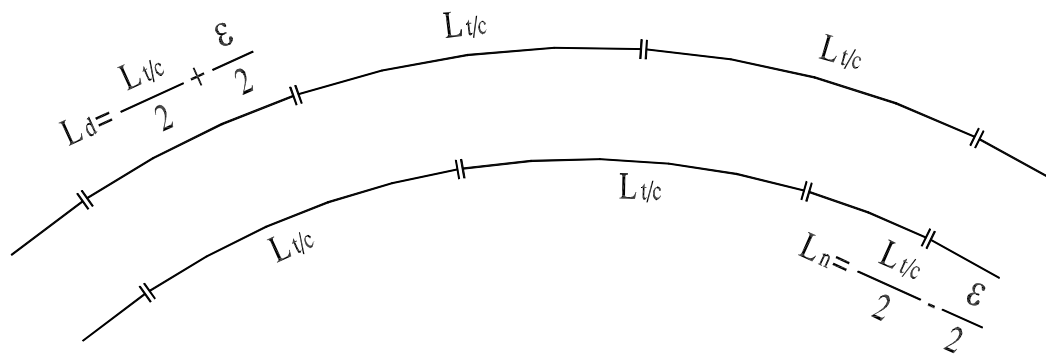
- Đoạn dài L_d đặt bên ray lưng phía đầu đường cong
- Đoạn ngắn L_n đặt bên ray bụng, phía cuối đường cong.

Trong đó:

$$\left. \begin{aligned} L_d &= \frac{L_{t/c}}{2} + \frac{\varepsilon}{2} \geq 4,5\text{m} \\ L_n &= \frac{L_{t/c}}{2} - \frac{\varepsilon}{2} \geq 4,5\text{m} \end{aligned} \right\} \quad (2-45)$$

Trong đó: ε là độ so le trên toàn đường cong được tính theo công thức (2-44)

$L_{t/c}$ là chiều dài thanh ray tiêu chuẩn



Hình 2-26: Bố trí mối nối so le trên đường cong

CHƯƠNG 3 CẤU TẠO GHI ĐƠN

3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Đường ghi là thiết bị nối hai hoặc nhiều đường lại với nhau để đoàn tàu có thể đi từ đường này sang đường khác.

Đường ghi có thể chia loại như sau:

1/ Ghi kép: Là thiết bị nối tiếp 3 đường với nhau đảm bảo tàu có thể vào một trong 3 đường đó.

Ghi kép có các loại:

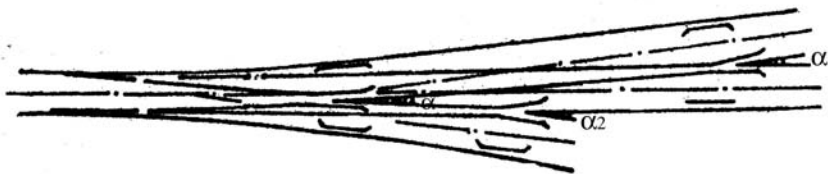
- Ghi kép đối xứng (hình 3.1): Ghi này có một đường hướng thẳng, còn 2 đường rẽ sang 2 bên đối xứng nhau.



Hình 3-1

Ghi kép đối xứng

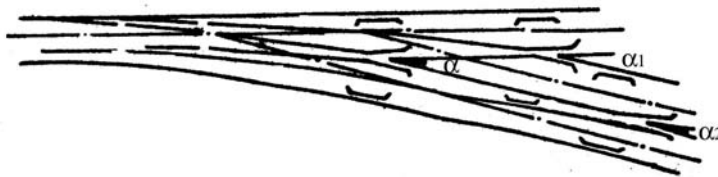
- Ghi kép không đối xứng khác bên (hình 3-2): Ghi này có một đường theo hướng thẳng, hai đường rẽ hai bên có góc rẽ khác nhau



Hình 3-2

Ghi kép không đối xứng khác bên

- Ghi kép không đối xứng cùng bên (Hình 3-3)



Hình 3-3. Ghi kép không đối xứng cùng bên

2/ Đường ghi đơn

Ghi đơn thường là loại ghi thông dụng nhất và chiếm trên 90% tổng số các bộ ghi đặt trên các tuyến đường sắt. Loại này có một đường thẳng là chính tuyến và một đường là nhánh rẽ, ghi rẽ phải hay ghi rẽ trái là khi đứng ở đầu ghi nhìn về tâm ghi theo hướng đường thẳng xem nhánh rẽ về bên trái hay về bên phải. Trên hình (3.4a) biểu thị một bộ ghi đơn phổ thông rẽ phải.

3/ Ghi đơn không đối xứng khác bên: (hình 3.4b)

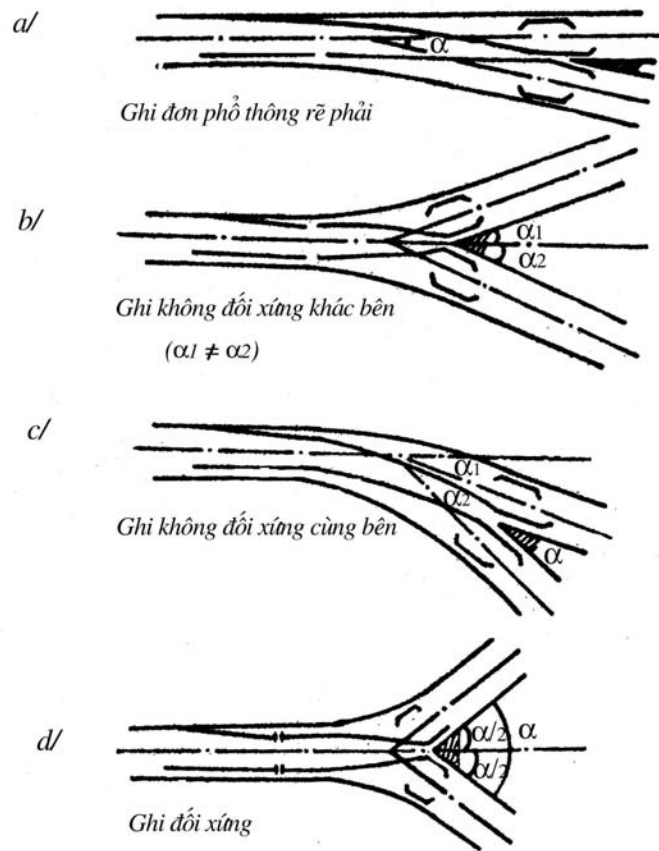
Ghi này có một đường rẽ phải, một đường rẽ trái nhưng góc rẽ khác nhau.

4/ Ghi đơn không đối xứng cùng bên: (hình 3.4c)

Ghi này có hai đường rẽ cùng bên nhưng bán kính mỗi đường rẽ khác nhau.

5/ Ghi đơn đối xứng: (hình 3.4d)

Đường rẽ phải và rẽ trái đối xứng nhau với góc rẽ bằng nhau.



Hình 3-4

Các loại ghi đơn

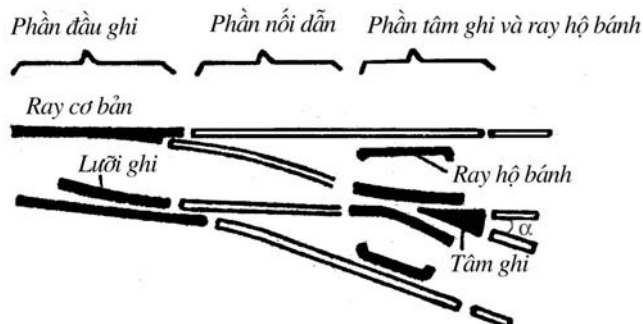
3.2. CẤU TẠO BỘ GHI ĐƠN PHỔ THÔNG

Ghi đơn phổ thông chia làm ba bộ phận: bộ phận đầu ghi, bộ phận tâm ghi và bộ phận nối dẫn (hình 3-5).

Bộ phận đầu ghi được xác định từ hai mối nối ở đầu ghi đến hai mối nối ở cuối lưỡi ghi (còn gọi là đốc ghi hay gót ray nhọn)

Bộ phận tâm ghi được xác định từ đầu ray chân thỏ đến các mối nối ở cuối ghi trên nhánh thẳng và nhánh rẽ.

Bộ phận nối dẫn gồm một đoạn đường thẳng lồng với một đoạn đường cong dùng để nối phần



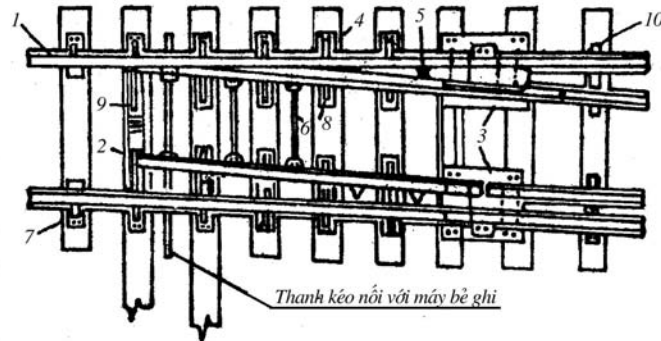
đầu ghi với tâm ghi.

Hình 3-5

Các bộ phận của ghi đơn phổ thông

3.2.1. Bộ phận đầu ghi

Bộ phận đầu ghi gồm hai ray cơ bản, hai lưỡi ghi, hai bộ phận gót ghi (hay đốc ghi), thanh kéo, thanh liên kết, đệm đầu ghi, đệm trượt, các bộ phận nối giữ như móng chân trâu, củ đậu ghi, máy bẻ ghi



(hình 3-6)

Hình 3-6. Bộ phận đầu ghi

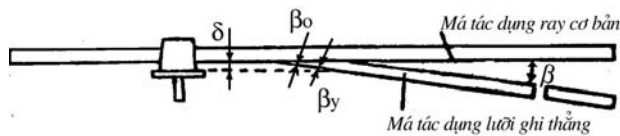
- | | | | |
|---------------|---------------------|----------------|----------------------|
| 1-Ray cơ bản | 2- Lưỡi ghi | 3- Đốc ghi | 10- Đệm sau lưỡi ghi |
| 5- Củ đậu ghi | 6- Thanh liên kết | 4- Móng trâu | |
| 6- Đệm trượt | 9- Đệm đầu lưỡi ghi | 7- Đệm đầu ghi | |

Ray cơ bản: Ray cơ bản hướng thẳng là ray tiêu chuẩn dài 12.5m, ray cơ bản hướng rẽ cũng là ray tiêu chuẩn được uốn cong để thực hiện cự ly ray phân đầu ghi.

Lưỡi ghi: Phân loại lưỡi ghi:

Lưỡi ghi có hai loại: lưỡi ghi thẳng và lưỡi ghi cong.

Lưỡi ghi thẳng: dùng cho các ghi có số hiệu nhỏ (từ 12 trở xuống). Khi lưỡi ghi thẳng áp sát vào ray cơ bản thì góc kẹp giữa hai má ray cơ bản và má lưỡi ghi gọi là góc rẽ β . (hình 3-7)



Hình 3-7

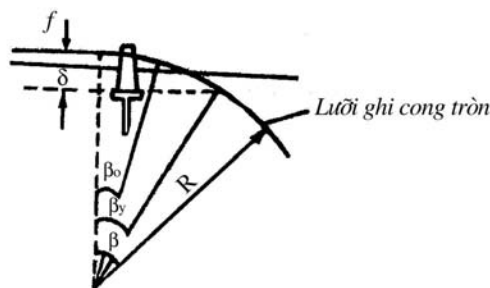
Lưỡi ghi thẳng

Vì má tác dụng của lưỡi ghi thẳng là một đường thẳng, cho nên góc rẽ β , góc đầu lưỡi ghi β_0 , và góc xung kích β_y đều bằng nhau. Lưỡi ghi thẳng có ưu điểm là gia công dễ dàng, có thể dùng cho ghi đơn rẽ phải hoặc ghi đơn rẽ trái và ghi đối xứng.

Tuy nhiên loại lưỡi ghi này có nhược điểm là góc xung kích β_y ở mũi lưỡi ghi quá lớn nên khi tàu chạy vào đường rẽ sẽ kém êm thuận và thường phải dùng lưỡi ghi tương đối dài.

Lưỡi ghi cong: Dùng cho các bộ ghi có số hiệu $N > 12$. Lưỡi ghi dẫn về đường rẽ là cong, còn lưỡi ghi dẫn về đường thẳng vẫn là lưỡi ghi thẳng.

Lưỡi ghi cong kiểu cát tuyến có chiều dài bào gọt ray lưỡi ghi ngắn hơn kiểu tiếp tuyến, chiều dài ghi có lưỡi ghi cong kiểu cát tuyến cũng ngắn hơn.



Hình 3-8

Lưỡi ghi cong kiểu cát tuyến, cong tròn

Lưỡi ghi cong có đặc điểm:

- Góc xung kích β_y nhỏ, do đó tốc độ tào vào đường rẽ cao hơn.
- Lưỡi ghi cong làm cho chiều dài ghi ngắn (khi các điều kiện khác như nhau), bán kính đường cong dẫn lớn hơn (khi chiều dài ghi như nhau).
- Chiều dài bào gọt lưỡi ghi tương đối dài, chế tạo khó.

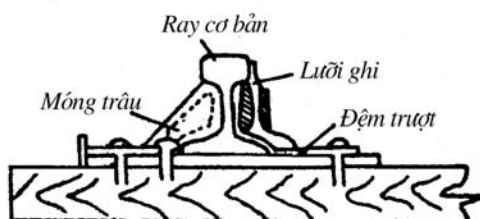
Cấu tạo lưỡi ghi:

Lưỡi ghi có thể được chế tạo từ ray tiêu chuẩn hoặc chế tạo từ loại ray có mặt cắt đặc biệt.

Lưỡi ghi gồm phần đầu là mũi lưỡi ghi, phần cuối là gót lưỡi ghi (đốc ghi).

Mũi lưỡi ghi thường được bào gọt ở phần nấp ray và để ray để có thể áp sát vào ray cơ bản. Khi chế tạo lưỡi ghi từ ray tiêu chuẩn, ta đặt để ray lưỡi ghi ở vị trí cao hơn để ray cơ bản 6mm (hình 3-9), đồng thời phần để lưỡi ghi bị bào gọt đặt nằm trên để ray cơ bản.

Hình 3-9



Vị trí phần lưỡi ghi bào gọt

- Để gia cường độ cứng cho lưỡi ghi, ta dùng 2 thanh thép ốp 2 bên thân ray lưỡi ghi.
- Để tránh cho lưỡi ghi phải chịu lực, đầu lưỡi ghi được bào gọt thấp hơn đỉnh ray cơ bản 23mm, phần lưỡi ghi có đỉnh rộng từ 50mm trở lên sẽ hoàn toàn chịu lực của bánh xe, đoạn từ đầu lưỡi ghi đến chỗ lưỡi ghi có đỉnh rộng 20mm do ray cơ bản gánh chịu áp lực của bánh xe. Đoạn có đỉnh rộng từ 20mm đến 50mm là đoạn quá độ, áp lực bánh xe chuyển dần từ ray cơ bản sang lưỡi ghi.
- Gót lưỡi ghi (đốc ghi) là bộ phận quan trọng của đầu ghi, đảm bảo lưỡi ghi có thể xô dịch ngang khi bề ghi, đồng thời phải đảm bảo kiên cố, ổn định, dễ chế tạo và sửa chữa.

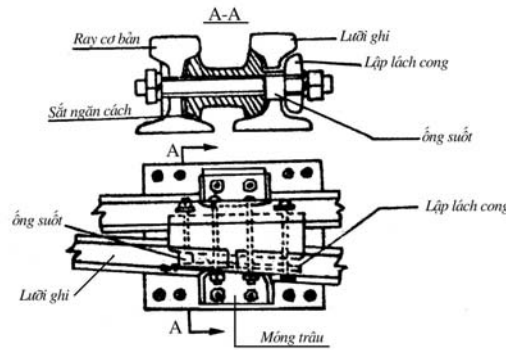
Các bộ ghi có số hiệu nhỏ thường dùng loại đốc ghi có ống suốt, nó gồm: sắt ngăn cách, lập lách cong, ống suốt bulông, móng chân trâu (H.3-10). Tại mỗi nối liên kết lưỡi ghi với ray nối dẫn (ở đốc ghi): phía lòng đường phải dùng lập lách 4 lỗ, giữa ray cơ bản và lưỡi ghi đặt một tấm sắt ngăn cách, để lưỡi ghi có thể xô ngang, lập lách phải uốn cong khoảng 8mm. Để đảm bảo khi bề ghi, lưỡi ghi xô dịch ngang sẽ không làm cho phần lập lách bị uốn bị bề thẳng lại, ở lỗ đỉnh bulông đầu tiên ở đốc ghi

(tính từ mũi lưỡi ghi tới) phải dùng ống suốt (hay gọi là ống múng) làm chỗ tựa cho lập lách, ống suốt luồn qua lỗ bulông ở thân ray, một đầu ống suốt tựa vào mặt của sắt đệm, đầu kia tựa vào mặt trong của lập lách.

Loại đốc ghi này tương đối đơn giản và chắc chắn nhưng chỉ dùng cho loại lưỡi ghi thường hay lưỡi ghi đặc biệt có đoạn cuối là dạng ray thường.

Các ghi có số hiệu lớn, đốc ghi dùng kiểu đàn hồi uốn cong do cắt bỏ một đoạn để ray lưỡi ghi.

Hình 3-10



Cấu tạo đốc ghi

Hai lưỡi ghi được đặt trên các đệm trượt, không được đóng đinh ghim vào tà vẹt, mỗi tấm đệm trượt dày 6mm, rộng 80mm.

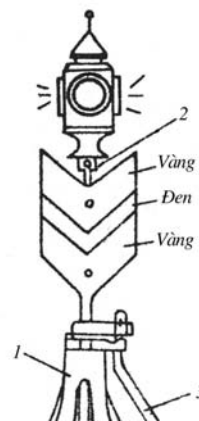
- Phía ngoài ray cơ bản đặt các móng chân trâu suốt chiều dài ray cơ bản để chống đỡ ray.
- Chiều dài lưỡi ghi phụ thuộc vào số hiệu ghi

Khi số hiệu ghi N= 7; 8; 9; 10, ray P43, chiều dài lưỡi ghi là 6,25m. Ghi N12 chiều dài lưỡi ghi là 7,7m , ghi 18 là 12,5m.

Khi lưỡi ghi dẫn tàu chạy vào hướng rẽ thì lưỡi ghi hướng rẽ áp chặt vào ray cơ bản, còn giữa lưỡi ghi dẫn tàu về hướng thẳng và ray cơ bản sẽ có khe hở gờ bánh. Vị trí lưỡi ghi trong hình3-6 sẽ cho đoàn tàu chạy theo hướng rẽ.

Để giữ khoảng cách cố định giữa hai lưỡi ghi, thường dùng 3 thanh giằng, thanh giằng thứ nhất ở đầu lưỡi ghi được nối với máy bẻ ghi. Máy bẻ ghi dùng để điều khiển lưỡi ghi di động ngang, giữ ghi ở vị trí chính xác khi tàu chạy qua. Cấu tạo của máy bẻ ghi phải đơn giản, dễ lắp ráp, dễ sử dụng. Máy bẻ ghi có thể điều khiển bằng tay, cơ giới hoặc bằng điện.

1. Nồi ghi
2. Cột đèn hiệu
3. Tay quay
4. Thanh giạt nối với thanh liên kết



Hình 3-11. Máy bẻ ghi

3.2.2. Bộ phận tâm ghi

Bộ phận tâm ghi đặt ở chỗ ray chính tuyến và ray đường rẽ giao nhau. Tâm ghi có hai loại: tâm cố định và tâm di động. Tâm cố định là loại thông dụng nhất hiện nay, tâm cố định thường là tâm ghép hoặc tâm đúc.

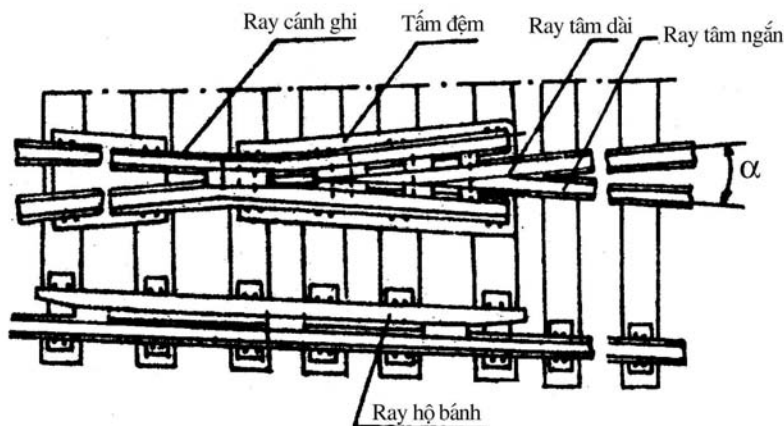
Tâm ghi ghép bằng ray thường được bào gọt rồi lắp ghép lại, loại này tương đối thông dụng và được dùng nhiều ở nước ta hiện nay. Trong phần này ta chỉ nghiên cứu cấu tạo tâm ghi ghép.

Bộ tâm ghi gồm:

- Hai ray cơ bản
- Hai ray hộ bánh
- Hai ray chân thỏ (ray cánh ghi)
- Tâm ghi và các phụ kiện nối, giữ ray.

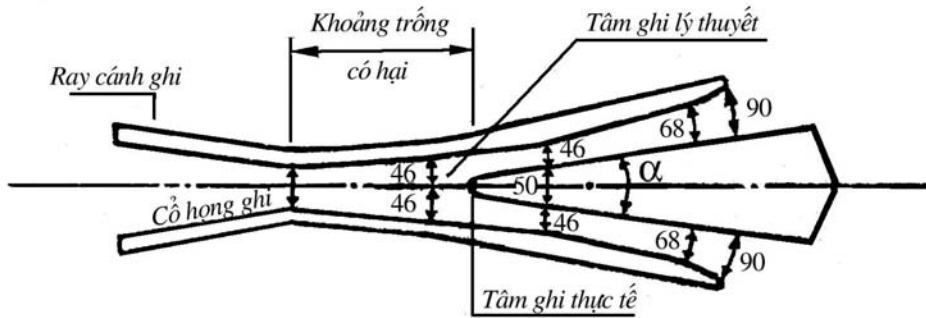
Tâm ghi ghép gồm ray tâm dài và ray tâm ngắn. Ray tâm dài bao giờ cũng được đặt theo hướng đường thẳng, do đó nhìn vào tâm ghi ghép có thể biết đó là ghi rẽ phải hay ghi rẽ trái. Góc kẹp giữa hai má tác dụng của ray tâm ghi gọi là góc tâm ghi α , giao điểm của hai má tác dụng của ray tâm ghi gọi là tâm lý thuyết. Do công nghệ chế tạo nên tâm ghi thực tế rộng 6-10 mm.

- Ray cánh ghi (ray chân thỏ) được chế tạo từ ray tiêu chuẩn bào gọt thành, giữa ray cánh ghi và ray tâm ghi dùng củ đậu và bulông lắp ghép thành một khối đảm bảo rãnh gờ bánh có kích thước nhất định.



Hình 3-12: Tâm ghi ghép

- Cổ họng ghi là chỗ có khoảng cách hẹp nhất giữa má tác dụng của hai ray cánh ghi. Từ cổ họng đến tâm ghi thực tế, do mặt lăn đỉnh ray bị đứt quãng nên gọi là khoảng trống có hại. Số hiệu ghi càng lớn, góc α sẽ càng nhỏ do đó khoảng trống có hại càng dài. Khoảng trống có hại của ghi số 9 là 702mm, ghi số 10 là 936mm.



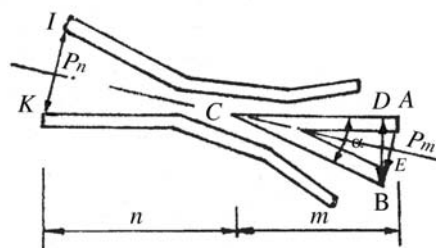
Hình 3-13: Chiều rộng khe tâm ghi

Khi bánh xe lăn qua khoảng trống có hại càng dài thì bánh xe xung kích vào tâm ghi càng mạnh, do đó ở hai bên phải đặt ray hộ bánh để dẫn gờ bánh xe lăn đúng vào rãnh tâm ghi rộng 46mm. Ray hộ bánh được chế tạo từ ray phổ thông, ở hai đầu được bào gọt thành hình phễu để bánh xe lăn qua được dễ dàng.

Giữa ray hộ bánh và ray cơ bản ta dùng củ đậu và bulông liên kết lại để có rãnh rộng khoảng 39mm cho gờ bánh lăn qua. Số hiệu ghi được kí hiệu là N. Quan hệ giữa số hiệu ghi N và góc tâm ghi α được biểu thị trên hình 3-14 và trong bảng 3-1 dưới đây:

Bảng 3-1: Số hiệu ghi $N = \cot \alpha = \frac{CD}{BD}$

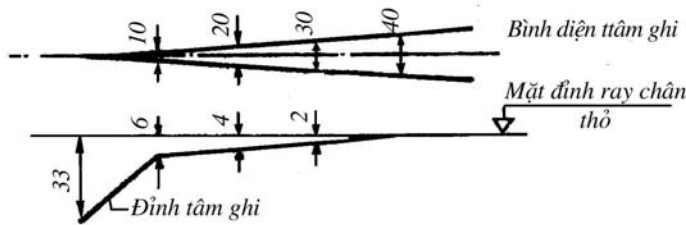
Nước	Số hiệu ghi	Cách tính số hiệu ghi
Liên Xô, Đức	1/N	$\frac{1}{N} = \frac{BD}{CD}$
Pháp	1/N	$\frac{1}{N} = \frac{BD}{CD}$
Anh, Mỹ	N	$N = \frac{CE}{BA}$
Nhật	N	$N = \frac{CB}{BA}$



Hình 3-14: Số hiệu ghi

Những chỗ mặt cắt tâm ghi bị bào gọt nhiều không chịu nổi áp lực của bánh xe đi từ ray cánh ghi vào tâm ghi (hay theo chiều ngược lại), ở đó cao độ đỉnh ray cánh ghi phải cao hơn ray tâm ghi. Theo quy định, từ chỗ đầu tâm ghi đến chỗ mặt đỉnh ray tâm ghi rộng 30mm thì tâm ghi hoàn toàn không chịu lực, từ chỗ mặt đỉnh tâm ghi rộng 40mm trở lên có thể chịu toàn bộ áp lực của bánh xe.

Để tránh gờ bánh xe xung kích vào mũi tâm ghi, đầu mũi tâm ghi thực tế đặt thấp hơn mặt đỉnh ray cánh ghi là 33mm. (H. 3-15)



Hình 3-15: Tâm ghi ghép

Tâm ghi ghép khi hỏng có thể thay thế từng bộ phận được. Tuy nhiên, tâm ghi ghép có quá nhiều chi tiết, lắp ráp không được vững chắc bằng các loại tâm đúc, mặt khác, việc bảo dưỡng lại khó khăn, tuổi thọ ngắn.

3.2.3. Bộ phận nối dẫn trong ghi

Bộ phận nối dẫn nối liền bộ phận đầu ghi với bộ phận tâm ghi. Bộ phận nối dẫn gồm hai ray dẫn về đường thẳng và hai ray dẫn về đường cánh.

Bán kính đường cong nối dẫn trong ghi được tính đến má tác dụng của ray lưng. Điểm đầu của đường cong dẫn này tính từ gót lưỡi ghi khi bán kính đường cong dẫn $R \geq 150m$ hoặc cách gót lưỡi ghi bằng nửa chiều dài lập lách.

Điểm cuối của đường cong dẫn cách đầu ray cánh ghi một đoạn bằng nửa chiều dài lập lách. Bán kính đường cong dẫn phụ thuộc vào số hiệu ghi như trong bảng (3-2)

Bảng 3-2

Số hiệu ghi	Góc tâm ghi α^0	Bán kính đường cong dẫn R(m)	
		Khổ 1000mm	Khổ 1435mm
9	6 ⁰ 20'25"	100-105	180
10	5 ⁰ 42'38"	140-155	160-200
11	5 ⁰ 11'40"	160	296
12	4 ⁰ 45'49"	200	330
18	3 ⁰ 10'12,5"	-	800

Tốc độ qua ghi theo hướng rẽ thường thấp vì đường cong dẫn không có siêu cao. Ta có thể dùng hai đường cong parabol bậc 3 làm đường cong dẫn để nâng cao tốc độ chạy tàu qua ghi theo hướng rẽ.

Bảng 3-4 : Một số loại ghi dùng trên đường sắt Việt Nam

Nước	Loại ray	Số hiệu ghi	Góc đầu lưỡi ghi β_n	Chiều dài lưỡi ghi	Bán kính lưỡi ghi (m)	Bình diện lưỡi	Chiều dài tâm ghi	Bình diện tâm	Bán kính đường dẫn	Chiều dài ghi (m)	Tốc độ đường rẽ

				(m)		ghi	(m)	ghi	(m)		(km/h)
Trung Quốc	50,43,38	12	1 ⁰ 04'18"	7,70			3,55		330	36,81	
	43	10	1 ⁰ 19'12,7"	6,250			3,70		230	30,80	
	50,43,38	9	1 ⁰ 19'12,7"	6,250			3,70		180	29,85	
Việt Nam	43	10	1 ⁰ 13'21"	6,250			3,70		140,5	24,41	
	43	9	1 ⁰ 19'12"	6,250			3,60		105,5	22,31	
	43	12	1 ⁰ 04'18"	7,70			3,55		200,5	28,33	

3.3. TÀ VỆT GHI

Trong ghi dùng tà vẹt gỗ loại I cho các bộ ghi ray P43 trở lên, tà vẹt gỗ loại II dùng cho ghi ray P38 trở xuống.

Trong bảng (3-3) giới thiệu kích thước tà vẹt gỗ loại I và II:

Bảng 3-3

Loại tà vẹt gỗ	Đường 1000mm	Đường 1435mm
	Cao x Rộng x Dài (cm)	Cao x Rộng x Dài (cm)
I	14 x 22 x 180	15 x 22 x 250
II	13 x 19 x 180	14 x 19 x 250

Chiều dài tà vẹt ghi chia làm nhiều cấp, mỗi cấp dài hơn nhau 20cm. Đối với khổ đường 1000mm có 10 cấp, ngắn nhất là 1,8m và dài nhất là 3,6m.

- Khoảng cách giữa tim hai tà vẹt trong ghi lấy bằng 90% khoảng cách ở khu gian.

- Ở bộ phận đầu ghi và trên đường cong dẫn trong ghi, tà vẹt đặt vuông góc với tim đường chính tuyến.

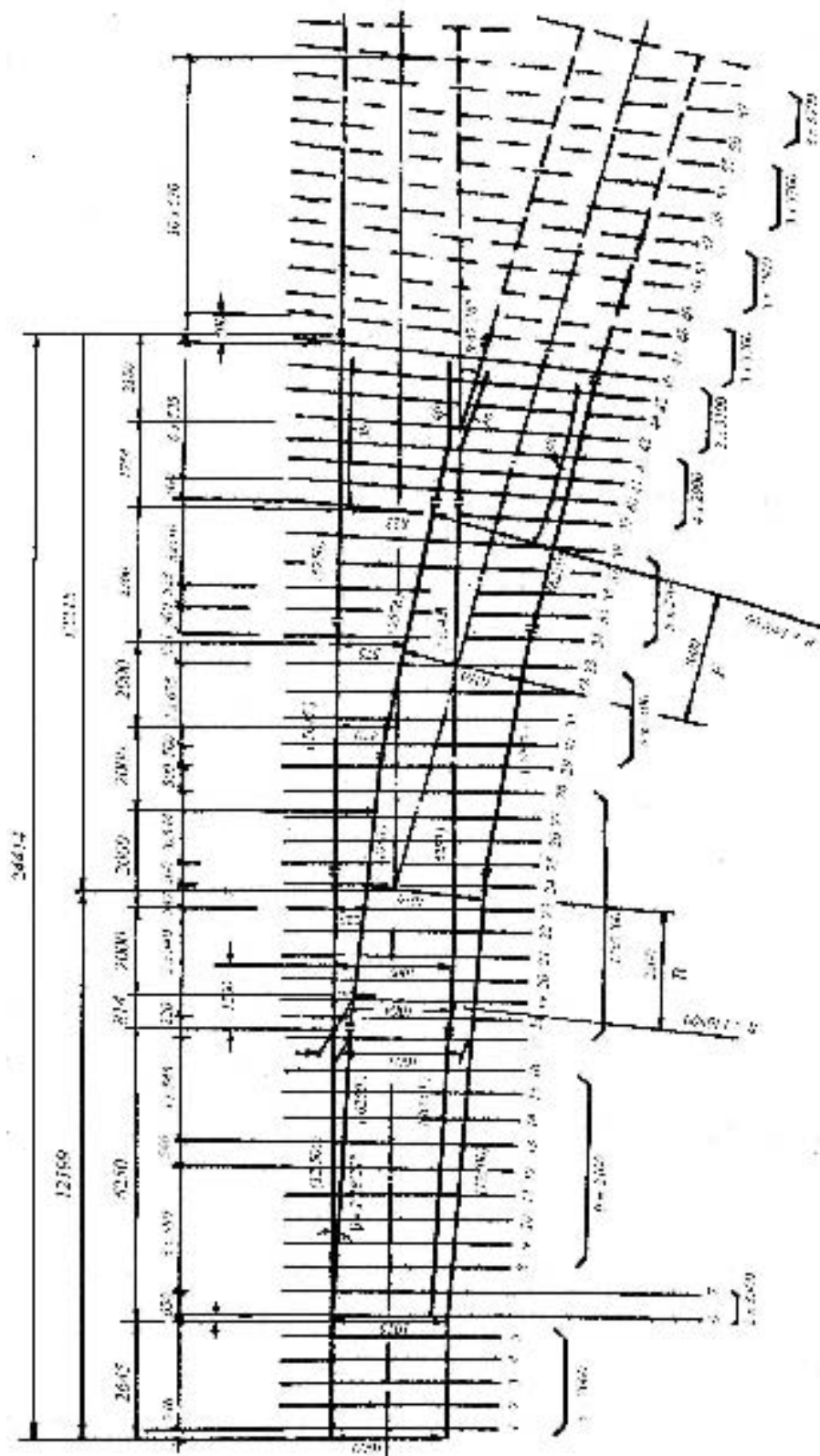
- Dưới bộ phận tâm ghi, tà vẹt đặt vuông góc với đường phân giác của góc tâm ghi α . Trước tâm ghi đặt từ 3 đến 5 tà vẹt quá độ từ vuông góc với tim đường chính tuyến chuyển dần sang vuông góc với đường phân giác góc α .

3.4. Bản vẽ ghi

Bản vẽ ghi dùng để đặt và bảo dưỡng ghi thường vẽ theo tỷ lệ 1/50 hoặc 1/100. Khổ giấy vẽ 80x100cm hoặc 40x50cm. Trong hình vẽ ghi dùng 1 nét biểu thị má tác dụng của ray, hai nét biểu thị đầu ray.

Nội dung: biểu thị tất cả các kích thước hình học của ghi, chiều dài các ray, chiều dài từng nhóm tà vẹt, khoảng cách giữa các tà vẹt, cự li ray trong ghi, bằng vật liệu, góc tâm ghi α , góc rẽ của lưỡi ghi β , bán kính đường cong dẫn R.v.v...

Trên hình (3-16) biểu thị một bản vẽ bộ ghi số 10 ray P43 rẽ phải dài 24,41m.



Hình 3-16: Bản vẽ phi số 10 P-13 ở phía dài 24414

CHƯƠNG 4

KHÁI NIỆM ĐƯỜNG SẮT KHÔNG MỎI NỔI

4.1. ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA ĐƯỜNG SẮT CÓ MỎI NỔI VÀ KHÔNG MỎI NỔI

4.1.1. Nhược điểm của đường sắt có mối nối

- a/ Bánh xe tác động vào mối nối gây lực xung kích làm mối nối bị gục, giảm tốc độ chạy tàu
 - b/ Cường độ giữa cầu ray và mối nối không đồng đều, làm cho tuyến đường không bằng phẳng, êm thuận.
 - c/ Lực dọc lớn, ray dễ bị trôi, phải tăng số lượng ngàm phòng xô và thanh chống xô.
 - d/ Khi có thiết bị đóng đường tự động phải làm thiết bị dẫn điện.
 - c/ Tăng chi phí duy tu sửa chữa, tăng thêm sắt thép, tăng lực cản, hạn chế tốc độ chạy tàu
- Vậy khi dùng chiều dài ray từ 500m - 1000m trở lên thì khắc phục được các tác hại của mối nối, đường ray như thế gọi là đường ray không mối nối (ray hàn liền).

4.1.2. Ưu điểm của đường sắt không mối nối

- a/ Làm cho tàu chạy êm thuận, tạo cảm giác dễ chịu cho hành khách và môi trường.
- b/ Tránh được lực xung kích giữa bánh xe và khe nối, do đó cho khả năng tăng được vận tốc chạy tàu, đỡ làm sút mẻ ray, tăng tuổi thọ của ray và các thiết bị trên đường khoảng 10%, giảm hao mòn hư hại đầu máy toa xe 20÷25%.
- c/ Hạn chế hiện tượng mối gục và hư hỏng nền đá ba lát
- d/ Giảm kinh phí duy tu bảo dưỡng tuyến đường $\approx 30\%$ so với đường có mối nối
- e/ Tránh được tai nạn gãy ray ở phạm vi mối nối.
- f/ Khả năng nâng cao tốc độ chạy tàu $V \geq 100$ km/h.

Đường sắt không mối nối có những nhược điểm:

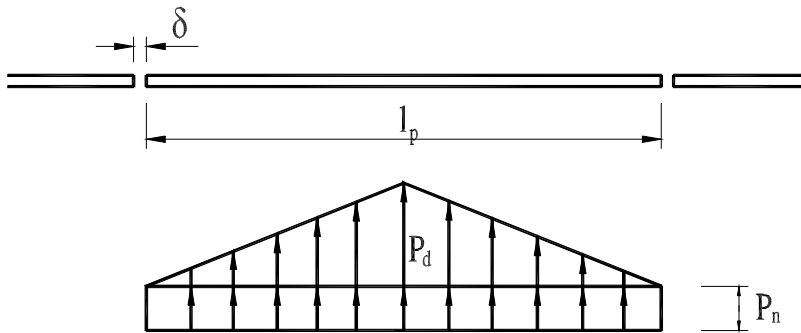
- a/ Ray phải chịu ứng suất lớn hơn so với ray trên đường có mối nối và phải chịu thêm ứng suất nhiệt độ, do vậy thường phải đặt ray nặng.
- b/ Phải tăng cường cấu tạo của đường như tăng cường phối kiện chống xô, số lượng tà vẹt, kích thước nền đá để chống lại lực dọc nhiệt độ.
- c/ Thời gian thi công đặt đường ray không mối nối giới hạn bởi điều kiện khí hậu vì nếu đặt vào thời điểm nhiệt độ đặt đường không nằm trong giới hạn nhiệt độ trung hòa tính toán thì dễ phải giải toả ứng suất.
- d/ Nếu xảy ra sự cố hỏng ray, đứt ray thì việc xử lý cũng phức tạp.
- e/ Đầu tư xây dựng ban đầu lớn.

4.2. PHÂN BIỆT CHIỀU DÀI RAY TRÊN ĐƯỜNG SẮT

4.2.1. Ray thông thường (lp)

Ray thông thường trên đường khai thác chịu 2 loại lực cản ngăn chặn không cho ray tự do co dãn

Loại lực cản thứ nhất là lực cản lập lách và bu lông vận chặt ở mỗi nối (P_n), loại lực cản thứ 2 là lực cản phụ kiện giữ chặt ray trên các tà vẹt (P_d)



Hình 4-1. Sơ đồ phân bố nội lực của ray tiêu chuẩn(ray ngắn)

Khi nhiệt độ thay đổi, ray chịu tác dụng của 2 loại lực cản không thể tự do co giãn được, trong ray phát sinh nội lực hướng dọc(P_d), sau khi đã thắng lực hướng dọc khi đó ray bắt đầu co giãn. Nhiệt độ ray cao nhất (thường cao hơn nhiệt độ không khí 20°C) khe hở ray khép nhỏ lại, nhưng 2 đầu ray chưa húc vào nhau. Ngược lại khi nhiệt độ ray thấp nhất (bằng nhiệt độ không khí) khe hở ray mở rộng ($\delta_{\max} = 20\text{mm}$) trong ray chưa xuất hiện ứng suất kéo. Chiều dài ray phù hợp với các điều kiện trên gọi là chiều dài ray tiêu chuẩn.

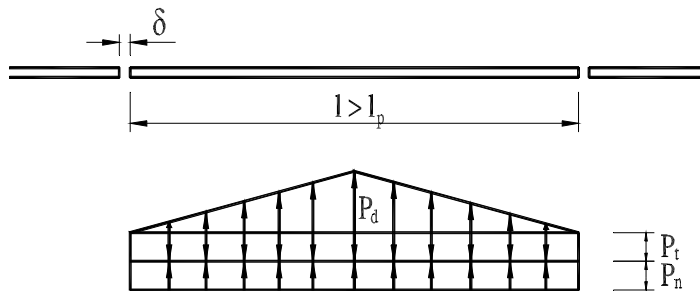
4.2.2. Ray dài có chiều dài ray lớn hơn chiều dài ray tiêu chuẩn (l_p)

Khi nhiệt độ tăng hay giảm trong ray chịu nén ép (hay lực kéo giãn) lực này gọi là lực nhiệt độ P_t .

Khi chiều dài ray càng dài thì trị số lực nhiệt độ phải lớn hơn lực dọc thì mới thắng nổi. Có 3 loại nội lực tác dụng :

- Lực cản dọc (P_d)
- Lực cản mỗi nối (P_n)
- Lực nhiệt độ (P_t)

Trên chiều dài ray, lực cản mỗi nối P_n và lực nhiệt độ P_t phân bố đều suốt chiều dài ray, còn lực cản dọc P_d sẽ tăng về giữa cầu ray, giữa cầu ray là lớn nhất ($P_{d\max}$)



Hình 4-2. Sơ đồ phân bố nội lực ray dài

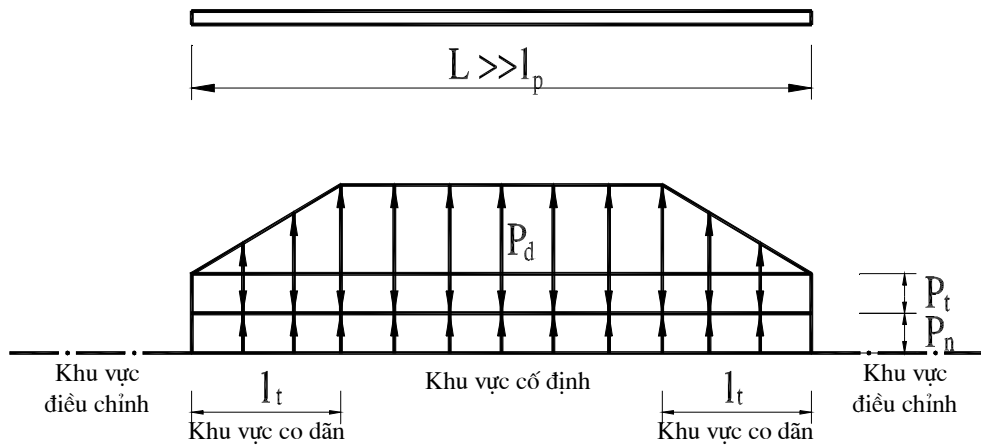
Vậy trên chiều dài ray tồn tại 3 loại lực này, nội lực giữa cầu ray là lớn nhất. Nếu luôn luôn duy trì đường đủ cường độ và ổn định thì gọi là ray dài. Ray dài có chiều dài từ $30 \div 125\text{m}$.

4.2.3. Ray không mỗi nối

Ray không mỗi nối được hàn liền có chiều dài khoảng 1000m trở lên. Trên chiều dài ray hình thành 3 khu vực. Khu vực giữa gọi là khu vực cố định, ở 2 đầu là khu vực co giãn.

Ví dụ : Ray không mối nối dài 1000m, khu vực cố định dài 800m, khu vực co giãn mỗi đầu 100m. Sau đó đặt khe co giãn. (Trên đường sắt của Pháp, Liên xô, Trung quốc).

Hình 4-3. Sơ đồ phân bố nội lực đường ray không mối nối



Khi nhiệt độ lên xuống làm cho nội lực thay đổi trên chiều dài ray. Sau khi lực nhiệt độ P_t thắng lực P_d , P_n ở 2 đầu thì chiều dài ray di động ở 2 đầu này (l_t). Tuyến đường sắt có nhịp ray chịu lực như trên gọi là đường sắt không mối nối.

Nếu ta dùng loại phụ kiện kiên kết ray với tà vẹt và lớp đá ba lát đủ cho lực cản P_d lớn hơn lực nhiệt độ P_t làm cho đường ray ổn định thì có thể sử dụng đường sắt không mối nối.

4.3. NGUYÊN LÝ CƠ BẢN ĐỂ TÍNH ĐƯỜNG SẮT KHÔNG MỐI NỐI

4.3.1. Ứng suất nhiệt σ_t và lực nhiệt độ P_t

Khi đường sắt hàn liền và khóa chặt lại không cho đường ray có thể co giãn được. Khi nhiệt độ biến đổi (Δt) trong ray phát sinh ứng suất nhiệt. Theo định luật Huk, ta tính ứng suất nhiệt trong ray là:

$$\sigma_t = E\varepsilon = E.\Delta l/l \quad (4-1)$$

Trong đó E : Modun đàn hồi của thép $E = 2,1.10^6 \text{ KG/cm}^2 = 2,1.10^5 \text{ Mpa}$

l : Chiều dài ray (m)

Δl : Lượng co giãn của ray tự do khi nhiệt độ biến đổi $\Delta l = \alpha.l.\Delta t$

Thay Δl vào (5-1) ta có:

$$\sigma_t = E. \alpha. \Delta t \quad (\text{MPa}) \quad (4-2)$$

α : Hệ số giãn nở của thép, $\alpha = 11,8.10^{-6}$

Khi nhiệt độ trong ray tăng hay giảm thì ứng suất trong ray $\sigma_t = 25\Delta t \text{ KG/cm}^2 = 2,5\Delta t \text{ (MPa)}$

Lực nhiệt độ trên một thanh ray:

$$P_t = \sigma_t.F \quad (\text{KN}) \quad (4-3)$$

Trong đó : F là tiết diện của ray (cm^2)

Ví dụ: Ray P43 có $F = 57\text{cm}^2$; $P_t = 14\Delta t \text{ (KN)}$

Khi nhiệt độ tăng hay giảm 1°C thì một bên ray chịu 14KN lực kéo hoặc nén.

Như vậy ứng suất nhiệt không phụ thuộc vào chiều dài ray mà chỉ phụ thuộc biên độ nhiệt độ lên xuống. Nếu ta có phụ kiện ghim chặt ray tốt làm cho đường ray ổn định thì có thể tăng chiều dài ray không mỗi nối lên bao nhiêu cũng được.

4.3.2. Lực cản tuyến đường

Lực cản tuyến đường là lực cản không cho đường ray di động. Có 3 loại lực cản:

- Lực cản dọc: Gồm lực cản mỗi nối, lực cản phụ kiện và lực cản của nền đá dăm.

Lực cản mỗi nối là lực cản ở mỗi nối 2 đầu ray ngăn cản không cho nhịp cầu ray di động theo chiều dọc tuyến. Lực cản này do ma sát giữa lập lách và ray tạo nên, do cường độ chống uốn và chống cắt của bu lông, lực ma sát càng lớn thì lực cản càng lớn. Ví dụ lập lách 6 lỗ, bu lông đường kính 22mm, lực cản mỗi nối $P_n = 24$ tấn lực (24. 9,81KN)

Lực cản phụ kiện giữ ray: Là lực ghim giữ ray với tà vẹt bằng các loại liên kết cứng hay đàn hồi không cho ray trôi trên mặt tà vẹt. Lực giữ chặt đối tà vẹt bê tông có mômen vận chặt từ $8 \div 12 \text{KGm} = 0,008 \div 0,012 \text{KNm}$. Lực cản đá dăm có tác dụng ngăn chặn cả cầu ray không cho di động dọc tuyến, còn lực cản ngang nền đá dăm có tác dụng ngăn cản cả cầu ray di động theo hướng ngang, ngăn chặn đường ray phình ngang hoặc bung đường.

Lực cản dọc mỗi thanh tà vẹt BT, $P_d = 1000 \text{KG} (9,8 \text{kN})$. Lực cản dọc đơn vị fv cho 1840 thanh/km là $9,1 \text{KG/cm} = 9,1.9,81 \text{N/cm}$

- Lực cản ngang do tà vẹt và lớp đá dăm tạo nên, với chiều rộng vai đá 30cm thì mỗi thanh tà vẹt BT có lực cản là 127KG (0,127kN) còn lực cản đứng mỗi thanh tà vẹt là $150 \div 160 \text{KG/tà vẹt} = 0,15 \div 0,16 \text{kN/tà vẹt}$

4.4. MỘT SỐ YÊU CẦU VỀ THIẾT KẾ ĐƯỜNG SẮT KHÔNG MỠI NỐI

4.4.1. Yêu cầu về bình đồ và trắc dọc

Bán kính đường cong ở đường sắt không mỗi nối không nên nhỏ hơn 600m, nếu dùng bán kính nhỏ thì đường chịu lực ngang lớn dễ mất ổn định. Khi bán kính nhỏ thì hao mòn ray rất nhanh ($R = 400 \text{m} \div 600 \text{m}$, độ hao mòn gấp $3,0 \div 1,5$ lần trên đường thẳng)

Độ dốc dọc đường sắt không mỗi nối $i \leq 12^\circ$, ở những đoạn đường trắc dọc hình lõm, hiệu số độ dốc lớn dùng đường cong tròn làm đường cong đứng thì đặt thêm số lượng ngầm phòng trôi.

4.4.2. Yêu cầu về cấu tạo đường ray

1. Ray

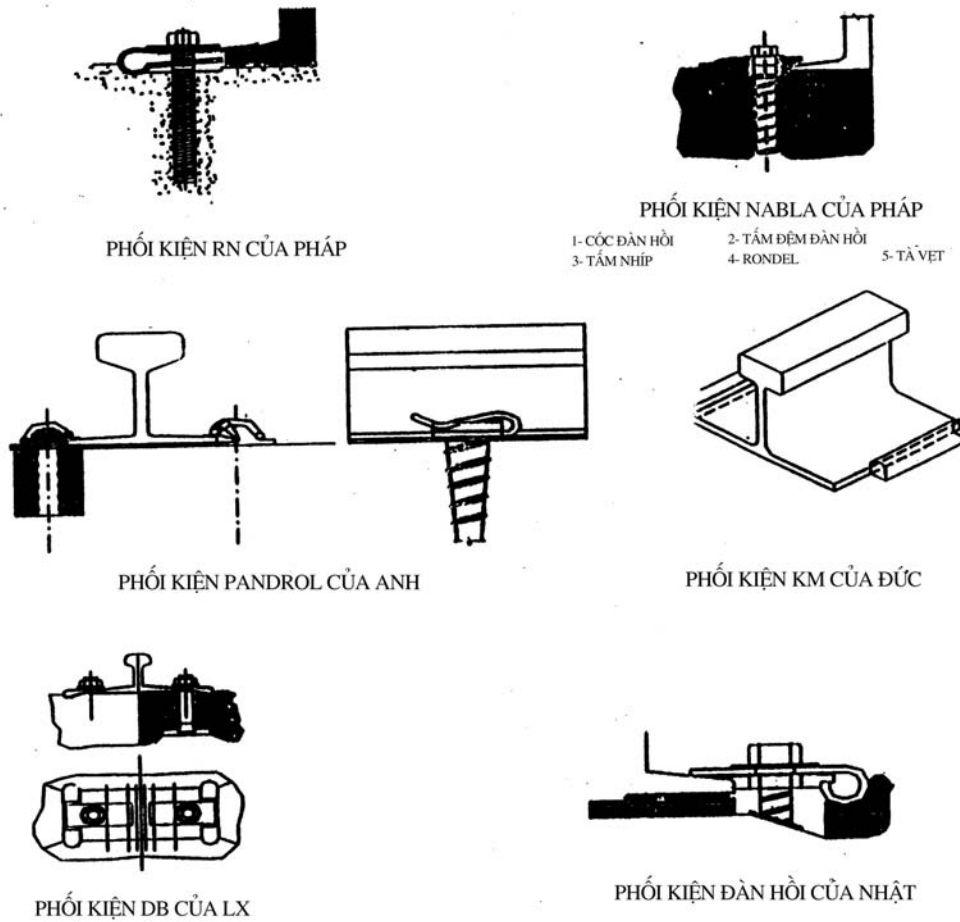
Ray dùng có mặt cắt hoàn chỉnh, đảm bảo yêu cầu về chịu lực, dùng ray mới, không khoan lỗ bu lông (ray đồng chủng). Nếu dùng ray cũ thì phải kiểm tra khuyết tật nghiêm ngặt. Chiều dài nhịp ray hàn dài 1000 ÷ 2000m thuận tiện cho bảo dưỡng, sửa chữa và đặt các thiết bị đóng đường tự động.

2. Phụ kiện liên kết

Phụ kiện liên kết ghim giữ ray đảm bảo độ cứng của nhịp cầu ray, chống lại lực hướng dọc và hướng ngang.

Phụ kiện giữ chặt ray vào tà vẹt và truyền lực này xuống nền đường một cách đàn hồi. Phụ kiện của đường sắt không mỗi nối yêu cầu có lực giữ lớn, kết cấu giản đơn, ít linh kiện, lắp đặt dễ. (Hình 4-4)

MỘT SỐ LOẠI PHỤ KIỆN ĐÀN HỒI TRÊN THẾ GIỚI



Hình 4-4

Liên kết đàn hồi dùng cho đường sắt không mỗi nối

3. Tà vệt

Kích thước và hình dáng tà vệt làm tăng lực chống lại nhịp cầu ray trượt trong lớp đá ba lát. Loại tà vệt BTCT mặt đứng và mặt bằng làm cho tuyến đường ổn định hơn so với tà vệt gỗ. Số lượng tà vệt là 1840 thanh/km cho đường thẳng và 2000 thanh/km cho đường cong.

4. Nền đá dăm

Nền đá dăm đàn hồi, thoát nước tốt, có lực cản lớn đảm bảo tà vệt ổn định. Chiều rộng nền đá đủ rộng, chiều rộng vai đá tối thiểu 30cm, mái đá 1:1,75, chiều dày lớp đá 25cm ÷ 30cm (không tính chiều dày lớp đệm).

Trước khi đặt đường ray không mối nối, lớp đá phải chèn chặt bằng máy, làm cho lớp ba lát có lực cản lớn tạo điều kiện tốt cho đường sắt không mối nối.

5. Nền đường

Biến dạng nền đường dễ dẫn đến đường sắt không mối nối mất ổn định, khi đại tu đường để đặt đường sắt không mối nối phải xử lý nền đường trước nửa năm.

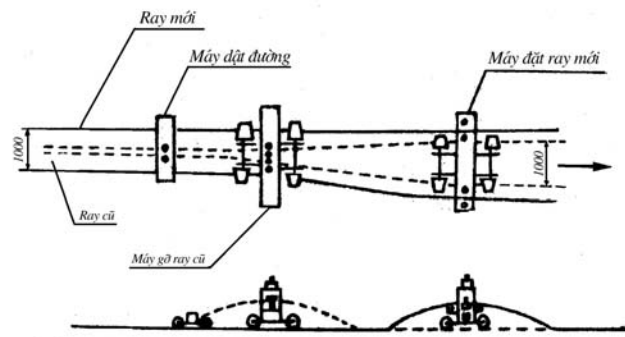
4.5. ĐẶT RAY KHÔNG MỐI NỐI TRÊN ĐƯỜNG

ĐANG KHAI THÁC

Đặt đường sắt không mối nối có căn cứ vào bản thiết kế kỹ thuật thi công. Trước khi đặt đường không mối nối phải hiệu chỉnh phương hướng đường, sàng sạch bụi bẩn ở đá dăm, mặt rộng nền đá dăm có chiều rộng vai đá tối thiểu 30cm, chiều dày lớp đá dăm ≥ 25 cm, tiêu trừ túi đá, mối gục, ray trôi, và nối rộng cự ly ray trên đường cong đúng quy trình.

4.5.1. Công tác cơ bản

- Sau khi phong toả khu gian công nhân nhanh chóng tháo gỡ các phụ kiện ray.
- Đưa 2 xe goòng thay ray và một máy đặt đường vào đoạn đường cần đặt ray không mối nối. Xe goòng chở ray mới đi trên đường cũ và đi sau là xe goòng tháo dỡ ray cũ và máy đặt đường đi trên đường ray mới. Xe goòng thay ray di chuyển với tốc độ $V = 3$ Km/h do một xe khác kéo và ray mới tự động vào vị trí tà vệt, ray cũ do máy đặt đường đẩy vào lòng đường. Sau đó thu dọn và vận chuyển về bãi.
- Ray mới sau khi đặt vào rãnh tiến hành vận chặt phụ kiện liên kết. Vị trí cuối nhịp cầu ray đặt 2 lập lách mỗi đầu mối nối và xiết chặt bu lông ở nhiệt độ trung bình là nhiệt độ khoá đường (t_K). Khi khoá đường yêu cầu nhịp cầu ray cùng khoá ở một thời điểm để tránh nhiệt độ khoá đường khác nhau thì 2 ray làm việc cũng khác nhau.



Hình 4-5: Sơ đồ máy thi công đặt đường sắt không mối nối

4.5.2. Công tác chỉnh lý đường sắt không mối nối

Sau khi cho đoàn tàu chạy với tốc độ chậm thông qua, tiến hành vận chặt phụ kiện và phòng xô. Sau khi đặt ray còn phải tăng cường khóa chặt đường, chèn đường, nắn phương hướng, cự ly và bảo dưỡng mối nối (khe co dãn).

CHƯƠNG 5 NỀN ĐƯỜNG SẮT

Nền đường sắt là một công trình bằng đất, nó điều chỉnh cao độ mặt đất thiên nhiên để tạo nên một tuyến đường đáp ứng đầy đủ mọi tiêu chuẩn kỹ thuật về bình đồ, trắc dọc, trắc ngang của đường sắt. Nền đường dùng để đặt các bộ phận kết cấu tầng trên, chịu lực của đoàn tàu truyền xuống.

Nền đường phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Nền đường phải vững chắc, ổn định và bền chặt
- Nền đường phải có hệ thống rãnh thoát nước tốt, không để nước ứ đọng, ảnh hưởng đến ổn định của nền đường.
- Kinh phí xây dựng nền đường phải rẻ, kích thước mặt cắt nền đường phải hợp lý, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thi công nền đường bằng cơ giới.
- Có thể dùng máy móc để bảo dưỡng và sửa chữa nền đường, giữ nền đường luôn ở trạng thái tốt, phù hợp với quy định kỹ thuật của đường sắt.

5.1. PHÂN LOẠI TRẮC NGANG NỀN ĐƯỜNG

Trắc ngang nền đường là mặt cắt thẳng góc với đường tim tuyến đường, trên đó biểu thị hình dạng và kích thước các bộ phận của nền đường. Trắc ngang nền đường thường vẽ theo tỉ lệ quy định của quy phạm thiết kế (thường là 1: 200).

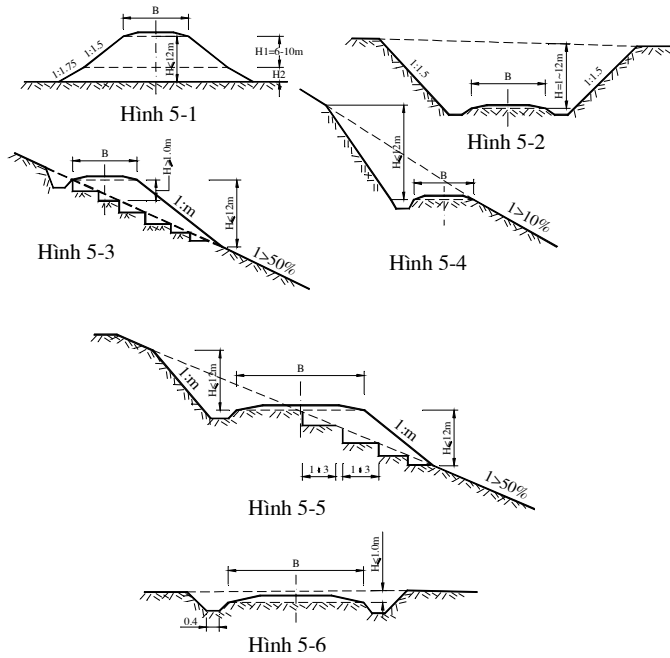
Căn cứ vào hình dạng có thể chia trắc ngang nền đường thành 6 loại:

- Nền đắp (H5-1), nền đào (H5-2), nền nửa đắp (H5-3), nền nửa đào (H5-4), nền nửa đào nửa đắp (H5-5), nền không đào không đắp (H5-6).

Căn cứ vào điều kiện sử dụng nền đường, trắc ngang nền đường chia làm 2 loại: trắc ngang định hình và trắc ngang đặc biệt.

Trắc ngang định hình là loại trắc ngang nền đường bằng đất thông thường, xây dựng trên nền đất ổn định trong điều kiện địa chất, thủy văn bình thường, chiều cao nền đường $H \leq 12\text{m}$, độ dốc ngang của mặt đất thiên nhiên $< 1/3$. Trắc ngang định hình căn cứ vào quy trình và tiêu chuẩn thiết kế mà xác định, không cần phải kiểm toán độ ổn định nền đường.

Trắc ngang đặc biệt là trắc ngang thiết kế riêng cho nền đường trong một trường hợp đặc biệt nào đó không được tùy tiện sử dụng. Những trường hợp phải thiết kế đặc biệt là:



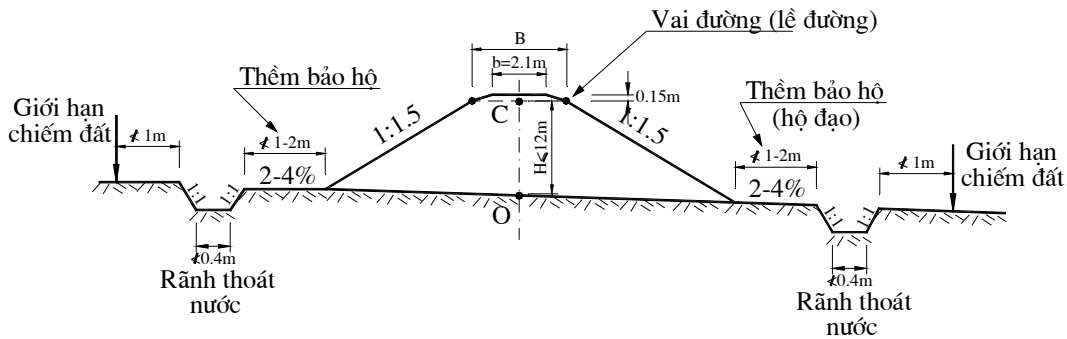
- 1- Khi nền đường đắp cao hay đào sâu quá 12m
- 2- Nền đường đắp trên sườn dốc với dốc $\geq 1:3$
- 3- Nền đường xây dựng trong vùng đất trượt, đá trôi, vùng hang động Caster.
- 4- Nền đường qua vùng bùn lầy và đất yếu
- 5- Nền đường bị ngập nước hoặc bị xói
- 6- Nền đường xây dựng bằng phương pháp máy móc thủy lực hay bằng phương pháp nổ mìn hàng loạt
- 7- Nền đường ở vùng có động đất lớn hơn hoặc bằng cấp 7.

5.2. TRẮC NGANG NỀN ĐẮP ĐỊNH HÌNH

Trắc ngang thiết kế định hình nền đắp khi nền đường được xây dựng bằng đất thông thường, chiều cao nền đường $H \leq 12m$ trong điều kiện địa chất thủy văn bình thường.

Trên hình (5-7) biểu thị trắc ngang định hình nền đắp, hai bên có rãnh thoát nước.

- Giao điểm giữa 2 trục đối xứng trắc ngang với đoạn thẳng đi qua 2 mép đường gọi là tim đường (C)



Hình 5-7. Trắc ngang định hình nền đắp có rãnh 2 bên

- Đường nối các điểm tim gọi là đường tim của tuyến đường
- Cao độ mặt đất thiên nhiên của nền đường là cao độ của điểm D (giao điểm của trục đối xứng trắc ngang và mặt đất).
- Chiều cao nền đắp (H) là hiệu cao độ vai đường và cao độ mặt đất

- Chiều cao ta luy là hiệu cao độ vai đường và cao độ chân ta luy

Trắc ngang nền đường gồm 2 phần: Bản thân nền đường và các công trình của nền đường.

5.2.1. Cấu tạo nền đường

Bản thân nền đường là phần đất đào hoặc đắp của nền đường. Nó là nền tảng của mặt đường. Chiều rộng nền đường (B) (khoảng cách giữa 2 mép đường) là phần nền đường để đặt kết cấu tầng trên, đặt các cột tín hiệu, biển báo

+ Hình dạng mặt nền đường có 2 loại: có mui luyện và không có mui luyện.

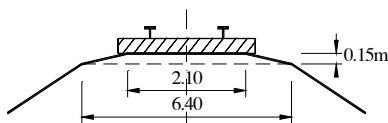
- Nếu xây dựng nền đường bằng loại đất thoát nước như cát to, cuội, đá dăm, đá hộc thì mặt nền đường không làm mui luyện mà là mặt bằng phẳng.

- Nếu đắp nền đường bằng đất bình thường, dễ bị thấm nước như đất sét, đất sét pha cát hoặc đất cát pha sét... thì mặt nền đường làm mui luyện để dễ dàng thoát nước, tránh tình trạng nước mưa ứ đọng làm giảm cường độ đất nền đường dẫn đến các bệnh hại như phọt bùn, tụt đá.

- Hình dạng mui luyện có các loại: hình thang, hình tam giác, răng cưa, dốc một chiều và dốc 2 chiều.

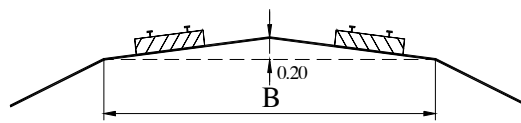
Đối với đường đơn: mui luyện có dạng hình thang. Đường tiêu chuẩn 1435mm chiều rộng mặt đỉnh mui luyện là 2,1m (hẹp hơn chiều dài tà vẹt là 2,5m), chiều cao mui luyện là 0,15m.

- Đường khổ 1000m:
- chiều rộng đỉnh mui luyện là 1,4m
 - chiều cao mui luyện là 0,10m



Hình vẽ 5-8

Mui luyện đường 1435^{mm}



Hình 5-9

Mui luyện đường đôi

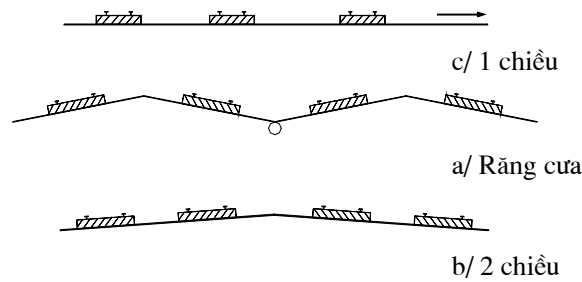
Chiều rộng mặt đỉnh mũi luyến (b) nhỏ hơn chiều dài tà vẹt để khi thi công đặt kiến trúc tầng trên, các đoàn tàu công trình ép tà vẹt lún sâu xuống mặt đất khi nền đường chưa có lớp đá ba lát, tạo thành những rãnh hở thoát nước, tránh cho nền đường bị ú đọng nước.

Trên hình (5-8) biểu thị hình dạng và kích thước mũi luyến đường 1435mm.

- Khi xây dựng đường đôi, đắp bằng đất, mũi luyến làm hình tam giác, chiều cao mũi luyến là 0,20m cho đường tiêu chuẩn, đáy mũi luyến bằng chiều rộng mặt nền đường (H 5-9).

- Mặt nền đường trong ga: tùy số đường trong ga nhiều hay ít mà làm mặt nền đường bãi ga thành hình răng cưa, dốc một chiều hoặc dốc hai chiều (hình 5-10) với độ dốc là $0,01 \div 0,02$.

- Chiều rộng mặt nền đường phải đủ rộng để đặt kiến trúc tầng trên, phần không bị đá dăm phủ kín trên mặt nền đường gọi là vai đường (hoặc lề đường).



Hình 5-10. Mũi luyến nền đường ở ga

Vai đường có tác dụng giữ cho lớp đá dăm không rơi xuống mái đường, để nhân viên đường sắt đi lại, để đặt các dụng cụ duy tu đường, đặt cột tín hiệu...

Chiều rộng vai đường (lề đường) quy định như sau:

Đường cấp I và cấp II : chiều rộng vai đường nền đắp là 0,50m

Đường cấp III là 0,40m.

Chiều rộng nền đường (B) theo quy phạm kỹ thuật khai thác ĐSVN 1999 quy định: trên đường thẳng bề rộng mặt nền đường không được nhỏ hơn 5m cho khổ đường 1000mm và 6,4m cho đường 1435mm.

- Trên đường cong, nền đường phải nở rộng về phía lưng đường cong theo quy định của bảng (5-1) tùy thuộc vào bán kính cong R.

Bảng 5-1. Bề rộng nền đường B(m)

Khổ đường	Tính chất đường	Cấp đường	Đất thường	
			Nền đào	Nền đắp
1435mm	Đường trục (đôi)	I, II	10,3	10,5
	Đường trục (đơn)	I, II	6,2	6,4
1000mm	Đường trục	Đường chính	5,0	

Bảng 5-1a. Độ mở rộng nền đường ΔB(m)

TT	Khổ đường	Tính chất đường	Cấp đường	Bán kính R(m)	Mở rộng W(m)
1	1435mm	Đường trục	I, II	≤ 600	0,60

				> 600 - 1500	0,50
				>1500 - 2000	0,40
				>2000 - 3000	0,30
				>3000 - 4000	0,20
			III	≤ 300	0,50
				> 300 - 500	0,40
				> 500 - 600	0,30
				> 600 - 1000	0,20
				>1000 - 4000	0,10
			Đường chuyên dụng	I, II, III	≤ 1000
	0,20				
2	1000mm			< 500	0,25
				500 - 1000	0,15

- Khoảng cách giữa tim 2 đường trong ga (giữa tim đường chính và đường đón gửi tàu) là 4,10m (đường 1000mm) và là 5,0m (đối với đường 1435mm và đường lồng).

- Khoảng cách giữa tim 2 đường chính trong khu gian là 4,2m (đối với đường 1000mm và đường 1435mm).

- Chiều rộng mặt nền đường đôi cũng phải mở rộng về phía lưng đường cong như đường đơn, giữa 2 tim đường còn phải nở rộng thêm một lượng bằng cách dịch một đường vào phía bụng.

- Cao độ vai đường của đường dẫn vào cầu lớn, cầu trung và ở những đoạn nền đường bị ngập nước phải xác định theo mực nước lũ tính toán. Đối với đường sắt cấp I, II tính theo lưu lượng nước lũ tần suất 100 năm, đường cấp III là 50 năm. Đường dẫn vào cầu rất lớn, mực nước lũ tính toán là 300 năm. Cao độ vai đường phải \geq chiều cao mực nước tính toán + chiều cao sóng vỗ + chiều cao nước dềnh + 0,50m.

- Cao độ vai đường ở đầu cầu nhỏ và công trên đường sắt cấp I, II tính theo lưu lượng nước lũ tần suất 50 năm. Cao độ vai đường bao giờ cũng phải cao hơn mực nước ngầm cao nhất, hoặc cao hơn mực nước tụ lâu ngày (trên 20 ngày), đồng thời phải xét đến chiều cao nước mao dẫn làm giảm cường độ của đất ở nền đường.

Như vậy cao độ vai đường cho đường 1435mm và 1000mm đường quốc gia tính theo công thức sau:

+ Tại đầu cầu lớn và cầu trung:

$$H_{vd} = H_{1\%} + h_{s\text{óng}} + h_{d\text{ềnh}} + 0,5m$$

+ Tại đầu cầu nhỏ và công:

$$H_{vd} = H_{2\%} + h_{s\text{óng}} + h_{d\text{ềnh}} + 0,5m$$

+ Tại đầu cầu lớn có thuyền qua lại:

$$H_{vdc} = H_{1\%} + h_{tktt} + h_{kcd} + h_{kftt}$$

Trong đó: h_{tktt} : chiều cao tĩnh không thông thuyền

h_{kcd} : chiều cao kết cấu dầm

h_{kftt} : chiều cao từ đáy ray đến vai đường

- Độ dốc ta luy nền đường tùy thuộc vào chiều cao nền đường và loại đất đắp (bảng 5-2)

Bảng 5-2. Ta luy nền đắp

Loại đất đá	Chiều cao lớn nhất của ta luy nền đắp			Đốc ta luy nền đắp		
	Chiều cao toàn bộ	Chiều cao phần trên	Chiều cao phần dưới	Ta luy toàn bộ	Ta luy phần trên	Ta luy phần dưới
Đá khó	6	-	-	1:1,3	-	-
phong hóa	12	-	-	1:1,5	-	-
Cát nhỏ	8	6	2	-	1:1,5	1:1,75
Các loại đất	12	6	6	-	1:1,5	1:1,75

+ Xử lý nền đắp

- Có thể trực tiếp đắp nền đường trên mặt đất nếu là đất rắn chắc, độ dốc mặt đất $< 1/10$ và chiều cao nền đất $> 0,50\text{m}$.

- Khi độ dốc mặt đất $1/10 < i < 1/5$, chiều cao nền đắp $< 0,5\text{m}$ thì phải rẫy cỏ hoặc cày xới mặt đất lên rồi mới đắp.

- Khi độ dốc mặt đất tương đối lớn ($1/5 < i < 1/3$) thì phải rẫy cỏ, đánh cạp, mỗi bậc rộng từ 1-3m, mặt các bậc có độ dốc 1- 2% sau đó mới được đắp nền đường.

4.2.2. Các công trình của nền đường

+ Thềm bảo hộ: ở phía ngoài chân ta luy phải có thềm bảo hộ rộng 1- 2m để ngăn nước trong rãnh dọc không ngấm vào nền đường. Mặt thềm đường phải dốc ra phía ngoài với độ dốc $0,02 \div 0,04$.

+ Rãnh dọc hay hố đầu: dùng để thoát nước mặt

-Rãnh dọc: + Khi mặt đất có độ dốc ngang lớn thì chỉ cần đào rãnh ở một bên, phía cao.

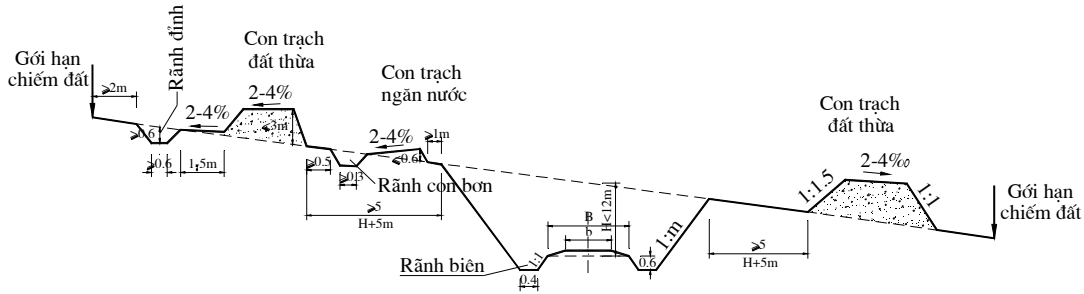
+ Khi mặt đất bằng phẳng và chiều cao nền đường đắp dưới 2,0m thì phải đào rãnh ở cả 2 bên nền đắp. Mặt cắt ngang rãnh làm hình thang, kích thước rãnh và độ dốc dọc đáy rãnh phải căn cứ vào lưu lượng và tốc độ dòng chảy để quyết định. Nói chung chiều rộng đáy rãnh $\geq 0,40\text{m}$, chiều sâu $\geq 0,60\text{m}$, dốc mái rãnh là 1:1. Độ dốc dọc đáy rãnh thường từ 3 - 5TM, nhỏ nhất là 2TM và lớn nhất là 8TM. (Khi độ dốc dọc đáy rãnh $\geq 6^{\text{TM}}$ phải gia cố rãnh).

- Hố đầu: Khi đào hố đầu lấy đất đắp nền đường thì kích thước hố đầu xác định tùy thuộc vào khối lượng đất cần thiết để đắp và phương pháp thi công. Hố đầu có thể bố trí về một phía (bên cao nếu mặt đất có độ dốc ngang) hoặc đặt ở 2 bên nền đường (nếu độ dốc ngang của mặt đất $< 1/10$). Hố đầu phải đào thông với cầu, cống để thoát nước, vách hố đầu phía nền đường có độ dốc 1:1,5 còn phía ngoài là 1:1. Dốc ngang đáy hố đầu thường dùng $0,02 \div 0,04$ dốc từ phía chân ta luy ra phía ngoài nếu đáy hố đầu rộng 10m hoặc đáy hướng vào giữa hố đầu nếu đáy hố đầu rộng quá 10m.

Độ dốc dọc đáy hố đầu thường lấy $> 0,003$ để tránh đọng bùn, khoảng cách từ chân ta luy nền đắp đến mép hố đầu là $2 \div 3\text{m}$.

Trong phạm vi ga không được đặt hố đầu. Nếu nền đắp bằng đất chuyển từ nơi khác tới thì phải dùng rãnh dọc để thoát nước.

5.3. TRẮC NGANG ĐỊNH HÌNH NỀN ĐÀO



Hình 5-11

Trắc ngang địa hình nền đào có đồng đất thừa

Hình dạng và kích thước mũi luyệt chiều rộng mặt nền đào trên đường thẳng và trên đường cong như của nền đắp.

Đọc hai bên nền đào bố trí 2 rãnh biên để thoát nước chảy từ mặt nền đường và taluy xuống. Kích thước rãnh biên quy định như trên hình (5-11). Nếu rãnh biên sâu quá 0,80m thì taluy rãnh phải thiết kế $\geq 1:1.5$. Mái dốc taluy nền đào quy định theo bảng sau:

Bảng 5-3

Loại đất nền đào	Đốc taluy
- Đất sét, á sét, á cát, cát đồng nhất	1:1,5
- Đá dăm dựa theo chiều sâu nền đào và tầng đá	1:0,5 ÷ 1:1
- Đá ít phong hóa và xếp lớp hướng về nền đường	1:0,2
- Đá phong hóa tùy theo cách xếp lớp, chiều sâu nền đào và tính chất đá	1:0,2 ÷ 1:1,5

Con trạch ngăn nước bố trí ở bên cao như hình (5-11) ngăn nước không cho chảy xuống nền đường, chiều cao của con trạch ngăn nước không quá 0,60m. Rãnh con bơm bố trí ở chân con trạch ngăn nước có chiều sâu $\leq 0,3$ m và có độ dốc dọc là 0,05. Nếu mặt đất có độ dốc ngang $> 1:5$ thì không bố trí con trạch ngăn nước và rãnh con bơm.

Khoảng cách từ chân taluy đến đồng đất thừa phải ≥ 5 m đối với loại đất khô cứng hoặc $\geq H+5^m$ đối với đất xốp; trong đó H là chiều sâu nền đào.

Khi khoảng cách $H+ 5^m \geq 10$ m, nền dốc ngang $> 1:5$ thì không bố trí đồng đất thừa ở trên dốc để tránh đồng đất thừa bị trượt.

Đồng đất thừa ở phía trên dốc phải đổ thành dải liên tục, còn ở phía dưới dốc thì cứ cách 50-100m phải để một khoảng trống để thoát nước. Mặt con trạch ngăn nước và mặt của đồng đất thừa phải có độ dốc 0,02-0,04 ra phía ngoài để thoát nước. Rãnh đỉnh phải đào ở phía ngoài đồng đất thừa; kích thước của rãnh đỉnh xác định căn cứ vào lưu lượng tính toán. Khoảng cách từ mép rãnh đỉnh đến giới hạn chiếm đất ≥ 2 m.

5.4. ĐẤT DÙNG ĐỂ ĐẤP NỀN ĐƯỜNG

5.4.1. Đất dùng để đắp nền đường

Những loại đất đá thường dùng đắp nền đường là:

- Đá: trừ các loại đá dễ phong hóa, còn lại đều là vật liệu đắp nền đường tốt, chúng có cường độ chịu lực tốt, không bị nước thấm ướt nên rất ổn định.

- Sa thạch dễ phong hóa: có thể dùng đắp nền đường cao hơn 12m, phải đầm nén nát thành hạt, mỗi lớp dày khoảng 0,30-0,50m để tránh hiện tượng lún không đều.

- Đá granit phong hóa: có thể dùng đắp đường, taluy nền đường tùy theo hạt đất lớn nhỏ mà thiết kế. Đá phong hóa thành cát thì kiểm toán theo hạt cát từ 2-0,05mm. Nếu phong hóa thành đất thì kiểm toán theo hạt đất nhỏ hơn 0,05mm.

- Đá bùn lẫn cát: có thể dùng đắp đường, nhưng không tốt, phải rải thành lớp mỏng, làm rãnh dọc thoát nước. Khi đắp phải chú ý tới độ lún, nhất là nền đắp cao phải đắp thêm chiều cao phòng lún và mở rộng thêm mặt nền đường. Phải dùng loại lu nặng để đầm nén.

- Sỏi cát: có cường độ chịu lực khá lớn, thoát nước tốt, do đó thích hợp để đắp nền đường ở những vùng có điều kiện thủy văn kém ổn định, nhất là nền đường bị ngâm nước. Khi dùng sỏi cát đắp nền đường, cần chú ý gia cố taluy vì chúng dễ bị xói lở.

- Sa thạch: dùng để đắp nền đường ngâm nước tốt, nhưng nên chọn loại sa thạch có cường độ chịu nén lúc khô và khi ướt gần bằng nhau hoặc chỉ được chênh lệch trong khoảng 10%. Cần gia cố taluy để chống xói lở.

- Cát nhỏ: cũng có thể dùng để đắp nền đường, nhưng phải có đủ các chỉ tiêu cơ lý của cát γ , φ , độ ẩm ω của cát, khi đắp các lớp cát phía dưới phải đầm chặt, lớp bảo vệ taluy có thể dùng sét hay đá (dày 0,1-0,15m), khi dùng đất sét bảo vệ taluy thì phải để các lỗ hông thoát nước.

- Đất cát pha sét có đặc điểm khi khô không bị rời rạc, khi ướt vẫn có khả năng chịu lực nên có thể dùng để đắp nền đường rất tốt.

- Đất cát pha sét hạt nhỏ: Tỷ lệ hạt nhỏ hơn 0,2mm chiếm khoảng 50% do đó khi bị ướt thì cường độ chịu lực rất kém, do đó không nên dùng loại này để đắp nền đường.

- Đất bột: là loại đất có đường kính hạt từ 0,05-0,2mm, do đó cường độ chịu lực rất kém, taluy dễ bị sạt lở, có thể dùng để đắp nền đường nhưng phần trên phải thay bằng loại đất tốt để chịu lực, khi nền đào qua nền đất bột thì phải thay đất ở mặt nền đào với chiều dày thay đất khoảng 0,7m.

- Đất sét pha cát: dùng để đắp nền đường rất tốt, nó có độ dính cao, taluy ổn định. Tuy nhiên, vì nó có hệ số thấm nhỏ nên khi bị ngập nước thì áp lực thủy động sẽ lớn.

- Đất sét: chỉ nên dùng ở nơi khô ráo hoặc có nước không thường xuyên, nếu bị ngập nước lâu dễ bị nhão nên mất khả năng chịu lực.

- Đất sét đỏ kỹ thứ 3: có thể dùng đắp đường, nhưng phải dùng lu loại nặng 25 tấn để đầm lèn.

Các loại đất sau đây nếu không qua xử lý thì không được dùng để đắp nền đường: Đất sét mỡ, đá mỡ, bùn lầy, đất có thạch cao hoặc muối hòa tan trong nước. Nói chung, phần lớn các loại đất đều có thể dùng để đắp nền đường, nhưng cần chọn biện pháp thích hợp để đảm bảo cường độ chịu lực, trong khi thi công cần chú ý tới các nguyên tắc đảm bảo cho các lớp đất của nền đường thoát nước và chịu lực tốt.

5.4.2. Đầm nén nền đường

Sau khi đắp xong nền đường yêu cầu đất trong nền đường chỉ được phát sinh biến dạng đàn hồi, vì vậy trong quá trình thi công người ta phải tiến hành đầm nén.

Dưới tác dụng của áp lực nén, các hạt đất sắp xếp xít lại gần nhau hơn, thể tích không khí và nước trong lỗ rỗng giảm đi, đất sẽ đạt tới độ chặt nhất định, như vậy sau khi thi công xong nền đường có thể tranh thủ đặt ray, nền đường không tiếp tục lún kéo dài, giảm độ thấm thấu và chiều cao cột nước mao dẫn, bài trừ lún không đều và tăng cường khả năng chịu lực của đất.

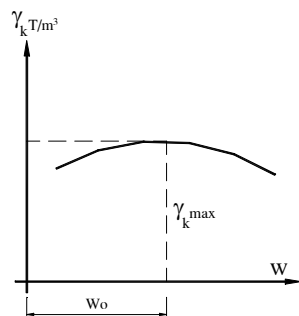
Yêu cầu đầm nén nền đường đạt tới độ chặt yêu cầu không những chỉ đối với nền đắp, mà đối với nền đào trong đất xốp cũng phải đầm nén.

Trong quá trình đầm nén đất đạt tới độ chặt yêu cầu, khi công cụ đầm nén cố định, phải đảm bảo chiều dày mỗi lớp đất khi đầm nén và số lần đầm nén theo đúng quy định, ngoài ra, để hiệu quả đầm nén được tốt, người ta phải khống chế độ ẩm của đất khi đầm nén lớn hơn độ ẩm tốt nhất W_0 là 1,5÷2,0%, nếu đất quá ướt thì phải phơi khô trước, nếu đất quá khô phải tưới nước cho đủ độ ẩm mới đầm.

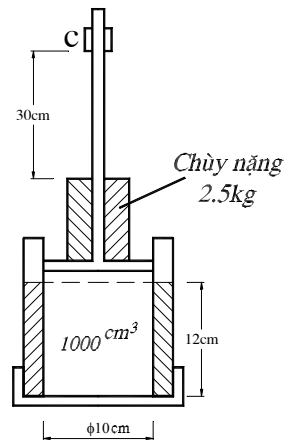
Người ta thường dùng dung trọng khô γ_k biểu thị độ chặt của đất. Trong đó:

$$\gamma_k = \frac{Q_h}{V}$$

Trong quá trình đầm nén, trong lượng hạt Q_h của đất không đổi, chỉ có thể tích V của khối đất giảm đi do thể tích rỗng giảm, vì vậy với một loại đất, khi càng được đầm chặt thì V càng giảm và dung trọng γ_k càng tăng. Khi xây dựng nền đường, người ta thường dùng phương pháp đầm nén tiêu chuẩn để xác định độ chặt lớn nhất γ_{kmax} của đất, thực chất của vấn đề là: lấy đất dùng để đắp nền đường có độ ẩm khác nhau cho vào giã trong cối Proctor. Cối Proctor là một hộp bằng kim loại có dung tích 1000 cm^3 , dùng chùy nặng 2,5 kg cho giã đất bằng cách nâng chùy lên cao 30cm và để rơi tự do, H (5-13). ứng với số lần đầm nén quy định: đất cát: 60 lần, cát pha sét: 90 lần, đất sét: 120 lần ta sẽ được dung trọng γ_k tương ứng với độ ẩm ω của mẫu đất. Khi cho độ ẩm của mẫu đất thay đổi ta sẽ vẽ được đường quan hệ γ_k và ω và tìm được độ chặt tốt nhất γ_{kmax} của loại đất đó (hay độ chặt tiêu chuẩn). Độ ẩm tương ứng với γ_{kmax} gọi là độ ẩm tốt nhất W_0 . (Hình 5-12)



Hình 5-12



Hình 5-13. Cối Proctor

Khi xây dựng nền đường, thực tế không yêu cầu các lớp đất ở độ cao khác nhau trong nền đường có cùng một độ chặt như nhau.

Do sự phân bố ứng suất không đều theo chiều cao của nền đường nên yêu cầu về độ chặt của các lớp đất theo chiều cao nền đường cũng khác nhau. Người ta dùng hệ số đầm nén K để đánh giá độ chặt của nền đường.

$$K = \frac{\gamma_k^{y/c}}{\gamma_{k \max}}$$

Trong đó: K : hệ số đầm nén

$\gamma_k^{y/c}$: dung trọng khô yêu cầu của đất đắp.

$\gamma_{k \max}$: Dung trọng khô lớn nhất của đất đắp xác định bằng thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn.

Hệ số đầm nén được quy định như sau:

Từ mặt nền đường xuống $\leq 1,20\text{m}$ K = 0,90

Từ 1,2m đến độ sâu 10m phải đảm bảo K = 0,85

Khi $>10\text{m}$ và phần bị ngấm nước (trên mực nước 1,2m) yêu cầu K=0,90.

Hàm lượng nước tốt nhất W_o , độ chặt tốt nhất $\gamma_{k \max}$ (T/m^3) và độ chặt yêu cầu của đất có thể tham khảo trong bảng 5-4.

Bảng 5-4

Loại đất	Độ chặt yêu cầu $\gamma_k^{y/c}$ (T/m^3)	Hàm lượng nước tốt nhất W_o (%)	Độ chặt tốt nhất $\gamma_{k \max}$ (T/m^3)
Cát nhỏ	1,60		1,60÷1,95
Đất cát	1,70÷1,75	8÷12	
Cát pha sét	1,65÷1,75	9÷15	1,65÷1,95
Sét pha cát nhiều	1,60÷1,65	13÷19	1,60÷1,75
Sét pha cát ít	1,55÷1,65	16÷20	1,60÷1,75
Đất sét	1,45÷1,55	20÷25	1,33÷1,75

BẢNG CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG

Tên gọi các đại lượng	Đơn vị		Tương quan đơn vị với hệ SI (hệ M)
	Tên gọi	Ký hiệu	
Chiều dài	Centimét	cm	10^{-2} m
	Micrômét	μ m	10^{-6} m
Lực	Kilogram lực	KG	9,80665N
	Tấn lực	T	9,80665KN
Tải trọng phân bố tuyến tính	Kilogram lực trên mét	KG/m	9,80665N/m
	Tấn lực trên mét	T/m	9,80665KN/m
Tải trọng phân bố bề mặt và các ứng suất (sức chống)	Kilogram lực trên mét vuông	KG/m ²	9,80665Pa
	Kilogram lực trên centimet vuông	KG/cm ²	0,098Mpa
	Tấn lực trên mét vuông	T/m ²	9806,65Pa
Môđun đàn hồi	Kilogram lực trên centimet vuông	KG/cm ²	0,098Mpa
Trọng lượng riêng	Gam lực trên centimet khối	G/cm ³	9,80665KN/m ³
	Tấn lực trên mét khối	T/m ³	9,80665KN/m ³
Hệ số biến đổi thể tích	Centimet vuông trên kilôgam lực	cm ² /KG	0,1cm ² /N

Ghi chú: Trong tính toán kỹ thuật có trường hợp cho phép quy tròn 9,80665 thành 9,81. Khi tính toán không yêu cầu chính xác quá cao thì quy tròn là 10.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Đức Trân - Giáo trình khảo sát và thiết kế Đường sắt - Trường Đại học GTVT - 1977.
2. Lê Xuân Quang, Lê Đức Trân, Phạm Văn Vang, Phạm Văn Kỳ - Giáo trình khảo sát và thiết kế Đường sắt - Trường Đại học GTVT - 1990.
3. Lê Văn Cừ, Lê Xuân Quang, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Trọng Luật - Giáo trình công trình Đường sắt - Trường Đại học GTVT - 1975.
4. Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Thị Trí, Lê Văn Cừ - Giáo trình kết cấu tầng trên Đường sắt - Trường Đại học GTVT - 1996.
5. Quy phạm thiết kế kỹ thuật Đường sắt khổ 1000^{mm} - Bộ giao thông vận tải - 1976.
6. Quy phạm thiết kế kỹ thuật Đường sắt khổ 1435^{mm} - Bộ giao thông vận tải - 1985.
7. Quy trình tính sức kéo đầu máy các đoàn tàu Đường sắt - Bộ giao thông vận tải - 1984.
8. Quy phạm kỹ thuật khai thác Đường sắt Việt Nam - Bộ giao thông vận tải - 1999.
9. Sổ tay thiết kế Đường sắt, tập1, 2 - Viện thiết kế giao thông vận tải - 1972.
10. I.V. Turbui và các tác giả - Khảo sát và thiết kế Đường sắt - Matxcova 1989 (Bản tiếng Nga).
11. I.I. Kautor và các tác giả - Cơ sở khảo sát và thiết kế Đường sắt - Matxcova 1999 (Bản tiếng Nga).
12. B.A. Kapulenko và các tác giả - Khảo sát và thiết kế vị trí đặt cầu, hầm trên Đường sắt - Matxcova 1999 (Bản tiếng Nga).
13. B.A. Voukov và các tác giả - Điều tra kinh tế và cơ sở thiết kế Đường sắt - Matxcova 1990 (Bản tiếng Nga).
14. T.G. Iakobleva và các tác giả - Đường đường sắt - Matxcova 1999 (Bản tiếng Nga).
15. Địch Tư Dung và các tác giả - Thiết kế tuyến Đường sắt - Nhà xuất bản Trường Đại học giao thông Tây Nam - 2001 (Bản tiếng Trung).

Câu hỏi ôn tập:

Chương 4 . Khái niệm ĐS không mối nối

1. Ưu nhược điểm của ĐS có mối nối và ĐS không mối nối. Yêu cầu về bình đồ và trắc dọc của ĐS không mối nối. Vẽ sơ đồ nội lực phân biệt đường ray thường, ray dài và ray không mối nối.
2. Thành lập công thức tính ứng suất nhiệt δ_T , lực nhiệt độ P_T trong ray không mối nối.

Phần I. Thiết kế tuyến ĐS

Chương 1. Tính sức kéo đầu máy

1. Mục đích và mô hình tính sức kéo đầu máy. Các ngoại lực tác dụng lên đoàn tàu, quy tắc dấu. Phân biệt lực toàn phần và lực đơn vị.
2. Công thức tổng quát tính lực cản đơn vị cơ bản của đầu máy, toa xe, đoàn toa xe, của đoàn tàu. Các loại lực cản phụ, công thức tính. Các biện pháp làm giảm lực cản.
3. Sự hình thành lực hãm, lực kéo. Phân tích hạn chế lực hãm, lực kéo theo điều kiện bám. Tính lực hãm.
4. Phương trình chuyển động đoàn tàu. Tính khối lượng đoàn tàu Q . Kiểm tra Q theo điều kiện hạn chế.

Chương 2. Bình đồ, trắc dọc ĐS

5. Các yếu tố đường cong, ưu nhược điểm của đường cong bán kính nhỏ. Yêu cầu về đoạn thẳng giữa các đoạn cong. Xác định góc quay nhỏ nhất.
6. Các dốc giới hạn (dốc hạn chế, cân bằng, gia cường, quán tính): điều kiện sử dụng, định nghĩa và công thức tính. Dốc quán tính khác các dốc giới hạn khác ở điểm nào.
7. Các dốc thiết kế (dốc vận doanh). Các cách nối 2 yếu tố trắc dọc.
8. Mục đích, phân loại, nội dung và nguyên tắc phân bố điểm phân giới. Yêu cầu về bình đồ và trắc dọc tại điểm phân giới. Xác định chiều dài ga.
9. Cách bố trí điểm đổi dốc theo bình đồ và công trình nhân tạo. Cách thiết kế bình đồ và trắc dọc khi gặp ĐS cũ, đường ô tô, cầu, hầm.
10. Cách thiết kế trắc dọc đảm bảo tàu chạy an toàn (không bị đứt móc tại điểm đổi dốc). Cách thiết kế trắc dọc đảm bảo tàu chạy liên tục khi qua đường cong, qua hầm, trước khi vào ga,

Chương 3. Vạch tuyến

11. Nêu nhiệm vụ vạch tuyến và các phương án về hướng tuyến.
12. Phân loại cách vạch tuyến, vạch tuyến tự do, vạch tuyến khó khăn.
13. Đặc điểm vạch tuyến theo những điều kiện địa thế và địa chất khác nhau, vạch tuyến qua sông.

Phần II. Kết cấu tầng trên ĐS

Chương 1. Cấu tạo kiến trúc tầng trên

14. Ray: Vẽ hình, công dụng, yêu cầu, hình dáng, kích thước.
15. Phụ tùng nối ray với ray, giữ ray với tà vẹt: Vẽ hình, cấu tạo, ưu nhược điểm mỗi loại.
16. Tà vẹt: Vẽ hình, công dụng, yêu cầu, ưu nhược điểm mỗi loại.
17. Lớp đá ba lát : Vẽ hình, công dụng, yêu cầu, vật liệu, mặt cắt ngang.

Chương 2. Thiết kế đường ray

18. Bánh xe, đôi bánh xe: Vẽ hình, cấu tạo, kích thước.
19. Đường ray trên đường thẳng: Cự ly, độ nghiêng đế ray, mặt ngang đỉnh 2 ray. Vẽ hình.
20. Đường ray trên đường cong: Đặc điểm, các dạng nội tiếp của đầu máy, toa xe có 2 trục, 3 trục, 4 trục trong cự li cố định. Tính cự ly tối ưu, cự ly nhỏ nhất (vẽ hình).
21. Mục đích, tính siêu cao: Đảm bảo 2 ray mòn đều nhau, hành khách đỡ mệt mỏi, ổn định ngang. Cách thực hiện siêu cao theo mặt cắt ngang đường.
22. Đường cong chuyển tiếp: Mục đích, phân tích 5 tính chất, phương trình, chiều dài.
23. Đặt ray ngắn trên đường cong: Mục đích, tính độ rút ngắn của ray bụng so với ray lưng.

Chương 3 . Cấu tạo ghi đơn

24. Vẽ bộ ghi đơn phổ thông rẽ phải cho tàu vào đường thẳng (ghi chú chi tiết).
25. Vẽ bộ ghi đơn phổ thông rẽ phải cho tàu vào đường rẽ. Cấu tạo bộ phận đầu, nối giữa, tâm ghi.

Chương 4 . Khái niệm ĐS không mối nối

26. Ưu nhược điểm của ĐS có mối nối và ĐS không mối nối. Yêu cầu về bình đồ và trắc dọc của ĐS không mối nối. Vẽ sơ đồ nội lực phân biệt đường ray thường, ray dài và ray không mối nối.
27. Thành lập công thức tính ứng suất nhiệt δ_T , lực nhiệt độ P_T trong ray không mối nối.

Phạm vi sử dụng

Giáo trình "Công trình đường sắt" tập 1 "Tuyến đường sắt, kết cấu tầng trên đường sắt và nền đường sắt" nhằm phục vụ sinh viên các ngành đường ô tô, cầu hầm, kinh tế xây dựng, khai thác vận tải sắt và các ngành khác liên quan đến giao thông vận tải.