

ĐỒ BẢ CHƯƠNG

THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ

TẬP MỘT



GS. TS. ĐỒ BÁ CHUÔNG

THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ

TẬP MỘT

*(Tái bản lần thứ sáu, có sửa chữa bổ sung
theo TCVN 5729 : 1997 và TCVN 4054 : 1998)*

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

LỜI NÓI ĐẦU

Quyển "Thiết kế đường ôtô. Tập Một" được Nhà xuất bản Giáo dục in năm 1996 và liên tục tái bản vào các năm 1997 và 1998. Được sự hoan nghênh đó của độc giả là do tác giả đã thừa hưởng được các văn bản, tư liệu của Bộ môn Đường ôtô, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội trong 40 năm qua và do nhu cầu cần thiết thực sự của đông đảo độc giả trong cả nước.

Để tiếp thu các tiến bộ khoa học kỹ thuật, nhất là sau khi Nhà nước ban hành Tiêu chuẩn Nhà nước - "TCVN 4054 : 1998" ngày 16/12/1998, với nhiều tư tưởng khoa học tiến bộ, việc viết lại quyển giáo trình này là rất cần thiết.

Vì vậy, lần xuất bản này tác giả một mặt có nhiệm vụ biên soạn lại để nội dung sát với yêu cầu giảng dạy của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, giúp sinh viên ngành cầu đường trong cả nước có một giáo trình thích hợp, cung cấp đủ các kiến thức khoa học rất cơ bản, đồng thời rất tinh giản để thích hợp với số giờ quy định, mặt khác còn có nhiệm vụ cập nhật hóa với các văn bản có tính chất pháp luật, cơ bản là hai tiêu chuẩn Nhà nước - "TCVN 4054 : 1998" "TCVN 5729 : 1997" và với các tiến bộ khoa học kỹ thuật mới.

Tác giả mong nhận được các nhận xét của bạn đọc về tính su phạm cũng như tính khoa học của quyển sách để hoàn chỉnh cho các lần xuất bản sau. Các nhận xét xin gửi về Nhà xuất bản Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội, hoặc Bộ môn Đường ôtô, Trường Đại học Xây dựng - 5 Đường Giải Phóng, Hà Nội.

Cuối cùng, tác giả xin cảm ơn PGS. Vũ Đình Phụng, chủ nhiệm Bộ môn Đường ôtô, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, đã đọc bản thảo và góp nhiều ý kiến quý báu.

TÁC GIẢ

CHƯƠNG 1

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG Ô TÔ

1.1. VẬN TẢI, MỘT NGÀNH KINH TẾ QUỐC DÂN QUAN TRỌNG

Trong nền kinh tế quốc dân, vận tải là một ngành kinh tế đặc biệt và quan trọng. Nó có mục đích vận chuyển hàng hóa từ nơi này đến nơi khác. Trong quá trình sản xuất, nó không làm tăng giá trị sử dụng của hàng hóa tuy nhiên tầm quan trọng của nó dễ nhận thấy trong mọi ngành kinh tế. Nó cung cấp nguyên liệu, nhiên liệu cho mọi nhà máy. Nó vận chuyển vật liệu xây dựng, máy móc tới để xây lắp nhà máy. Trong quá trình sản xuất, cũng lại cần vận chuyển từ phân xưởng tới phân xưởng, tới kho. Ngày nay khi sản xuất hàng hóa cần liên kết nhiều nước (ví dụ như chiếc xe Ford Escort là sản phẩm chung của 15 nước) thì quá trình vận tải lại càng quan trọng. Cuối cùng khâu phân phối tới tay người tiêu dùng cũng lại phải nhờ tới vận tải.

Về tầm quan trọng của vận tải trong các lĩnh vực chính trị, hành chính, quốc phòng, văn hóa và du lịch, các độc giả có thể tự mình phân tích và sẽ thấy tầm quan trọng của vận tải trong suốt mọi thời đại, mọi chế độ, mọi nền văn minh trên mọi nơi của hành tinh này.

1.2. CÁC HÌNH THỨC VẬN TẢI

Ngành vận tải tiến hành nhờ các hình thức sau đây : vận tải thủy, vận tải hàng không, vận tải đường sắt, vận tải đường bộ.

1.2.1. Vận tải thủy

Gồm cả vận tải sông và vận tải biển. Ưu điểm chính của loại hình này là tiết kiệm được năng lượng vận chuyển. Số nhiên liệu để chuyển 1 tấn hàng chỉ bằng 1% so với vận tải hàng không nên giá cước rất rẻ. Tiến đầu tư chủ yếu vào tàu bè và bến cảng. Loại hình này phụ thuộc nhiều vào thời tiết. Tốc độ vận chuyển chậm nên thường thường vận chuyển các loại hàng cồng kềnh như dầu lửa, máy móc, ngũ cốc... Tổng lượng hàng hóa vận chuyển ở nước ta bằng đường thủy tăng đều. 1950 : 0,5 tỉ tấn.km ; 1960 : 1 tỉ tấn.km ; 1973 : 3 tỉ tấn.km và năm 2000 : đường sông đã vận chuyển được 3,9 tỉ tấn.km và đường biển là 32,2 tỉ tấn.km.

1.2.2. Vận tải hàng không

Ưu điểm trông thấy của vận tải hàng không là tốc độ cao (tốc độ lữ hành khoảng 900 km/h) nên tiết kiệm thời gian vận chuyển. Ngành vận tải này thực sự phát triển sau đại chiến II, trải qua nhiều cải tiến trong công nghiệp nên giá vé giảm nhiều, an toàn tăng và rất tiện nghi nên lượng hành khách tăng lên nhanh chóng. Năm 1987 thế giới đã vượt con số 1 tỉ hành khách/năm ; năm 1994 Việt Nam đã vận chuyển 1,2 triệu hành khách ; năm 1996 là 2,78 triệu hành khách, đạt tới tỷ lệ đảm nhận 0,44% tổng khối lượng hành khách. Lượng hàng vận chuyển cũng tăng đều. Theo thống kê của Mỹ, 1955 vận chuyển 0,7 tỉ tấn.km ; 1970 : 5,1 tỉ tấn.km ; 12 tỉ tấn.km.

1.2.3. Vận tải đường sắt

Tốc độ vận chuyển trên đường sắt khá cao, tới 100 km/h với tàu thường và gần 300 km/h với tàu cao tốc và giá cước hợp lí nên vận chuyển một số lượng hàng hóa và hành khách rất lớn.

Trên thế giới, mạng lưới đường sắt có ước 1.300.000 km. Khổ đường hầu hết là 1,435 m, trừ ở Liên Xô cũ là 1,524 m và Tây Ban Nha, Bồ Đào Nha 1,676 m. Nhiều nơi dùng ray hàn để tàu chạy êm. Sức kéo phần lớn dùng diesel và sức kéo điện, đầu tàu hơi nước hầu như đã loại bỏ. Hàng hóa chủ yếu là các hàng cồng kềnh : nguyên liệu, nhiên liệu, ngũ cốc, sản phẩm hóa học, dầu lửa. Về kĩ thuật vận tải, hiện dùng nhiều công-te-nơ và semi-rơmoóc để tiện chuyển tải. Về vận chuyển hành khách, đường sắt đã mất độc quyền từ sau 1925 do sự cạnh tranh của đường bộ và đường không nhưng lượng vận chuyển vẫn còn rất lớn.

Trong thập niên vừa qua, đường sắt Việt Nam không có phát triển đặc biệt và chiếm khoảng trên dưới 5% lượng vận chuyển.

1.2.4. Vận tải đường bộ

Vận tải đường bộ, chủ yếu là đường ô tô, là một bộ phận rất quan trọng của ngành vận tải. Nó có các đặc điểm sau :

- Có tính cơ động cao, vận chuyển trực tiếp không cần qua các phương tiện chuyển tải trung gian.

- Đường ô tô đòi hỏi đầu tư ít vốn hơn đường sắt, độ dốc dọc lớn hơn nên đi được tới các nơi địa hình hiểm trở. Vì vậy về mặt chính trị, quốc phòng đây là một ngành vận tải rất quan trọng.

- Tốc độ vận tải khá lớn, nhanh hơn đường thủy, tương đương đường sắt, trên đường cao tốc có thể chạy trên 100 km/h nên trên các cự ly ngắn nó có thể cạnh tranh với hàng không.

- Cước phí vận chuyển trên đường bộ rẻ nhiều so với hàng không nên lượng hành khách và hàng hóa thường chiếm 80 - 90% về khối lượng hàng và 59 - 70% về khối lượng vận chuyển. Ở nước ta hai con số này là 50% và gần 90%.

- Nhược điểm chủ yếu của vận tải ô tô là tai nạn giao thông cao. Hàng năm trên thế giới có khoảng 25 vạn người chết vì tai nạn giao thông đường bộ. Ở nước

ta năm 1993 con số này là 4140 người chết và 11.850 người bị thương. Các nước phát triển có nhiều biện pháp và đã phòng chống có hiệu quả tai nạn giao thông đường bộ nhưng đáng tiếc là ở các nước đang phát triển, con số này không ngừng tăng lên.

Ở Việt Nam những năm qua, đường bộ là trọng tâm phát triển của nước ta, số hàng vận tải bằng đường bộ từ 1991 đến 1996 tăng 160%, nhưng về mặt tổng khối lượng cũng chiếm không quá 10%. Năm 2000, lượng vận chuyển hàng hóa qua đường bộ là 5,2 tỉ tấn.km, hành khách 20,8 tỉ hành khách.km.

Bảng 1-1

**Ước tính chi phí vận chuyển (đôla/tấn.km)
theo các hình thức vận tải**

(theo tài liệu chưa công bố của E.G. Young. GS trường đại học Illinois)

Hình thức vận tải	Công suất tấn.km/ngđ	Chi phí chi tiết đôla/ngđ	Chi phí tổng cộng đôla/ngđ	Chi phí theo đôla/tấn.km
Trên lưng người 50 kg.32 km	1,6	0,01 a 0,00 b 0,00 c 0,20 d	0,021	0,125
Trên lưng ngựa 100 kg.64km	6,4	0,02 a 0,20 b 0,01 c 0,40 d	0,63	0,0987
Sức kéo súc vật 200 kg.32km	6,4	0,04 a 0,02 b 0,01 c 0,30 d	0,37	0,0581
Xe tải 10 tấn.384 km	6144	2,40 a 30,60 b 1,50 c 20,00 d	54,56	0,01437
Tàu hỏa	128000	111,74 a 424,38 b 180,00 c 63,92 d	780,04	0,00625
a - tiền bảo trì và khai thác, không kể khấu hao b - tiền nhiên liệu, dầu mỡ, nước... c - tiền đầu tư xe cộ (khấu hao) d - chi phí trực tiếp cho thao tác.				

1.3. XE TRÊN ĐƯỜNG Ô TÔ

Người thiết kế phải hiểu về xe cộ trên đường. Trên đường cao tốc chỉ cho phép xe ô tô lưu thông, nhưng trên đường ô tô, theo tiêu chuẩn TCVN 4054 : 1998 tất cả các loại xe, trừ xe bánh xích, được phép lưu thông trên đường. Chủ yếu là ô tô các loại, sau đó là xe máy, xe đạp, bộ hành.

1.3.1. Xe ô tô

Sản lượng ô tô trên thế giới không ngừng tăng nhanh, trong 27 năm (từ 1960 tới 1987), số xe con tăng từ 88 triệu lên 393,7 triệu cái, xe tải từ 19,5 triệu lên 121,7 triệu cái. Tỷ lệ xe trên một đầu dân ở Trung Quốc là 9550 người dân một xe, ở Nam Tư là 8, ở Mỹ, Đức, Thụy Sĩ là 2 - 3 người dân một xe.

Vì ô tô được chế tạo ở nhiều nước, trong nhiều hãng nên cần phải có sự thống nhất về kích thước, trọng tải... Ngày 19 tháng 9 năm 1949 người ta đã thống nhất một Công ước về giao thông tại Genève, đề ra các nguyên tắc chủ yếu nhưng vẫn cho phép từng quốc gia có quy định riêng không vượt qua khuôn khổ của Công ước.

Luật đường bộ nước Pháp quy định tổng trọng tải không vượt quá 19 tấn với xe 2 trục, 26 tấn với xe 3 trục. Trục nặng nhất không vượt quá 13 tấn. Nhiều bang ở Mỹ quy định trục nặng nhất không vượt quá 8,2 tấn. Như vậy là cùng một lưu lượng nhưng xe Pháp sẽ làm hại đường hơn xe Mỹ. Áp lực hơi trong săm không vượt quá 2,5 bar với xe con và 8 bar với xe tải.

Về kích thước hình học, xe tiêu chuẩn của Pháp là :

	Chiều dài	Chiều rộng
Xe con	5,00 m	1,80 m
Xe tải	11,00 m	2,50 m
Xe móc tỳ (sơ mi rơmoóc)	15,00 m	2,50 m

Xe tiêu chuẩn của Mỹ theo quy định của AASHTO

	Ký hiệu	Chiều dài	Chiều rộng	Chiều cao
Xe con	P	5,70 m	2,1 m	1,20 m
Xe tải đơn	SU	9,00 m	2,60 m	4,05 m
Xe móc tỳ loại trung	WB-40	15,00 m	2,60 m	4,05 m
Xe móc tỳ lớn	WB-50	16,50 m	2,60 m	4,05 m

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4054 : 1998 quy định các kích thước của xe thiết kế Việt Nam. Quy định này có giá trị cả với các xe trên đường cao tốc. Ngoài các quy định theo đúng Công ước Genève 1949, xe thiết kế của nước ta rất gần với kích thước các xe thiết kế của Nhật và Trung Quốc.

Bảng 1-2

Các kích thước của các xe thiết kế
(Đơn vị tính bằng mét)

Loại xe	Chiều dài toàn xe	Chiều rộng phủ bì	Chiều cao	Nhô về phía trước	Nhô về phía sau	Khoảng cách giữa các trục xe
Xe con	6,00	1,80	2,00	0,80	1,40	3,80
Xe tải	12,00	2,50	4,00	1,50	4,00	6,50
Xe móc tỳ	16,00	2,50	4,00	1,20	2,00	4,00 + 8,80

1.3.2. Xe hai bánh

Xe đạp là loại hình giao thông thuận lợi vì đầu tư không cao, hợp sinh thái, tiện lợi nên nhiều nước có số xe trên đầu dân khá cao. Stöckholm (Thụy Điển) 2,1 ; Copenhagơ (Đan Mạch) 1,8 ; Zurich (Thụy Sĩ) 4,2 ; Paris (Pháp) 6,3. Ở Hà Nội số xe trên 1000 dân tăng đều 1955 : 143 ; 1960 : 256 ; 1965 : 344 ; 1970 : 461 ; 1975 : 458 ; 1980 : 529 và từ đó giảm dần để thay bằng xe máy. Xe đạp ở nước ta có chiều dài khoảng 1,80 m, chiều rộng 0,80 m tốc độ trung bình trong thành phố khoảng 12,00 km/h. Lượng xe đạp trong các thành phố rất đông gây trở ngại cho giao thông nên đã có nhiều tác giả đề tâm nghiên cứu ảnh hưởng của xe đạp tới các chỉ tiêu kỹ thuật của đường. Trên đường quốc lộ, lượng xe đạp có giảm phụng tai nạn giao thông lại rất lớn.

Xe máy là phương tiện giao thông rất linh hoạt, giá mua không quá cao nên rất phát triển và dần thay thế xe đạp. Tính đến hết năm 1993, Bộ Nội vụ nước ta đã quản lý trên 2,4 triệu mô tô xe máy. Loại hình này có tốc độ khá cao, đội ngũ người điều khiển ít được huấn luyện đầy đủ nên là thành phần gây nhiều tai nạn nhất (36,68% theo số liệu từ 1986 - 1992). Năm 2000 và 2001, lượng xe máy nhập khẩu và lắp ráp quá lớn gây trở ngại rất nhiều cho giao thông đô thị, nhất là ở Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.

1.3.3. Các loại xe khác

Trong thành phố, chúng ta còn có nhiều loại xe như xe lam, bông sen, xích lô... Ở đường ngoài thành phố còn có các loại máy nông nghiệp, xe súc vật kéo. Những loại hình này rất trở ngại cho dòng xe, gây nhiều tai nạn, cản lưu thông trên các đường cao tốc. Ở nhiều khu vực đô thị đã có lệnh cấm các loại xe này.

1.4. ĐƯỜNG Ô TÔ

Đường ô tô là tổng hợp các công trình, các trang thiết bị nhằm phục vụ cho giao thông trên đường. Một con đường thường thể hiện trên ba bản vẽ cơ bản : bình đồ, mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.

Tuyến đường là đường nối giữa các điểm tim đường (các điểm nằm giữa nền đường hoặc giữa phần xe chạy). Vì phải tránh các chướng ngại vật, tuyến đường gồm nhiều đoạn thẳng, chuyển hướng ở các đỉnh. Ở các chỗ chuyển hướng, để đảm bảo xe chạy êm thuận, người ta phải nối tiếp bằng các đường cong tròn.

Bình đồ là hình chiếu bằng của tuyến đường trên địa hình. Ngoài các yếu tố địa hình, biểu diễn chủ yếu bằng các đường đồng mức, tuyến đường xác định nhờ các yếu tố sau :

- Điểm xuất phát, điểm tới và các điểm chuyển hướng (các điểm đỉnh) ;
- Các góc ngoặt $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \dots$ ở các chỗ đổi hướng tuyến ;
- Chiều dài và góc phương vị các đoạn thẳng ;
- Các yếu tố đường cong gồm có góc ngoặt (góc chuyển hướng) α , bán kính đường cong R, chiều dài đường tiếp tuyến T, phân cự p ;
- Các cọc lý trình : cọc Hm (100 m) và cọc Km (1000 m), các vị trí công trình cấu công...

Mặt cắt dọc là mặt cắt thẳng đứng theo dọc tuyến đường đã duỗi thẳng. Mặt cắt dọc thường được vẽ với tỉ lệ chiều đứng gấp 10 lần chiều dài. Cao độ tự nhiên thể hiện trên mặt cắt dọc theo thói quen bằng mực đen nên được gọi là *đường đen*. Cao độ thiết kế được thể hiện bằng màu đỏ và cũng được gọi là *đường đỏ*. Đường đỏ có thể thể hiện điểm tim đường hoặc điểm mép nền đường với đường cấp cao nên cần có ghi chú. Trên mặt cắt dọc, các độ dốc thể hiện bằng các đường thẳng và các chỗ đổi dốc cũng nối bằng các đường cong đứng lồi hoặc lõm để cho xe chạy êm thuận.

Đường đỏ xác định bằng :

- Cao độ thiết kế điểm đầu và điểm cuối
- Độ dốc dọc (phần trăm hay phần nghìn) và chiều dài các đoạn dốc.
- Đường cong đứng lồi và lõm tại các chỗ đổi dốc và các yếu tố của nó.
- Cao độ thiết kế (cao độ đỏ) của các điểm trung gian, các điểm có công trình, các điểm thay đổi địa hình, các điểm lí trình.
- Căn cứ vào cao độ đỏ và cao độ đen, xác định các cao độ đào và cao độ đắp.

Mặt cắt ngang là hình chiếu các yếu tố của đường trên mặt chiếu thẳng góc với tim đường. Trên mặt cắt ngang, mặt đất tự nhiên cũng thể hiện bằng màu đen. Các yếu tố thiết kế trên mặt cắt ngang là :

- Bề rộng phần xe chạy : bộ phận tăng cường chịu tác dụng trực tiếp của xe chạy ;
- Bề rộng nền đường : bộ phận chống đỡ, đảm bảo cường độ của phần xe chạy ;
- Các rãnh biên (sát nền đường) để thoát nước dọc tuyến ;
- Mái dốc (còn gọi là taluy) và độ dốc taluy ;
- Lề đường : diện tích còn lại hai bên phần xe chạy để tăng an toàn và để đỗ xe tạm thời.

Trên đường cao tốc, phần xe chạy được chia riêng biệt theo các chiều xe để tăng cường an toàn và phân cách nhau bằng *dải phân cách*. Phần lề đường có một diện tích được gia cố và định hướng bằng *dải định hướng* (một vạch sơn trắng hay vàng rộng 20 cm).

Theo vị trí tương quan giữa đường đỏ và mặt đất tự nhiên, ta có thể có các mặt cắt ngang đào, mặt cắt ngang đắp hoặc nửa đào nửa đắp.

1.5. MẠNG LƯỚI ĐƯỜNG Ô TÔ VÀ CẤP HẠNG KÍ THUẬT CỦA ĐƯỜNG

Trải qua quá trình đấu tranh và xây dựng, nước ta đã hình thành một mạng lưới đường nối liền các trung tâm giao thông của đất nước. Một mạng lưới đường tốt là mạng lưới có hình dạng phù hợp với các hướng vận chuyển hành khách và hàng hóa chủ yếu. Sau đó trình độ trang bị của từng tuyến phải đáp ứng nhu cầu vận chuyển đặt ra cho nó.

Mức độ phát triển mạng lưới đường ô tô được đánh giá bằng các chỉ tiêu sau :

- Mật độ đường trên 1000 km^2 diện tích lãnh thổ. Ở các nước phát triển, chỉ tiêu này là $250 + 1000 \text{ km}$, ở các nước đang phát triển là $100 + 250 \text{ km}$, ở các nước chậm phát triển là dưới 100 km trên 1000 km^2 .

- Chiều dài đường trên 1000 dân. Được xem ở mức trung bình khi đạt $3 + 5 \text{ km}$ đường có lớp mặt cấp cao/1000 dân.

- Chiều dài đường trên 1 phương tiện giao thông. Lưới đường xem như đủ nếu đạt trên 50 m đường cho một ô tô ; trong phạm vi $20 + 50 \text{ m}$ coi như cân bằng và dưới 20 m coi như còn quá thiếu.

Đường có thể phân loại theo ý nghĩa hành chính, theo nguồn ngân sách đầu tư, duy tu bảo dưỡng v.v... như :

- Hệ thống đường quốc lộ nối các trung tâm kinh tế chính trị giao thông có ý nghĩa toàn quốc. Trong mạng lưới đường quốc lộ nước ta, đường xuyên Việt mang tên quốc lộ 1 là rất quan trọng nối từ Lạng Sơn đến Nam Bộ. Sau đó là quốc lộ 5 nối Hà Nội - Hải Phòng. Hai quốc lộ đã được cải tạo, nâng cấp xong thích hợp cho nhu cầu vận tải trong giai đoạn mới.

- Hệ thống đường địa phương (tỉnh lộ, huyện lộ,...) nối liền các trung tâm kinh tế có tính chất địa phương như tỉnh, huyện, xã v.v...

Theo tiêu chuẩn Việt Nam, đường ô tô được phân ra 2 loại :

- Đường cao tốc : đường chuyên cho ô tô chạy, có 2 phần xe chạy riêng biệt (mỗi chiều ít nhất có 2 làn xe) trong đó lại chia ra :

đường cao tốc loại A : tất cả các nút giao thông trên đường đều là khác mức.

đường cao tốc loại B : cho phép một số nút giao thông trên tuyến được phép giao bằng.

- Đường ô tô : dùng chung cho tất cả các loại phương tiện giao thông, trừ xe xích.

Đường ô tô và đường cao tốc được phân ra các cấp tùy theo chức năng của con đường, theo địa hình như chỉ dẫn trong bảng 1-3.

Bảng 1-3

Bảng phân cấp kỹ thuật đường ô tô

Loại đường	Đường cao tốc loại A			Đường cao tốc loại B			Đường ô tô			
Tên cấp	120	100	80	100	80	60	80	60	40	20
Tốc độ tính toán km/h	120	100	80	100	80	60	80	60	40	20
Ứng với lưu lượng tính toán tương lai 20 năm (xe con quy đổi/ngày đêm)	20000 + 30000			10000 + 15000			≥ 3000	≥ 900	≥ 150	< 150

Tốc độ tính toán : theo định nghĩa của 2 tiêu chuẩn trên là tốc độ để tính toán các chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu của đường trong trường hợp hạn chế.

Như vậy khi không gặp khó khăn, người kỹ sư phải hết sức nâng cao chất lượng của tuyến, theo kinh nghiệm của Cộng hòa Pháp tốc độ xe chạy thực tế sẽ gấp từ 1,0 lần đến 1,6 lần tốc độ tính toán.

Bảng 1-4

Bảng phân cấp hạng kỹ thuật theo chức năng của đường và theo địa hình

Chức năng của đường	Địa hình		
	Đồng bằng	Đồi	Núi
Trục giao thông quốc gia rất quan trọng	Cao tốc A cấp 100 ; 120 Cao tốc B cấp 80 ; 100		Cao tốc A cấp 80 Cao tốc B cấp 60
Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa lớn	Đường ô tô cấp 60, 80		Đường ô tô cấp 60
Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa của địa phương với nhau với đường trục ô tô hay đường cao tốc	Đường ô tô cấp 60 ; 80	Đường ô tô cấp 40 ; 60	Đường ô tô cấp 20 ; 40
Đường nối các điểm lập hàng, các khu dân cư	Đường ô tô cấp 40	Đường ô tô cấp 40 ; 20	Đường ô tô cấp 20

Việc phân địa hình căn cứ vào dốc ngang phổ biến như sau : đồng bằng < 10% ; đồi từ 10 đến 25% ; núi > 25%.

Các cấp kỹ thuật phải có một chiều dài tối thiểu, với các cấp đường cao tốc và các đường ô tô cấp 80, cấp 60 phải dài trên 10 km ; cấp 40 và cấp 20 chiều dài tối thiểu là 5 km. Các đoạn kế nhau, tốc độ tính toán không được chênh nhau quá 20 km/h.

Đường còn được phân chia theo cấp hạng quản lý, để quản lý vốn đầu tư, lập kế hoạch xây dựng và kế hoạch quản lý khai thác như bảng 1-5.

Bảng 1-5

Các cấp quản lý của đường ô tô

Cấp quản lý	Cấp kỹ thuật	Tốc độ tính toán V_{tt} , km/h	Số làn xe yêu cầu	Chức năng chủ yếu của đường
I	Cấp 80 và 60	80 và 60	6	Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa lớn
II			4	
III			2	
IV	Cấp 60 và 40	60 và 40	2	Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa của địa phương với nhau và với đường trục ô tô hay đường cao tốc
V	Cấp 40 và 20	40 và 20	2 hoặc 1	Đường nối các điểm lập hàng, các khu dân cư

1.6. MÔN HỌC THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ

Môn học thiết kế đường ô tô là môn khoa học nghiên cứu các nguyên lý và phương pháp thiết kế tuyến đường và các công trình trên đường (nền đường, mặt đường, cầu cống, các công trình phục vụ khai thác đường và tổ chức giao thông trên đường) để đảm bảo cho đường ô tô thực hiện được các vai trò của nó trong hệ thống giao thông vận tải.

Nội dung chủ yếu của môn thiết kế đường gồm có các phần sau :

- Trên cơ sở phân tích cơ học, để ra các nguyên lý xác định các yếu tố cơ bản của đường trên bình đồ, mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.
- Thiết kế nền đường và các công trình chống đỡ nền đường. Nền đường là công trình trên đất nhằm tạo một bề rộng cho xe chạy. Nền đường phải ổn định và bền vững dưới tác dụng của xe cộ và thiên nhiên. Các nguyên lý về cơ học đất, địa chất công trình được vận dụng ở đây làm cơ sở cho tính ổn định nền đường.
- Thiết kế mặt đường nhằm thiết kế và cấu tạo hợp lý mặt đường dưới tác dụng trực tiếp của xe cộ và các nhân tố thiên nhiên được ổn định bền vững, kinh tế và có chất lượng phục vụ cao.
- Tính toán xác định khẩu độ cầu cống và quy hoạch bố trí các công trình thoát nước ngầm và nước mặt ra xa nền đường nhằm đảm bảo cho nền đường khô ráo, có cường độ cao. Vấn đề này được giải quyết dựa trên các kiến thức của các môn học thủy văn, thủy lực, cơ học đất và địa chất công trình.
- Thiết kế đường trục, thiết kế các nút giao thông và thiết kế quy hoạch lưới đường.
- Thiết kế các công trình phục vụ khai thác và đảm bảo giao thông trên đường. Đối với đường cao tốc đây là một nội dung quan trọng nhằm nâng cao tính phục vụ và tính hiệu quả của con đường.
- Các phương pháp điều tra, dự báo khối lượng vận chuyển trong tương lai để có thể chọn được một phương án tuyến đường tốt nhất trên cơ sở vững chắc là phân tích, luận chứng kinh tế kỹ thuật. Các vấn đề này phải giải quyết trên cơ sở lý thuyết dự báo, toán học thống kê và kinh tế đường.
- Các phương pháp khảo sát và thiết kế đường ở hiện trường, trong văn phòng, các phương pháp khảo sát trên các vùng địa hình khác nhau, các phương pháp thiết kế nhanh, trên các vùng không có bản đồ địa hình.

Trước đây người ta thiết kế đường cho đối tượng chủ yếu là một chiếc xe đơn. Những thập niên gần đây, lượng xe trên đường rất nhiều nên các xe trong dòng có ảnh hưởng lẫn nhau. Người ta phải khảo sát các quy luật của dòng xe và đường ; muốn phục vụ có hiệu quả thì phải tính đến tính chất của dòng xe. Ngoài ra, đường là một yếu tố trong một hệ thống vận tải, bao gồm các yếu tố chủ yếu. Đó là quan hệ : XE - CON ĐƯỜNG - NGƯỜI LÁI trong một môi trường nhất định. Khi nghiên cứu từng quan hệ bộ đôi ta không quên mối quan hệ phức tạp nói trên.

Tính chất của môn học như vậy nên khi nghiên cứu cần có một quan điểm tổng hợp, không chỉ nặng về tính toán mà còn quan tâm đến cấu tạo và các biện pháp thực hiện, không chỉ nặng về phân tích cơ học mà còn chú ý phân tích vật lý, tâm sinh lý của con người trên đường, không chỉ chú trọng kỹ thuật mà còn nghiên cứu xã hội học về người sử dụng đường, không chỉ để ý đến con đường mà còn ảnh hưởng của con đường tới môi trường và ngược lại. Luôn luôn đảm bảo cho con đường phục vụ giao thông theo các chỉ tiêu chủ yếu : AN TOÀN - THUẬN LỢI - KINH TẾ.

CHƯƠNG 2

SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA XE TRÊN ĐƯỜNG

Mục tiêu của công tác vận tải là vận chuyển hành khách và hàng hóa với tốc độ mong muốn được an toàn, thuận lợi và kinh tế. Do đó, việc phân tích sự chuyển động của xe trên đường là rất quan trọng. Nó ảnh hưởng đến năng suất vận tải, giá cước, khả năng thông hành, v.v... Trong một hệ vận tải phức tạp, muốn nghiên cứu được, chúng ta phải có nhiều giả thiết để giản hóa vấn đề. Thoạt tiên là giả thiết các xe cách nhau một khoảng đáng kể để không ảnh hưởng lẫn nhau, tức là chúng ta chỉ nghiên cứu một chiếc xe đơn. Sau nữa trình độ nghề nghiệp, tâm sinh lý của lái xe chưa xét ở đây. Chúng ta chỉ xét một hệ đơn giản XE - ĐƯỜNG trong đó XE được coi như một chất điểm, có lực kéo của động cơ để thắng các lực cản trên đường, còn mặt đường được giả thiết bằng phẳng, cứng và không biến dạng.

2.1. LỰC CẢN CỦA XE TRÊN ĐƯỜNG

Trong khi chuyển động, xe chịu các (lực cản) khác nhau : đó là *lực cản lăn*, *lực cản không khí*, *lực cản quán tính* và *lực cản leo dốc*.

2.1.1. Lực cản lăn

Khi xe chạy, tại các điểm tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường, xuất hiện lực cản lăn. Lực này tác dụng ngược chiều chuyển động của xe. Lực cản lăn là một loại ma sát giữa bánh xe và mặt đường, sinh ra do biến dạng của lốp xe và biến dạng của mặt đường làm cản trở xe chạy, do xe bị xung kích và chấn động trên mặt đường không bằng phẳng, do ma sát trong các ổ trục của bánh xe khi chạy. Thực nghiệm chứng tỏ lực cản lăn tỉ lệ thuận với trọng lượng tác dụng trên bánh xe :

$$P_f = f.G \text{ (kG)} \quad (2-1)$$

trong đó : P_f - lực cản lăn, kG ;

G - tải trọng tác dụng trên bánh xe, kG ;

f - hệ số lực cản lăn, không thứ nguyên.

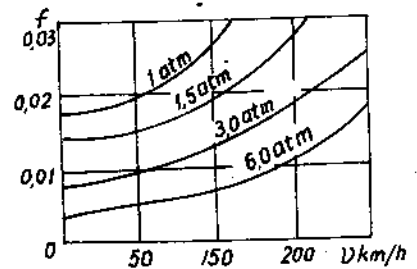
Hệ số lực cản lăn phụ thuộc vào độ cứng của lốp xe, (áp suất hơi càng lớn, bánh xe càng cứng thì hệ số lực cản lăn càng nhỏ) và chủ yếu là biến dạng của mặt đường. Mặt đường càng tốt, ít biến dạng (thí dụ mặt đường bê tông) thì hệ số lực cản lăn càng nhỏ. Trong điều kiện lốp xe cứng, tốt, hệ số lực cản lăn trung bình phụ thuộc loại mặt đường và chất lượng mặt đường như sau :

Bảng 2-1

Hệ số lực cản lăn trung bình f

Loại mặt đường	Hệ số f	Loại mặt đường	Hệ số f
Bê tông xi măng và bê tông nhựa	0,01 - 0,02	Đường đất khô và bằng phẳng	0,04 - 0,05
Đá dăm và sỏi cuội đen	0,02 - 0,025	Đường đất ẩm không bằng phẳng	0,07 - 0,15
Đá dăm trắng	0,03 - 0,05	Đường cát khô rời rạc	0,15 - 0,30
Đường lát đá	0,04 - 0,05		

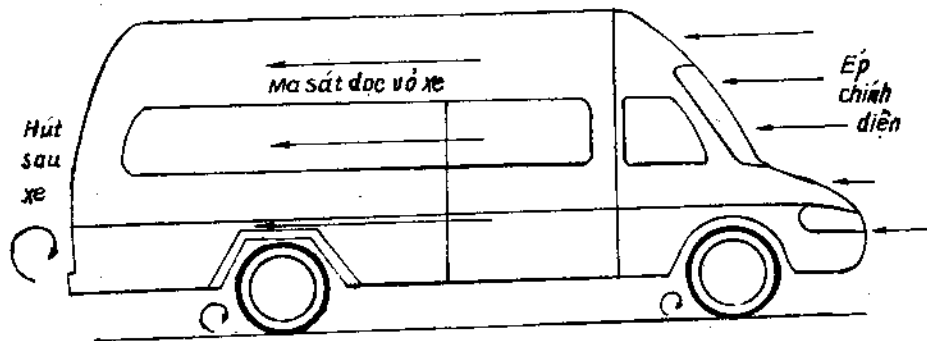
Khi tốc độ của xe cao, trên 50 km/h, thì biến dạng của lốp xe chưa kịp phục hồi đã chịu thêm một lần biến dạng nữa, nên hệ số lực cản lăn tăng cao theo tốc độ xe chạy, xem hình 2-1. Hiện tượng này cần chú ý khi thiết kế đường cao tốc và đường băng của sân bay.



Hình 2-1. Sức cản lăn phụ thuộc tốc độ xe chạy.

2.1.2. Lực cản không khí

Khi xe chạy, có lực cản không khí do bị khối không khí trước xe ép lại, do bị ma sát không khí ở thành xe và bị các khối chân không đằng sau xe hút lại, (hình 2-2).



Hình 2-2. Nguyên nhân sinh ra lực cản không khí.

Lực cản không khí được tính theo công thức sau :

$$P_w = K.F.v^2 \text{ (kG)} \quad (2-2)$$

P_w - lực cản không khí, kG ;

K - hệ số cản không khí, phụ thuộc vào mật độ của không khí, và chủ yếu theo hình dạng xe. Các loại xe có tốc độ cao phải có nghiên cứu khí động học để giảm lực cản này. Trung bình theo thực nghiệm, hệ số K của xe tải : 0,060 ÷ 0,070, xe buýt : 0,04 ÷ 0,06, xe con : 0,025 ÷ 0,035 ;

v - tốc độ tương đối của xe, tức là phải kể cả tốc độ của gió. Trong điều kiện trung bình, coi tốc độ gió bằng không, v là tốc độ của ô tô, m/s.

Trong kĩ thuật quen dùng thứ nguyên km/h ta có :

$$P_w = K.F.V^2/13 \quad (2-3)$$

Khi có kéo móc, hệ số lực cản K tăng lên chừng 25 - 30% so với xe tải đơn, nhưng tốc độ xe chạy chậm nên lực cản không khí của xe kéo móc tăng không đáng kể.

2.1.3. Lực cản leo dốc

Lực cản leo dốc sinh ra khi xe phải khắc phục một cao độ. Giả thiết, xe phải leo một độ cao h trên một chiều dài l , với trọng lượng của xe G , xe phải sản ra một công phụ leo dốc $G.h$ trên chiều dài l . Như vậy, lực cản leo dốc được tính theo công thức :

$$P_i = \frac{G.h}{l} = \pm G.i \quad (2-4)$$

trong đó : i là độ dốc của đường. Độ dốc này mang dấu dương khi leo dốc và dấu âm khi xuống dốc.

2.1.4. Lực cản quán tính

Theo định luật Newton thứ hai, khi có một lực tác dụng lên một hệ cân bằng, vật thể này sẽ có một gia tốc âm hoặc dương. Trong trường hợp này, lực được mang tên lực cản quán tính và có biểu thức :

$$P_j = m.j \text{ (kG)} \quad (2-5)$$

trong đó : m - là khối lượng của xe (G/g) ;
 g - là gia tốc trọng trường ; ($9,81 \text{ m/s}^2$) ;
 j - là gia tốc (dv/dt).

Vì ngoài chuyển động tịnh tiến, xe còn có các chuyển động quay của các bánh xe, trục xe nên (2-5) phải gia thêm một hệ số kể đến quán tính quay $\delta = 1,03 - 1,07$ và công thức (2-5) được viết lại :

$$P_j = \pm \frac{\delta G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \text{ (kG)} \quad (2-6)$$

2.1.5. Lực cản trên đường

Lực cản leo dốc và lực cản quán tính không phải luôn luôn có (trừ phi leo dốc hoặc trừ phi thay đổi tốc độ). Còn lực cản lăn và lực cản không khí luôn có khi xe chạy. Do đó, tổng hai loại lực cản này còn có tên gọi là *lực cản trên đường*. Lực cản trên đường có thể tính theo :

$$P_d = 0,00453 G + 0,000073 GV + 0,000625 CFV^2 \quad (2-7)$$

đối với xe con và xe buýt, hay :

$$P_d = 0,00345 G + 0,0000653 GV + 0,0004756 CFV^2 \quad (2-8)$$

đối với xe tải.

Công thức (2-7) là của Taboret (1957) và (2-8) là của Society of Automotive Engineers công bố (1974) với :

- P_d - lực cản trên đường, là tổng lực cản lăn và lực cản không khí, kG ;
- G - trọng tải của xe (kể cả hàng) kg ;
- V - tốc độ xe chạy, km/h ;
- F - tiết diện cản của xe. Có thể tính $F = 0,8B.H$;
- B - chiều rộng và H là chiều cao của xe, m ;
- C - thông số lực cản không khí, xe con $0,40 \div 0,50$, các xe tải $0,65 \div 0,70$, xe buýt $0,60 \div 0,70$.

2.2. LỰC KÉO CỦA Ô TÔ

Nhiên liệu trong động cơ được chuyển hóa thành một công năng có công suất hiệu dụng N , công suất này tạo nên một mômen tại trục khuỷu của động cơ. Giữa N và M có liên hệ như sau :

$$N = \frac{M.w}{75} \text{ (mã lực)} \quad (2-9)$$

trong đó : w - tốc độ góc của trục khuỷu của động cơ, có liên hệ với số vòng quay của động cơ, n vòng/phút như sau :

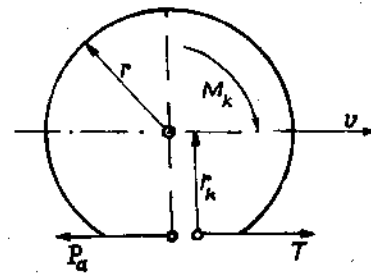
$$w = 2\pi n/60$$

Do vậy, ta thiết lập được quan hệ :

$$M = 716,2 \frac{N}{n} \text{ } kGm \quad (2-10)$$

trong đó : N - công suất, mã lực ;
 w - tốc độ góc của trục khuỷu ;
 n - số vòng quay của trục khuỷu trong một phút.

Mômen quay tại trục khuỷu còn nhỏ và tốc độ quay còn lớn, muốn sử dụng được cần qua hộp số để tạo một mômen kéo đủ lớn M_k ở trục chủ động, mômen này sẽ sản sinh một ngoại lực (lực kéo ở điểm tiếp xúc của bánh xe với mặt đường), bằng về trị số và trái chiều với phản lực của đường T (hình 2-3).



Lực kéo đó tính được :

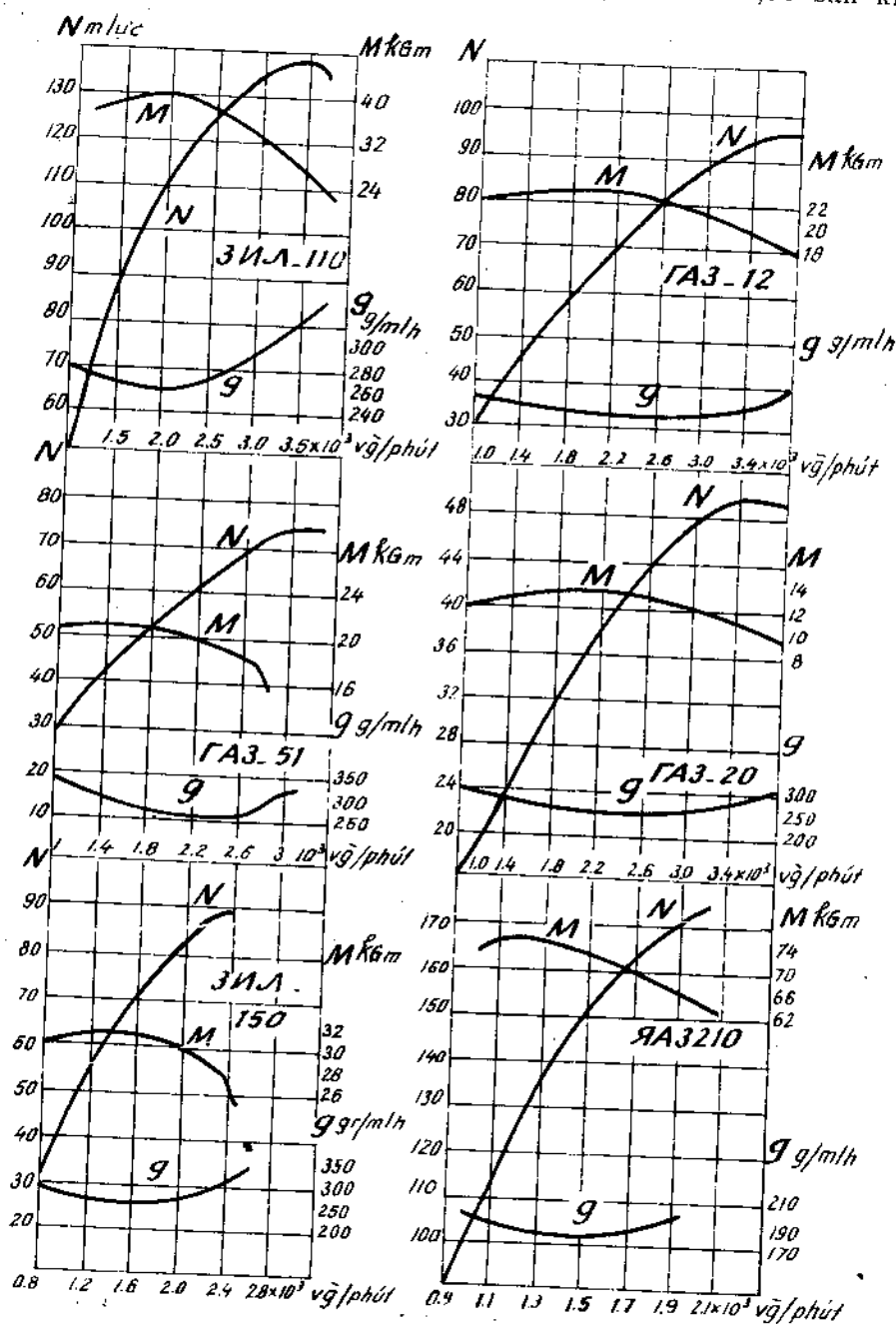
Hình 2-3. Lực kéo tại bánh xe chủ động.

$$P_a = \frac{M_k}{r_k} = \frac{M_k i_o}{r_k} \eta, \text{ } kG \quad (2-11)$$

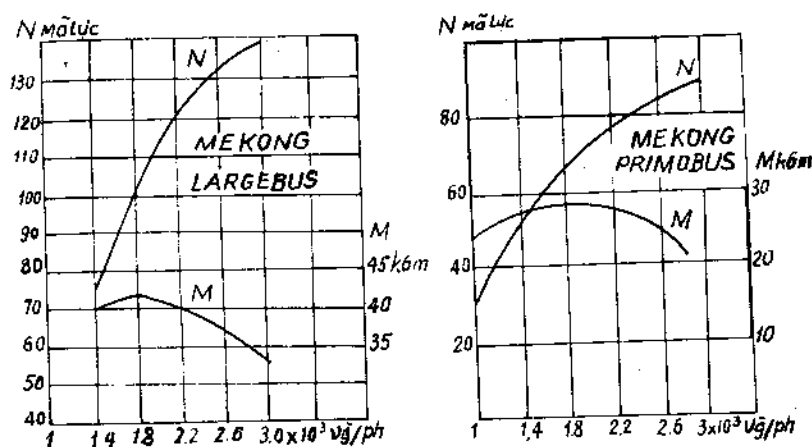
trong đó : M - mômen quay của động cơ, kGm ;
 M_k - mômen quay ở bánh xe chủ động, kGm ;

- i_k - tỉ số truyền động trong hộp số; theo từng số ;
 i_0 - tỉ số truyền động cơ bản, tỉ số này không đổi ;
 r_k - bán kính bánh xe chủ động, kể cả biến dạng ;
 η - hiệu suất truyền động, với xe tải và xe buýt $0,80 \div 0,85$ với xe con $0,85 \div 0,90$.

Bán kính r_k phụ thuộc vào áp lực hơi trong bánh xe, cấu tạo của lốp và tải trọng trên bánh xe, trạng thái mặt đường thường lấy $0,93 \div 0,96$ bán kính chưa biến dạng.



Hình 2-4a. Đường đặc tính ngoài một số ô tô (Liên Xô cũ).



Hình 2-4b. Đường đặc tính ngoài xe buýt Mekong lắp ở Việt Nam.

Gọi n_k là số vòng quay của bánh xe chủ động $n_k = \frac{n}{i_{k1_0}}$, vòng/phút, thì có thể tính được tốc độ V là :

$$V = \frac{2\pi r_k n_k}{60} \cdot 3,6 = 0,377 \frac{r_k n}{i_{k1_0}} \text{ (km/h)} \quad (2-12)$$

Các nhà sản xuất ô tô thường giới thiệu các đặc điểm ưu việt của sản phẩm của mình bằng các đường đặc tính ngoài, đó là đường quan hệ giữa số vòng quay của động cơ (qua biến này có thể tính được tốc độ của xe) với công suất của xe, với mômen trên trục chủ động, và với lượng tiêu hao nhiên liệu. Các thí dụ có thể xem trên hình 2-4a.

2.3. NHÂN TỐ ĐỘNG LỰC VÀ BIỂU ĐỒ NHÂN TỐ ĐỘNG LỰC

Sức kéo sinh ra là để khắc phục tất cả các sức cản đã kể ra trong phần 2.1. Ta có biểu thức :

$$P_a = P_f + P_w \pm G \cdot i + \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (2-13)$$

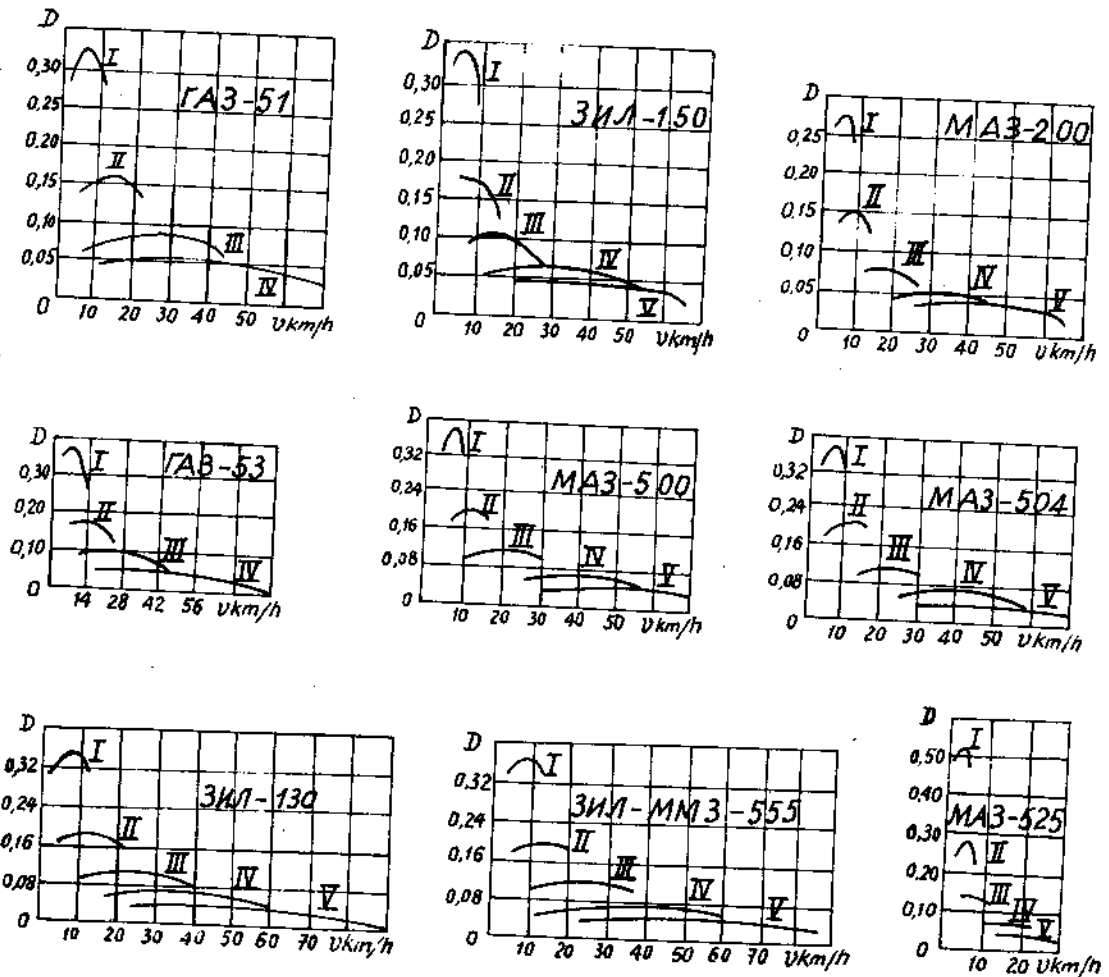
Chuyển sức cản không khí sang vế trái, vế phải thể hiện các đặc tính của đường :

$$P_a - P_w = f \cdot G \pm i \cdot G + \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (2-14)$$

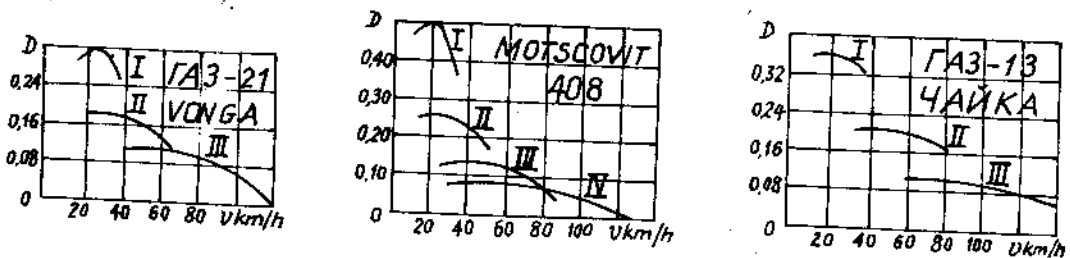
Chia cả hai vế cho G , được $D = \frac{P_a - P_w}{G}$, ta gọi D là nhân tố động lực. Về mặt cơ học, nhân tố động lực có nghĩa là sức kéo trên một đơn vị trọng lượng của xe :

$$D = \frac{P_a - P_w}{G} = f \pm i + \frac{\delta dv}{g \cdot dt} \quad (2-15)$$

Nhân tố động lực từng loại xe, phụ thuộc vào số vòng quay của động cơ. Qua các tỉ số truyền động (xem các công thức 2-11 và 2-12) tính được các trị của D phụ thuộc vào tốc độ xe chạy V đối với từng chuyển số. Quan hệ này được thể hiện bằng biểu đồ nhân tố động lực, (hình 2-5a và 2-5b). Các đường cong này được thiết lập với điều kiện mở hết bướm ga trong động cơ nổ hay mở hoàn toàn bơm nhiên liệu trong động cơ Diesel.



Hình 2-5a. Một số biểu đồ nhân tố động lực xe tải.



Hình 2-5b. Một số biểu đồ nhân tố động lực của xe con.

Với biểu đồ nhân tố động lực ta có thể có các vận dụng hữu ích như sau :

1. *Xác định tốc độ xe chạy đều khi biết tình trạng của đường.* Khi xe chạy với tốc độ đều, gia tốc $\frac{dv}{dt} = 0$, quan hệ (2-15) trở thành $D = f \pm i$. Ở trị số D thích hợp trên tung độ, ta kẻ ngang một đường thẳng song song cắt đường nhân tố động lực ở chuyển số thích hợp, ta sẽ xác định được tốc độ xe chạy đều (cân bằng) V . Chú ý là đường D song song với trục hoành có thể cắt biểu đồ ở 2 điểm, chỉ có điểm bên phải có giá trị ổn định là sử dụng được. Trong thực tế nên cố gắng áp dụng các độ dốc thoải để có tốc độ cân bằng cao và xe ít phải chuyển số, tốn thời gian, máy móc chóng hư và thao tác của lái xe vất vả. Độc giả có thể dễ dàng kiểm chứng là xe Zin-150 chạy trên mặt đường bê tông $f = 0,01$, với độ dốc dọc $0,06$ có tốc độ chạy cân bằng là 40 km/h ở chuyển số IV.

2. *Xác định các điều kiện cần thiết của đường để đảm bảo một tốc độ xe chạy cân bằng yêu cầu.* Từ tốc độ xe chạy cân bằng (vị trí thích hợp trên hoành độ) dựng đường thẳng góc cắt đường nhân tố động lực ở chuyển số thích hợp. Trên loại mặt đường đã biết, hệ số lực cản lăn f , tính được độ dốc tối đa có thể khắc phục được $i = D - f$.

Cũng theo phương pháp này có thể xác định khả năng khởi động ở chân dốc. Muốn khởi động xe phải chạy ở chuyển số I, lúc đó có $D_{\max}$ và tính được gia tốc :

$$\frac{dv}{dt} = [D_{\max} - (f \pm i)] \cdot g/\delta$$

Gia tốc đủ để khởi động được, không nhỏ hơn $1,5 \text{ m/s}^2$.

3. *Xác định chiều dài cần thiết của đoạn gia tốc và giảm tốc.* Xe đang chạy với tốc độ cân bằng v ứng với điều kiện đường $D_1 = f_1 \pm i_1$ sẽ chuyển sang một tốc độ cân bằng mới có gia tốc dv/dt khi có điều kiện mới $D_2 = f_2 \pm i_2$. Vận dụng (2-15) ta sẽ có :

$$\frac{dv}{dt} = [D - (f \pm i)] \cdot g/\delta = [D_1 - D_2] \cdot g/\delta$$

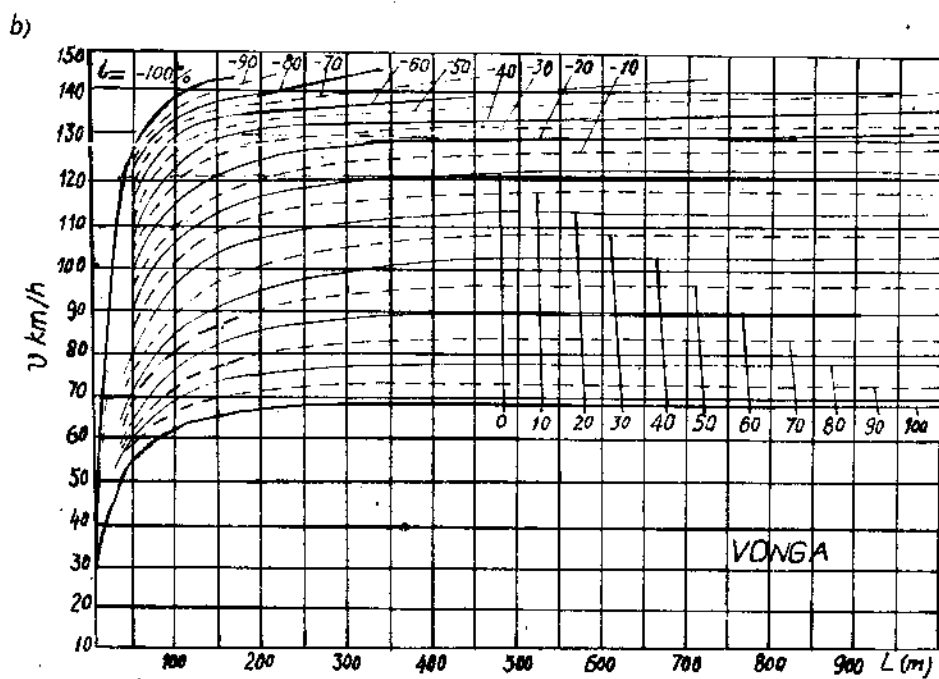
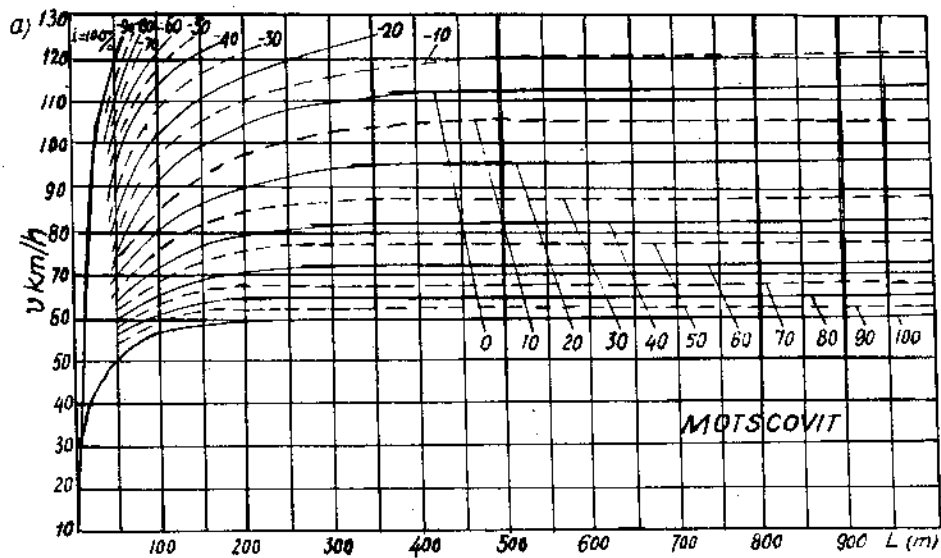
suy ra :

$$ds = vdt = \frac{\delta v dv}{(D_1 - D_2) \cdot g}$$

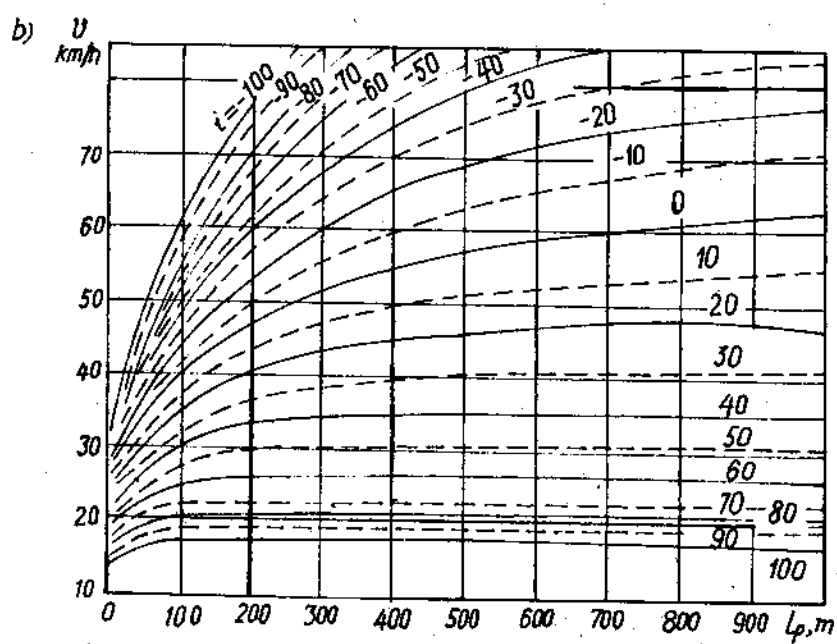
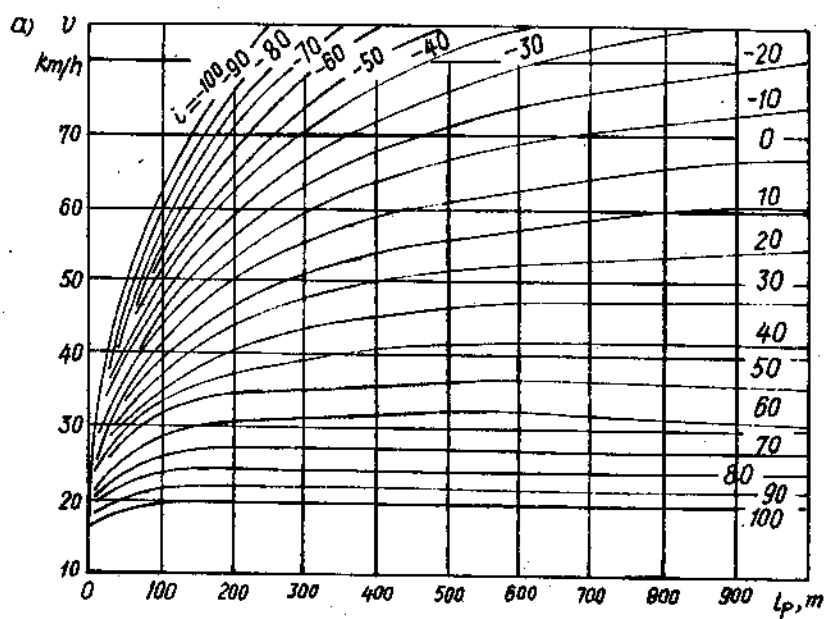
và

$$S = \int_{v_1}^{v_2} ds = \frac{\delta}{g} \int_{v_1}^{v_2} \frac{v \cdot dv}{(D_1 - D_2)} \quad (2-16)$$

Dựa trên những quan hệ này, người ta lập ra biểu đồ các đoạn tăng tốc và giảm tốc, rất thuận tiện để lập biểu đồ tốc độ xe chạy. Chúng tôi giới thiệu cùng độc giả, các đoạn tăng tốc của các xe con Motscovit và Vonga, (hình 2-6), của xe tải Gaz-51 và Zin-150, (hình 2-7).



Hình 2-6. Đoạn tăng tốc của các xe con
a - xe Motscovit ; b - xe Vonga.



Hình 2-7. Đoạn tăng tốc của xe tải
a - xe Gaz-51 ; b - xe Zin-150.

Đối với xe tải điển hình của Mỹ, (loại có trọng tải/lực kéo : 136 kg/mã lực), chúng tôi giới thiệu các quan hệ tốc độ : quãng đường và chiều dài chuyển tốc căn cứ theo AASHTO 1990 trên hình 2-8a và 2-8b.

2.4. LỰC BẮM CỦA BÁNH XE VỚI MẶT ĐƯỜNG

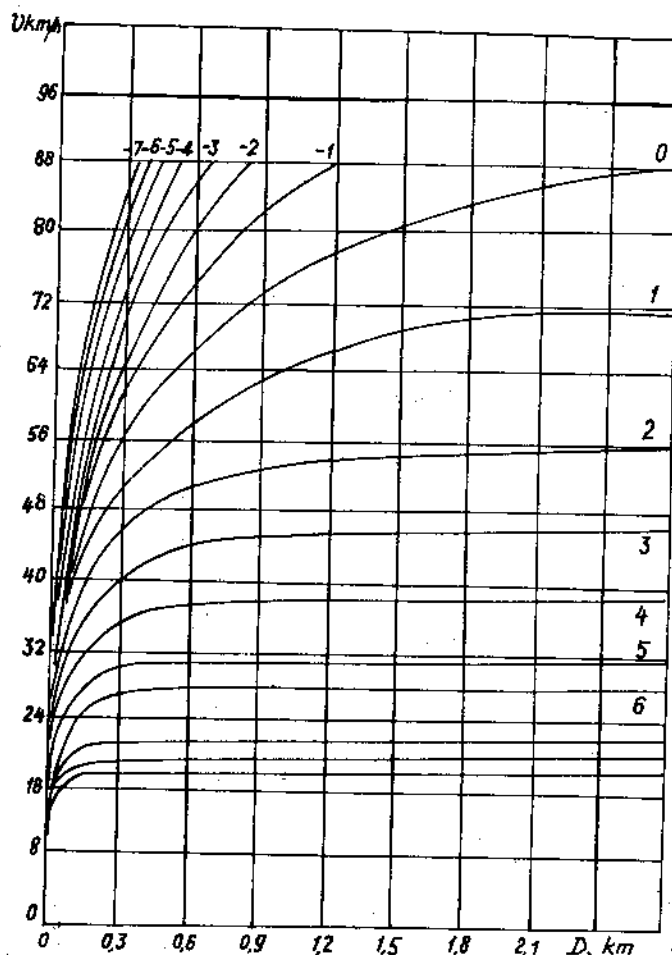
Trở lại hình 2-3, tại điểm tiếp xúc của bánh xe với mặt đường, xe tác dụng lên mặt đường một lực P_a và mặt đường cũng tác dụng lên bánh xe một phản lực T . Phản lực này là rất cần thiết để điểm tiếp xúc trở thành một tâm quay tức thời, lúc đó xe mới chuyển động được. Phản lực T về trị giá cân bằng với lực kéo P_a nhưng ngược chiều chuyển động, ta gọi là *lực bám của bánh xe vào mặt đường*.

Lực T là một lực bị động, khi P_a nhỏ thì T cũng nhỏ, khi P_a lớn thì T cũng lớn theo, nhưng lực bám T không thể tăng lên mãi được ; về mặt vật lí nó không vượt được trị giá giới hạn $T_{\max}$ (gọi là *lực bám lớn nhất*). Nếu sức kéo $P_a > T_{\max}$ thì điểm tiếp xúc không trở thành tâm quay tức thời được và bánh xe sẽ *quay tại chỗ*. Về vật lí, lực bám này chính là lực ma sát giữa bánh xe và mặt đường, nó là một điều kiện quan trọng để thể hiện được lực kéo (để xe có thể chạy được) và khi hãm xe cũng chính nó lại trở thành lực cản để xe có thể dừng lại được. Vì vậy nó rất quan trọng trên phương diện chuyển động cũng như về an toàn.

Lực bám lớn nhất tỉ lệ thuận với trọng lượng tác dụng trên bánh xe chủ động G_k :

$$T_{\max} = \varphi \cdot G_k \text{ (kG)} \quad (2-17)$$

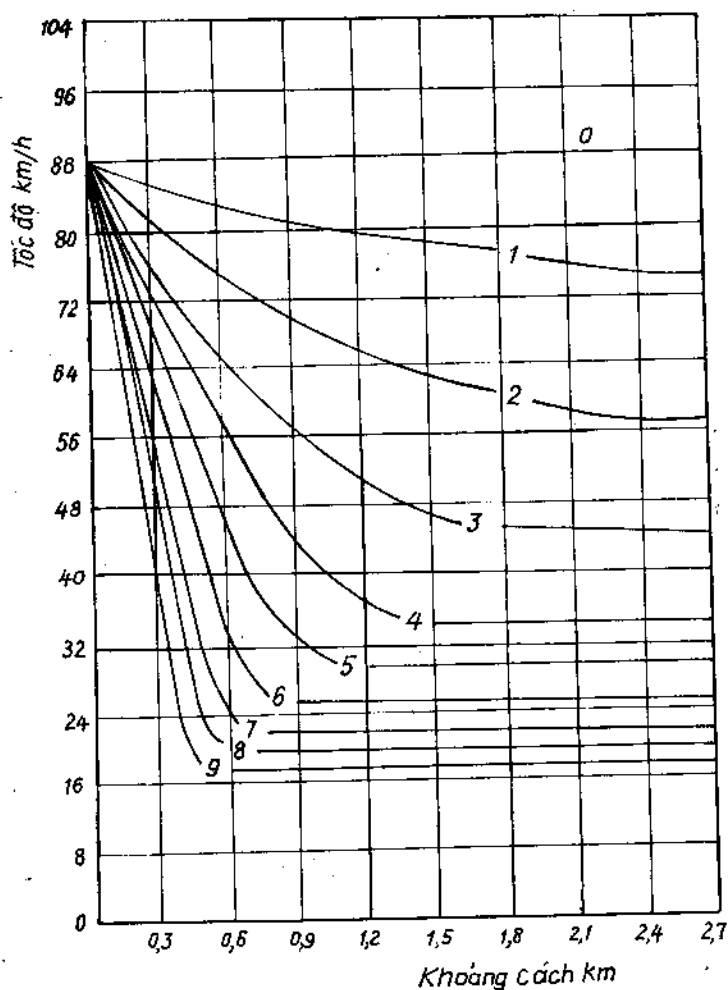
trong đó : φ là *hệ số bám* (tức là hệ số ma sát) giữa bánh xe và mặt đường.



Hình 2-8a. Đoạn tăng tốc của xe tải nặng điển hình (136 kG/mã lực) theo dốc dọc AASHTO 1990.

Thường trục chủ động là trục sau ; với xe con, trục này chịu $0,50 \div 0,55$ và xe tải $0,65 \div 0,70$ tải trọng toàn xe.

Vì tầm quan trọng đáng kể của hệ số φ , nhiều tác giả để công nghiên cứu tính chất của nó, nghiên cứu các trị số để vận dụng và tìm cách cải thiện các trị số đó. Hệ số này phụ thuộc 2 phía. Lớp xe mòn, trơn thì hệ số này rất thấp, lớp xe mới còn đủ gai, bơm căng thì ma sát tăng. Nhưng đối với người kỹ sư đường thì điều quan trọng là hệ số này phụ thuộc *tình trạng mặt đường và độ nhám của lớp mặt*. Độ nhám yêu cầu cao không có gì mâu thuẫn với độ bằng phẳng. Trên đường cao tốc, mặt đường phải thật bằng phẳng cho xe chạy với tốc độ cao, đồng thời phải chọn loại vật liệu cứng, đồng đều, ít mòn để tạo nên độ nhám cao cho xe chạy không bị trơn trượt.



Hình 2-8b. Quan hệ tốc độ - hành trình của xe tải nặng điển hình (136 kG/m² lực), khi giảm tốc trên dốc dọc AASHTO 90.

Vật liệu mặt đường có vai trò rất quan trọng nhưng cũng không bằng tình trạng của mặt đường. Mặt đường dù tốt nhưng bẩn, ẩm thì rất trơn. Khi mặt đường có bụi, gặp mưa nhỏ sẽ tạo thành một lớp bùn mỏng ngăn trở tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường. Hiện tượng màng nước (aquaplanage) là rất nguy hiểm cho an toàn xe chạy.

Trong điều kiện lớp xe trung bình, tốc độ bình thường có thể tham khảo các trị số hệ số φ trong bảng 2-2.

Bảng 2-2

Trị số hệ số bám φ giữa bánh xe và mặt đường

Tình trạng mặt đường	Điều kiện xe chạy	Hệ số
Khô sạch	Rất thuận lợi	0,7
Khô sạch	Bình thường	0,5
Ẩm và bẩn	Không thuận lợi	0,3

Khi tốc độ xe chạy cao, hệ số bám giảm đi vì vậy đối với đường có tốc độ cao, việc cấu tạo lớp mặt đủ nhám là rất quan trọng.

Như vậy, điều kiện chuyển động của ô tô về mặt lực bám là :

$$P_a < T_{\max} = \varphi \cdot G_k \quad (2-18)$$

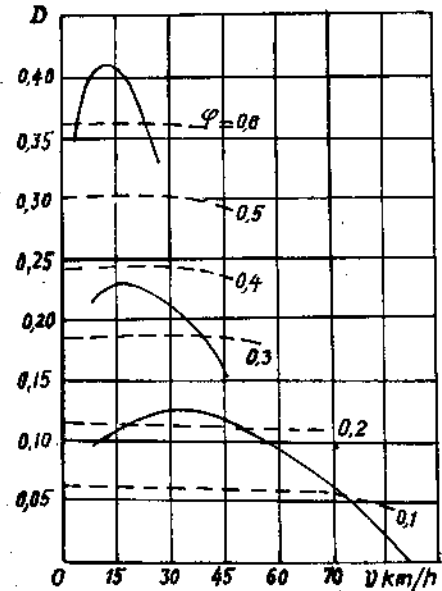
Kết hợp với (2-15) ta có :

$$D < \frac{\varphi G_k - P_w}{G} \quad (2-19)$$

Tổng hợp cả 2 điều kiện ta có điều kiện chung về chuyển động của ô tô là :

$$\frac{\varphi G_k - P_w}{G} > D = f \pm i \quad (2-20)$$

Về phải cho ta điều kiện : lực kéo phải cân bằng lực cản, còn về trái là điều kiện : lực kéo phải nhỏ hơn lực bám. Tức là xe muốn chạy được thì lực kéo phải đủ để thắng lực cản, nhưng nếu đường xấu, trơn, lầy thì lực kéo của động cơ cũng không phát huy được. Trên hình 2-9, nhân tố động lực bị hạn chế bởi điều kiện lực bám (đường đứt trên biểu đồ).



Hình 2-9. Đặc tính động lực bị hạn chế bởi điều kiện lực bám (số trên đường đứt nét là hệ số bám).

2.5. SỰ HĂM XE

Rất nhiều tình huống trên đường đòi hỏi người lái phải hãm xe để giảm tốc độ hay để dừng xe (hãm chết) nhằm kịp xử lý, tránh gây tai nạn trên đường. Về mặt an toàn giao thông chiều dài này là rất quan trọng.

Khi hãm, người lái ấn chân lên bàn đạp phanh, áp lực dầu trong phanh làm mở các vành hãm, áp chặt các guốc hãm vào vành bánh xe. Bánh xe lúc đó bị gắn chặt vào trục, không quay được và trượt ở trên mặt đường. Lực hãm lớn nhất cũng phụ thuộc vào hệ số ma sát giữa lốp xe và mặt đường, có trị số :

$$P_h = T_{\max} = \varphi \cdot G \quad (2-21)$$

trong đó : φ - hệ số bám (hệ số ma sát)

G - trọng lượng toàn bộ của ô tô vì các xe hiện đại đều bố trí phanh trên tất cả các trục.

Lúc này, tất cả các lực cản đều tham gia vào quá trình hãm xe. Lực cản không khí không đáng kể vì xe chạy chậm lại, còn lực cản lăn thì nhỏ so với lực hãm và về bản chất cũng là lực ma sát. Đáng kể là dốc dọc, khi trị số dốc dọc lớn hơn 4%, chiều dài hãm phanh tăng giảm đáng kể.

$$P_h = P_{\max} + P_i = \varphi \cdot G \pm i \cdot G = G(\varphi \pm i) \quad (2-22)$$

Dấu cộng dùng khi lên dốc và dấu trừ dùng khi xuống dốc.

Xét trường hợp xe đang chạy với tốc độ V_1 , muốn hãm phanh để chạy với tốc độ V_2 thì theo nguyên lý bảo toàn năng lượng, động năng tiêu hao phải cân bằng với công hãm phanh. Nguyên lý này được thể hiện bằng biểu thức :

$$S_h \cdot (T_{\max} + P_i) = S_h \cdot (\varphi \pm i) \cdot G = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \cdot \frac{G}{g} \quad (2-23)$$

Do đó có thể tính được chiều dài hãm xe S_h :

$$S_h = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g(\varphi \pm i)} \quad (m) \quad (2-24)$$

Trong công thức trên, chiều dài hãm xe được tính bằng m , tốc độ xe chạy được tính bằng m/sec . Nếu theo thói quen tính tốc độ bằng km/h thì ta có :

$$S_h = k \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{254(\varphi \pm i)} \quad (m) \quad (2-25)$$

Trong đó k là hệ số sử dụng phanh. Hệ số này phải được xét tới vì phanh cần có thời gian mới có tác dụng hoàn toàn và phần lớn các trường hợp người ta không phanh hết cỡ phanh (vì không có nhu cầu phanh gấp hoặc do an toàn chống lật xe mà không dám phanh hết cỡ, như trường hợp xe chạy trong đường cong, trên đường trơn chẳng hạn. Quy trình Pháp [11] về vấn đề này có quy định chiều dài hãm phanh phải tăng 25% khi xe chạy trong đường cong có bán kính $R < 5V$ (V là tốc độ km/h). Hệ số này nên lấy với xe con là 1,20, với xe tải là 1,3 ÷ 4, trung bình nên dùng 1,20.

Khi hãm xe hoàn toàn, $V_2 = 0$, ta có :

$$S_h = \frac{k \cdot V^2}{254(\varphi \pm i)} \quad (2-26)$$

Khi độ dốc nhỏ, ta có thể sử dụng công thức đơn giản [9]

$$S_h = \frac{V^2}{100} \quad (2-27)$$

2.6. TẦM NHÌN XE CHẠY

Để đảm bảo an toàn, người lái xe luôn luôn phải được đảm bảo nhìn thấy đường trên một chiều dài nhất định về phía trước để người lái kịp thời xử lý hoặc là hãm dừng trước các chướng ngại vật (nếu có) hay là tránh được nó.

Chiều dài này được gọi là tầm nhìn, tầm nhìn này phải được đảm bảo trên mặt cắt dọc cũng như trong đường cong nằm sao cho không bị vách đá, nhà cửa, cây cối che khuất. Trên đường cấp cao, đường du lịch thì tầm nhìn không chỉ đảm bảo an toàn mà còn phải nâng cao để xét tới yếu tố tâm lý nhằm tạo điều kiện cho người lái xe an tâm chạy với tốc độ cao.

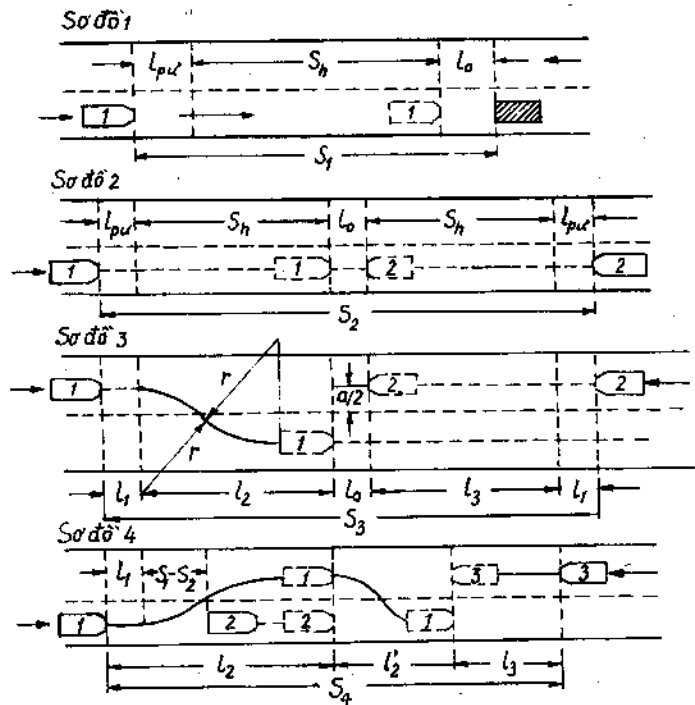
Muốn nghiên cứu tính toán chiều dài tầm nhìn ta phải xét các tình huống có thể xảy ra trên đường. Hình 2-10 thể hiện 4 sơ đồ tầm nhìn ứng với các tình huống như sau :

- 1 - Xe cần hãm trước một chướng ngại vật tĩnh nằm trên mặt đường.
- 2 - Hai xe chạy ngược chiều (cùng trên một làn) kịp hãm lại không đâm vào nhau.
- 3 - Hai xe ngược chiều trên cùng một làn tránh nhau và không giảm tốc độ.
- 4 - Hai xe cùng chiều có thể vượt nhau.

Xác định chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 1 : Chướng ngại vật trong sơ đồ này là một vật cố định nằm trên làn xe đang chạy : đá đổ, đất trượt, hố sụt, cây đổ, hàng rào của xe trước rơi... Xe đang chạy với tốc độ V , có thể dừng lại an toàn trước chướng ngại vật với chiều dài tầm nhìn S_1 bao gồm một đoạn phản ứng tâm lý l_{pu} , một đoạn hãm xe S_h và một đoạn dự trữ an toàn l_o . Vì vậy tầm nhìn này còn có tên gọi là tầm nhìn hãm xe :

$$S_1 = l_{pu} + S_h + l_o \quad (2-28)$$

Đoạn phản ứng tâm lý là quãng đường xe chạy được trong thời gian phản ứng tâm lý t_{pu} ; t_{pu} là thời gian cần để nhận biết có chướng ngại vật, có biện pháp xử lý và có thời gian để xử lý (hãm phanh). Theo nghiên cứu, thời gian này phụ thuộc vào giới tính, độ tuổi, tay nghề và tình huống trên đường... Trong dòng xe vắng, người lái xe dễ chủ quan, không sẵn sàng phản ứng, t_{pu} lớn, dễ xảy ra tai nạn và



Hình 2-10. Sơ đồ tầm nhìn theo 4 tình huống trên đường.

tai nạn thường là nặng nề. Trong dòng xe đông, người lái xe lại tập trung vào việc lái, nên tai nạn có thể giảm đi và tai nạn lại ít nghiêm trọng. Trong khi tính toán với một mức độ an toàn nhất định, người ta có thể lấy $t_{pu} = 1$ giây. Công thức xác định chiều dài tầm nhìn sơ đồ 1 sẽ là :

$$S_1 = v.l + k \frac{v^2}{2g(\varphi \pm i)} + l_0 \quad (m)$$

trong đó tốc độ v có thứ nguyên m/s . Khi tính theo V (km/h) ta có :

$$S_1 = \frac{V}{3,6} + \frac{kV^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0 \quad (m) \quad (2-29)$$

Xác định chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 2 : Đặt vấn đề là có 2 xe chạy ngược chiều trên cùng một làn xe. Đây là điều khó có thể xảy ra, nhưng cũng có trường hợp lái xe vô kỉ luật, say rượu... tuy rất hãn hữu nhưng vẫn phải xem xét. Chiều dài tầm nhìn trong trường hợp này gồm 2 đoạn phản ứng tâm lí của 2 lái xe, tiếp theo là 2 đoạn hãm xe và đoạn an toàn giữa 2 xe. Như vậy, chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 2 bằng 2 lần chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 1. Chú ý là, trên đường dốc đối với xe này là xuống dốc thì đối với xe ngược chiều lại là lên dốc, nên chiều dài S_2 tính được là :

$$S_2 = \frac{V}{1,8} + \frac{kV^2\varphi}{127(\varphi^2 - i^2)} + l_0 \quad (m) \quad (2-30)$$

Xác định chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 3 : Tình huống trong sơ đồ 3 cũng là 2 xe chạy ngược chiều cùng trên một làn xe nhưng xe chạy không đúng làn xe phải quay trở về làn xe của mình nhưng không giảm tốc độ. Theo sơ đồ ta có :

$$S_3 = 2.l_{pu} + l_2 + l_3 + l_0$$

theo sơ đồ :
$$l_3 = l_2 = 2\sqrt{ar} \quad (2-31)$$

do đó :
$$S_3 = \frac{V}{1,8} + 4\sqrt{ar} + l_0 \quad (m) \quad (2-32)$$

trong đó : a - khoảng cách giữa 2 tim của 2 làn xe ;

r - bán kính tối thiểu xe có thể lái rẽ mà không giảm tốc độ.

Trị số này là tùy theo từng loại xe và tùy theo tốc độ chạy xe. Thực ra đoạn này còn yêu cầu dài hơn vì xe không thể rẽ ngay với bán kính r được mà phải thay đổi dần.

Xác định chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 4 : Xe 1 chạy nhanh bám theo xe 2 chạy chậm với khoảng cách an toàn $S_{h1} - S_{h2}$, khi quan sát thấy làn xe trái chiều không có xe, xe 1 lợi dụng làn trái chiều để vượt.

Thời gian vượt xe gồm 2 giai đoạn : giai đoạn 1, xe 1 chạy trên làn trái chiều bắt kịp xe 2 và giai đoạn 2 xe 1 vượt xong trở về làn xe của mình trước khi đụng phải xe 3 trên làn trái chiều chạy tới. Thời gian vượt xe tính được :

$$t_{vx} = t_1 + t_2 = \frac{S_{h1} - S_{h2}}{v_1 - v_2} + \frac{l_2}{v_1 - v_2}$$

Khoảng cách an toàn l_2 dài không đáng kể, nhiều tác giả đề nghị lấy bằng chiều dài một thân xe.

Để đơn giản hóa việc tính toán và có nghiêng về phần an toàn, tác giả đề nghị chiều dài l_2 bằng chiều dài l_1 và bằng hiệu chiều dài hãm xe của hai xe 1 và 2 :

$$t_{vx} = \frac{2(v_1^2 - v_2^2)}{2g(\varphi \pm i)(v_1 - v_2)} = \frac{v_1 + v_2}{g(\varphi \pm i)}$$

và thời gian phản ứng có thể quan niệm bằng không vì xe 1 luôn quan sát đợi thời cơ vượt xe.

$$\begin{aligned} S_4 &= t_{vx} \cdot 2v_1 + l_0 = \frac{2v_1}{g} \cdot \frac{(v_1 + v_2)}{\varphi \pm i} + l_0 = \\ &= \frac{2V_1(V_1 + V_2)}{127(\varphi \pm i)} + l_0 = \frac{V_1(V_1 + V_2)}{63,5(\varphi \pm i)} + l_0 \end{aligned}$$

Ví dụ : xe chạy với tốc độ tính toán 80km/h cần vượt xe tải chạy 40 km/h cần một tầm nhìn :

$$S_4 = \frac{80(80 + 40)}{63,5 \times 0,5} + l_0 = 152 + 8 = 160m$$

Công thức trên còn có thể tính đơn giản hơn, nếu như người ta dùng thời gian vượt xe thống kê được trên đường. Trị số này trong trường hợp bình thường, khoảng 10 sec và trong trường hợp cường bức, khi xe đông v.v... khoảng 7 sec. Lúc đó chiều dài tầm nhìn sơ đồ 4 có thể có 2 trường hợp :

$$\begin{aligned} - \text{bình thường} & \quad S_4 = 6.V \\ - \text{cường bức} & \quad S_4 = 4.V \end{aligned} \quad (2-33)$$

Khi vận dụng các công thức này cần phân tích tại chỗ các nhân tố ảnh hưởng vì đây là các trường hợp đã giản hóa.

Vận dụng các sơ đồ tầm nhìn : Trong các sơ đồ nói trên, sơ đồ 1 là cơ bản nhất phải được kiểm tra trong bất kì tình huống nào của đường. Quy trình Pháp có quy định cụ thể hơn, trong trường hợp này, mắt của người lái đặt ở chiều cao 1,20m trên mặt đường và chướng ngại vật có chiều cao quy định là 0,15m. Ở Mỹ, thống kê chiều cao xe nhiều năm, xe con có chiều hướng giảm độ cao nên năm 1960 quy định chiều cao mắt người lái là 1,20m, hiện nay quy định lại là 1,07 m. Chiều cao mới này, tạo nên yêu cầu nghiêm khắc hơn với đường cong đứng, bán kính phải tăng lên khoảng 5%. Quy định này cũng được nhiều nước áp dụng.

Sơ đồ 2, ít khi xảy ra nhưng có thể áp dụng với đường không có giải phân cách ở trung tâm và dùng để tính toán bán kính đường cong đứng.

Sơ đồ 4 là trường hợp nguy hiểm phổ biến trên đường có 2 làn xe. Khi đường có giải phân cách trung tâm, trường hợp này không thể xảy ra. Tuy vậy trên đường cấp cao, tầm nhìn này vẫn phải kiểm tra nhưng với ý nghĩa là bảo đảm 1 chiều dài nhìn được cho lái xe an tâm chạy với tốc độ cao.

Sơ đồ 3 không phải là một sơ đồ cơ bản, ít được sử dụng trong quy trình nhiều nước.

Vì tính phổ biến của sơ đồ 1, chúng tôi giới thiệu quy định chiều dài tầm nhìn này trong 2 tiêu chuẩn thiết kế ở nước ta. Trong bảng 2-3 có tham khảo các số liệu của tiêu chuẩn AASHTO của Mỹ năm 1994 (cho mặt đường ẩm ướt).

Bảng 2-3

Chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 1
(Đơn vị tính bằng mét)

Tốc độ tính toán km/h	120	100	80	60	40	20
S_1 trên đường cao tốc TCVN 5729 : 1997	230	160	100	75	-	-
S_1 trên đường ô tô TCVN 4054 : 1998	-	-	100	75	40	20
S_1 theo AASHTO 1994	200 + 285	157 + 205	113 + 139	74 + 85	45	

2.7. SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐOÀN XE KÉO MOỐC

Trong khi tính toán lực kéo của ô tô, chúng ta đã thấy trên phần lớn chiều dài đường không sử dụng hết lực kéo của ô tô, nhất là trên vùng đồng bằng. Vì vậy, sử dụng móc kéo sau xe là một biện pháp hữu hiệu để nâng cao năng suất đoàn xe và tận dụng lực kéo, tiết kiệm nhiên liệu chuyên chở. TCVN 4054 : 1998 quy định xe dài nhất là xe móc tì, chiều rộng phủ bì 2,50 m, cao 4,00 m và toàn chiều dài 16,00m. Khi trong đoàn xe có xe lớn hơn lưu thông, có thể tham khảo tiêu chuẩn các nước khác. Liên Xô cũ quy định các rơ móc phải có chiều ngang không rộng quá 2,5 m ; không cao quá 3,8 m ; trường hợp móc tì (móc gác trên xe chính) toàn chiều dài không vượt quá 20 m ; khi kéo 2 móc chiều dài toàn đoàn xe không vượt quá 24 m. Theo tiêu chuẩn của Mỹ, đoàn xe kéo móc không rộng quá 2,6 m, không cao quá 4,0 m và đoàn xe dài nhất (mang kí hiệu WB-114 không dài quá 35 m).

Về sự chuyển động của đoàn xe kéo móc có những chú ý sau đây :

- Về yêu cầu an toàn, tất cả các móc hiện đại đều có bố trí phanh hãm trên các trục của móc.
- Lực cản lăn và lực cản leo dốc cũng như chiếc xe đơn nhưng phải tính với trọng lượng toàn đoàn xe.
- Hệ số lực cản không khí lớn nhiều so với xe đơn chiếc nhưng vì tốc độ đoàn xe chạy chậm nên trị số tuyệt đối không tăng đáng kể.
- Trong lực cản quán tính chú ý tới quán tính quay của các bộ phận của móc.

Ta sẽ có phương trình chuyển động của đoàn xe kéo móc :

$$P_a = (G + nQ_m)(f \pm i) + \frac{kFV^3}{13} + \frac{\beta}{g} (G + nQ_m) \frac{dv}{dt} \quad (2-34)$$

trong đó : n - số móc ;

Q_m - trọng lượng của mỗi móc ;

β - hệ số kể đến quán tính quay của các móc.

Khi chuyển động đều, phương trình rút lại còn :

$$P_a = (G + nQ_m)(f \pm i) \quad (2-35)$$

Căn cứ theo phương trình trên, khi biết điều kiện đường f và i , sẽ xác định được số hàng kéo theo móc hoặc khi yêu cầu về móc đã xác định thì sẽ tính được độ dốc tối đa khác phục được, v.v... Thường đoàn xe kéo móc phải có một dự trữ nhất định về lực kéo : ở chuyển số trực tiếp nhất phải khác phục được 10 - 15%, ở chuyển số II phải khác phục được độ dốc tối đa của đường.

Khi xe có kéo móc, lực kéo của động cơ vẫn là P_a nhưng trọng lượng phải kéo khác đi, nhân tố động lực mới sẽ nhỏ đi nhiều :

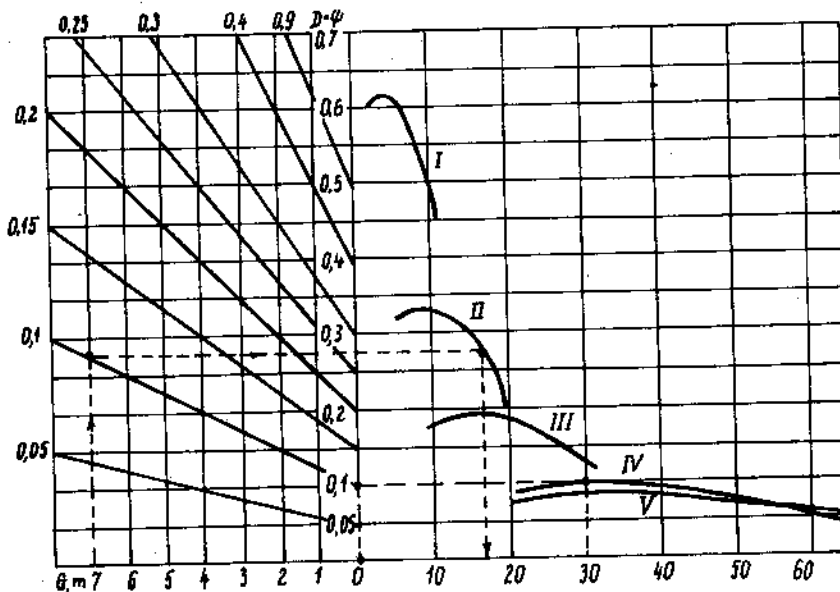
$$D' = \frac{P_a - P_w}{(G + nQ_m)} = \frac{P_a - P_w}{G} \cdot \frac{G}{(G + nQ_m)}$$

do đó :

$$D' = D \cdot \frac{G}{(G + nQ_m)} \quad (2-36)$$

$$D = D' \cdot \frac{(G + nQ_m)}{G}$$

Như vậy các trị số nhân tố động lực đã giới thiệu phải tính lại khi có kéo móc hoặc là dùng các biểu đồ cho xe kéo móc, (hình 2-11).



Hình 2-11. Toán đồ để tính lực kéo của xe ZIN-150, khi tải trọng thay đổi (thí dụ khi kéo móc).

2.8. TÍNH HAO TỔN NHIÊN LIỆU VÀ HAO MÒN LỚP TRÊN ĐƯỜNG

Lượng tiêu hao nhiên liệu là một chỉ tiêu quan trọng vì nó ảnh hưởng đến giá thành vận tải, nó là một chỉ tiêu lớn để tính toán kinh tế kĩ thuật chọn phương án tuyến. Nhiên liệu tiêu hao để sản ra công vận chuyển nên lượng tiêu hao phụ thuộc vào điều kiện đường sá. Người ta thường chia tuyến ra các đoạn tương đối đồng nhất để tính toán.

Tính được công tiêu hao tức là tính được lượng nhiên liệu cần thiết cho vận chuyển :

$$Q_{100} = \frac{q_e \cdot N \cdot 100}{1000 \cdot V \cdot \gamma} = \frac{q_e \cdot N}{10 \cdot V \cdot \gamma} \quad (l/100km) \quad (2-37)$$

trong đó : q_e - là tỉ suất tiêu hao nhiên liệu ($g/mã \text{ lực.h}$) tức là số nhiên liệu cần tiêu hao để sinh ra một mã lực trong một giờ ;

q_e - phụ thuộc vào số vòng quay của động cơ, tỉ số chuyển động và độ mở bướm sáng. Khi tính toán, đơn giản chúng ta giả thiết bướm sáng mở hoàn toàn.

N - công suất ô tô dùng để khắc phục lực cản trên đường.

V - tốc độ xe chạy (km/h) là tốc độ tính toán theo sức kéo ;

γ - là tỉ trọng của nhiên liệu, (g/l).

Công suất của động cơ cần thiết có thể tính được :

$$N = \frac{P_a \cdot V}{3,6 \cdot 75 \cdot \eta} \quad (mã \text{ lực})$$

trong đó : P_a - lực kéo phải sản ra để cân bằng với các lực cản, kG ;

V - tốc độ xe chạy km/h ;

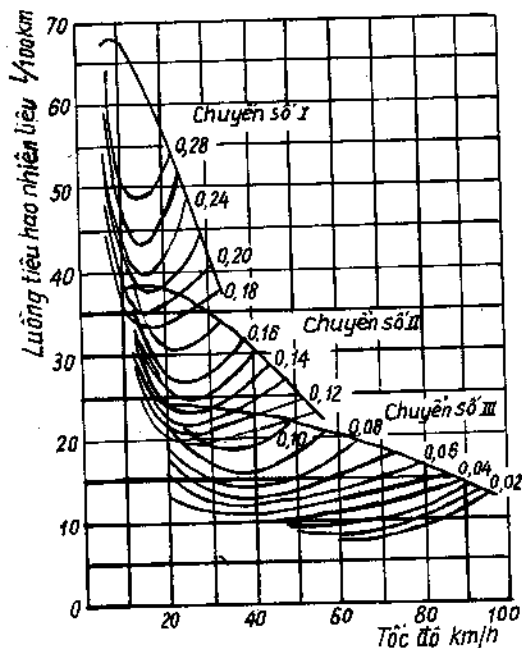
η - hệ số hiệu dụng của cơ cấu truyền động ;

3,6 và 75 là các số để chuyển đổi từ nguyên tốc độ và công suất.

Kết hợp các cách tính sức kéo, ta có :

$$Q_{100} = \frac{q_e}{2700 \eta \gamma} \left[\frac{k \cdot F \cdot V^2}{13} + G(f \pm i) \right] (l/100km) \quad (2-38)$$

Tất cả các kí hiệu đã được giải thích thống nhất trong chương này. Trong tính toán có thể lấy $q_e = 250 - 300 g/mã \text{ lực.h}$. Cũng có thể dùng các biểu đồ đặc trưng kinh tế của viện sĩ E.A.Tsudakôp lập, (hình 2-12). Chú ý là khi tính toán đối với các đoạn xuống dốc, phải có lượng tiêu hao tối thiểu để duy trì máy nổ khoảng 2000 - 4000 $g/100km$. Còn đối với các đoạn thay đổi tốc độ có thể lấy tốc độ trung bình để tính toán.

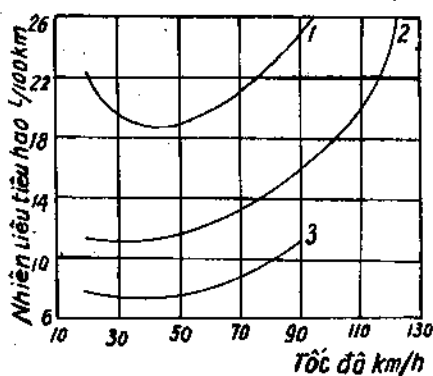


Hình 2-12. Đồ thị đặc tính kinh tế.

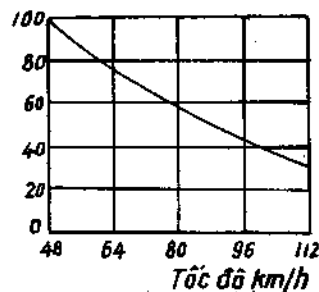
Mức độ hao mòn lốp cũng là một thành phần đáng kể trong khi tính giá thành vận doanh. Sự hao mòn lốp, theo nhiều nghiên cứu phụ thuộc vào tốc độ xe chạy. Khi tốc độ xe chạy lớn, lốp bị nóng và lực xung kích lớn nên hao mòn lốp nhiều hơn khi chạy chậm, (hình 2-14).

Sự hao mòn lốp cũng phụ thuộc nhiều vào chất lượng của mặt đường. Nếu lấy đời lốp chạy trên mặt đường cứng cao cấp, bằng phẳng làm đơn vị thì trên các loại mặt đường thứ yếu, kém chất lượng như đá dăm, cấp phối tuổi thọ của lốp sẽ giảm tới 25 - 30% và khi mặt đường bắt đầu hư hỏng, có ổ gà tuổi thọ của lốp có thể giảm tới 50%.

Trên các đường cong có bán kính nhỏ, lốp còn chịu lực đẩy ngang, có trường hợp độ hao mòn tăng lên gấp 5 lần, công suất phải tăng tới 15%. Vấn đề này, chúng ta sẽ nói lại trong chương sau.



Hình 2-13. Nhiên liệu tiêu hao của các xe
1 - ZIN 110 ; 2 - ГАЗ 12 ;
3 - Motoscôvits 402 (chuyển số
trực tiếp, mặt đường cấp cao chủ yếu)



Hình 2-14. Sự hao mòn lốp
phụ thuộc vào tốc độ xe

CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ ĐƯỜNG CONG NĂM

3.1. ĐẶC ĐIỂM CỦA SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA Ô TÔ TRONG ĐƯỜNG CONG

Khi chạy trong đường cong, xe phải chịu nhiều điều kiện bất lợi so với khi chạy trong đường thẳng. Những điều kiện bất lợi đó là :

1. Khi chạy trong đường cong, xe phải chịu thêm lực li tâm. Lực này, nằm ngang trên mặt phẳng thẳng góc với trục chuyển động, hướng ra ngoài đường cong và có giá trị :

$$C = \frac{m.v^2}{R} \quad (3-1)$$

trong đó : C - lực li tâm ;

m - khối lượng của xe ;

v - tốc độ xe chạy ;

R - bán kính đường cong tại nơi tính toán.

Lực li tâm có tác dụng xấu, có thể gây lật đổ xe, gây trượt ngang, làm cho việc điều khiển xe khó khăn, gây khó chịu cho hành khách, gây hư hỏng cho hàng hóa.

Công thức (3-1) cho thấy lực li tâm càng lớn khi tốc độ xe chạy càng nhanh và khi bán kính cong càng nhỏ. Trong các đường cong có bán kính nhỏ, lực ngang gây nên biến dạng ngang của lốp xe, làm tiêu hao nhiên liệu nhiều hơn, sầm lốp cũng chóng hao mòn hơn.

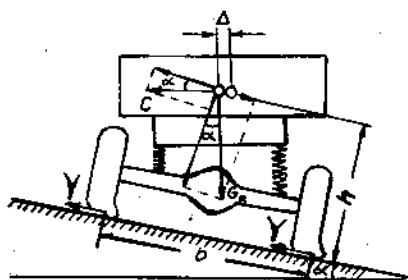
2. Xe chạy trong đường cong yêu cầu có bề rộng phần xe chạy lớn hơn trên đường thẳng thì mới chạy được bình thường.

3. Xe chạy trong đường cong dễ bị cản trở tầm nhìn, nhất là khi bán kính đường cong nhỏ ở đoạn đường đào. Tầm nhìn ban đêm của xe chạy trong đường cong bị hạn chế vì đèn pha chiếu thẳng trên một đoạn ngắn hơn.

Trong chương này, chúng ta sẽ nghiên cứu các biện pháp cấu tạo để cải thiện những điều bất lợi này, để cho xe có thể chạy an toàn, với tốc độ mong muốn, cải thiện điều kiện làm việc của người lái và điều kiện lữ hành của hành khách. Ngoài việc phân tích các quan hệ cơ học, ta còn cần có các nghiên cứu thực nghiệm để có các giới hạn bằng các tham số.

3.2. LỰC NGANG VÀ HỆ SỐ LỰC NGANG

Khi chạy trong đường cong, xe chịu tác dụng của lực li tâm C và trọng lượng bản thân xe G . Khi dốc ngang mặt đường hướng ra phía ngoài đường cong (cấu tạo bình thường), nếu chiếu trên mặt phẳng mặt đường, thành phần trọng lượng này cùng chiều với lực li tâm. Khi dốc ngang được làm thành dốc hướng tâm (cấu tạo này được gọi là siêu cao) thì thành phần trọng lực sẽ làm giảm tác dụng xấu của lực li tâm. Tổng hợp lại ta có :



Hình 3-1. Các lực tác dụng lên xe khi chạy trong đường cong.

$$Y = C \cdot \cos \alpha \pm G \cdot \sin \alpha \quad (3-2)$$

trong đó : Y - lực ngang ;
 C - lực li tâm ;
 G - trọng lực ;
 α - góc mặt đường hợp với đường nằm ngang ;

dấu cộng "+" trường hợp cấu tạo bình thường, mặt cắt ngang 2 mái ; dấu trừ "-" cấu tạo siêu cao, dốc đổ vào bụng đường cong (hướng tâm).

Vì góc α rất nhỏ, có thể coi $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \tan \alpha = i_n$ là độ dốc ngang của mặt đường. Thay các giá trị của C trong (3-1) với $G = m \cdot g$, ta có :

$$Y = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \pm G \cdot i_n = G \cdot \left(\frac{v^2}{gR} \pm i_n \right) \quad (3-3)$$

Chia cả 2 vế cho G , ta gọi $\mu = Y/G$ là hệ số lực ngang tức là lực ngang tác dụng trên một đơn vị trọng lượng của xe :

$$\mu = \frac{v^2}{gR} \pm i_n \quad (3-4)$$

Trong thành phần hệ số lực ngang, vế thứ hai là vế dùng cấu tạo siêu cao để hiệu chỉnh, giảm bớt tác dụng của lực ngang. Cũng từ (3-4), chúng ta lại rút ra được biểu thức tính trị số bán kính đường cong nằm :

$$R = \frac{v^2}{g(\mu \pm i_n)} \quad (m) \quad (3-5)$$

Trong công thức này, tốc độ tính theo m/s . Nếu chuyển theo thứ nguyên km/h , công thức (3-5) sẽ có dạng :

$$R = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_n)} \quad (m) \quad (3-5')$$

Như vậy khi có yêu cầu về giao thông (tốc độ xe chạy đã biết) thì bán kính đường cong nằm lựa chọn phụ thuộc vào hệ số lực ngang tính toán và dốc siêu cao.

Chúng ta lần lượt xét 2 vấn đề này.

3.3. LỰA CHỌN HỆ SỐ LỰC NGANG

Lực ngang, tùy theo hệ số của nó, có thể gây ra những hiệu quả xấu cho ô tô như sau :

- Làm lật đổ xe qua điểm tựa là bánh xe phía lưng đường cong.
- Làm xe bị trượt ngang trên mặt đường.
- Gây cảm giác khó chịu với hành khách và người lái.
- Làm tiêu hao thêm nhiên liệu và hao mòn nhanh sầm lốp.

Lần lượt phân tích từng mặt của vấn đề, ta sẽ lựa chọn được hệ số lực ngang tính toán.

3.3.1. Điều kiện ổn định chống lật

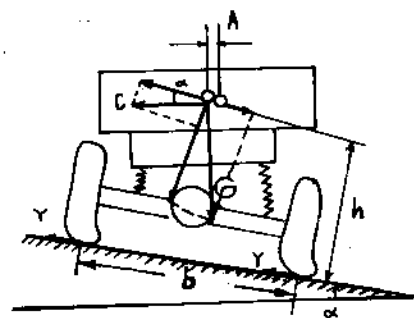
Sự cân bằng giữa mômen lật và mômen giữ cho ta :

$$Y.h = G. \left(\frac{b}{2} - \Delta \right)$$

trong đó : h - chiều cao của trọng tâm xe ;
 b - chiều rộng của hai bánh xe ;
 Δ - độ lệch trọng tâm so với tâm hình học của khoảng cách 2 bánh xe.

Suy ra :

$$\mu = \frac{Y}{G} = \left(\frac{b}{2} - \Delta \right) \cdot \frac{1}{h} \quad (3-6)$$



Hình 3-2. Điều kiện ổn định chống lật.

Theo thực nghiệm $\Delta = 0,2b$, đối với các xe hiện đại, tỉ số $\frac{b}{2h}$ của xe con là $2 \div 3$, của xe buýt là $1,7 \div 2,2$. Theo trị số an toàn nhỏ nhất, ta có điều kiện để xe không bị lật đổ là $\mu \leq 0,60$.

3.3.2. Điều kiện ổn định chống trượt ngang

Trên bánh xe của xe chạy trong đường cong, có lực ngang Y tác dụng. Đồng thời với lực này, theo chiều chuyển động, ta không quên còn có lực kéo hay lực hãm. Lực thứ hai ta gọi là lực dọc P . Tổng hợp lại, ta có một lực tổng hợp Q và lực này về trị số không được vượt quá lực bám G .

Điều kiện cho xe không bị trượt ngang là :

$$\sqrt{Y^2 + P^2} = Q \leq G.\varphi \quad (3-7)$$

trong đó : G - tải trọng tác dụng trên bánh xe ;
 φ - là hệ số bám.

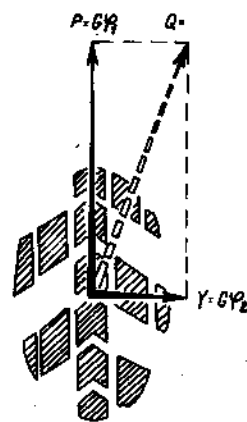
Nói chi tiết thì trọng lượng giữa các bánh xe trong trường hợp này sẽ phân bố không đều. Do lực li tâm, bánh xe bên trong chịu tải nhẹ hơn bánh xe bên ngoài nhưng chuyển đó có thể bỏ qua được.

Hệ số bám tổng hợp, theo hình (3-3) có thể phân bố theo hai hướng : hướng dọc φ_1 và hướng ngang φ_2 tức là :

$$\varphi_2 = \sqrt{\varphi_a^2 - \varphi_1^2} \quad (3-8)$$

Muốn xe chạy trong đường cong không bị trượt ta phải có điều kiện : $\varphi_2 \cdot G > Y$. Từ đó, suy ra $\varphi_2 > \frac{Y}{G} = \mu$, tức là hệ số lực ngang không được vượt quá φ_2 .

φ_2 lại phụ thuộc vào φ_1 , tức là khi xe chạy trên dốc hay khi lực hãm lớn thì càng dễ có nguy cơ bị trượt. Ta cần có sự phân bố hợp lý giữa hai chiều của lực bám. Theo đề nghị của TS KHKT A.V. Makarôp, lực bám dọc nên chiếm (0,7 + 0,8) lực bám tổng hợp. Khi đó lực bám ngang có hệ số khoảng (0,6 + 0,7) φ_a . Theo bảng 2-2, giới hạn cho phép của hệ số lực ngang khi chống trượt ngang, với mặt đường ẩm, có bùn bẩn là $\mu \leq 0,12$, khi ẩm ướt là $\mu \leq 0,24$ và khi mặt đường khô ráo là $\mu \leq 0,36$.



Hình 3-3. Tương quan giữa lực bám ngang và lực bám dọc.

3.3.3. Điều kiện về êm thuận và tiện nghi với hành khách

Khi chịu tác dụng của lực li tâm, hành khách cảm thấy khó chịu, nhiều khi sợ hãi có cảm giác xe bị lật đổ. Điều tra xã hội học trên phương diện này cho ta các kết quả như sau :

Khi $\mu \leq 0,1$ hành khách khó nhận biết là xe vào đường cong.

Khi $\mu = 0,15$ hành khách bắt đầu cảm nhận thấy đã vào đường cong.

Khi $\mu = 0,20$ hành khách cảm thấy có đường cong và hơi khó chịu. Người lái lúc này muốn giảm tốc độ chạy xe.

Khi $\mu = 0,30$ hành khách cảm thấy bị xô dạt về một phía.

Về phương diện êm thuận của hành khách, hệ số lực ngang không nên chọn lớn hơn 0,15. Trong điều kiện khó khăn, khi hành khách có chuẩn bị (ví dụ như khi xe chạy vào nút giao thông) thì có nước cho phép dùng tới 0,25.

3.3.4. Điều kiện tiết kiệm nhiên liệu và sấm lốp

Khi chạy trong đường cong, bánh xe phải hợp với trục dọc của xe một góc α . Do có lực li tâm, bánh xe lệch sang một bên và khi quay không quay hết góc α được mà chịu một góc lệch δ so với trục chuyển động của xe, (hình 3-4). Góc lệch này tỉ lệ thuận với lực ngang Y. Theo nghiên cứu thực nghiệm góc lệch này rất nhỏ, với xe tải khoảng 4 - 5 độ với xe con khoảng 3 - 4 độ, và trong giới hạn này, góc lệch δ tỉ lệ tuyến tính với lực ngang :

$$\delta = \frac{Y}{K_n} \quad (3-9)$$

trong đó : K_n - hệ số cân biến dạng ngang của lốp xe, hệ số này phụ thuộc vào độ đàn hồi của lốp tính theo thứ nguyên $kG/d\phi$. Đối với xe con

$K_n = 40 - 70 \text{ kG/d}\phi$, đối với xe tải $K_n = 110 - 200 \text{ kG/d}\phi$.

Góc lệch này càng lớn thì tiêu hao nhiên liệu càng nhiều và lốp xe càng nhanh hỏng, (hình 3-4). Ngay khi hạn chế = 1°, hao mòn lốp xe cũng đã tăng lên 5 lần và công suất yêu cầu của động cơ cũng tăng lên 15%.

Theo điều kiện đó, hệ số lực ngang không chế là :

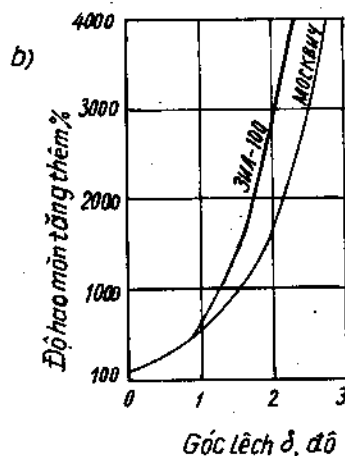
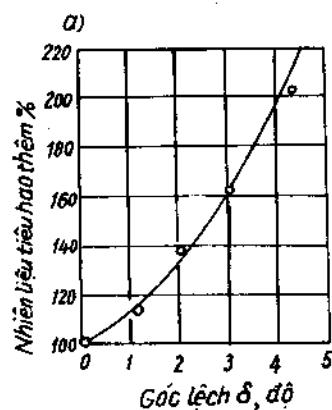
$$\mu = \frac{Y}{G} = \frac{\delta \cdot K_n}{G} = 0,1$$

Tóm lại về mặt kinh tế, để sấm lốp và nhiên liệu không tăng lên quá đáng, hệ số lực ngang hạn chế là 0,1.

3.3.5. Lựa chọn hệ số lực ngang tính toán

Trong khi thiết kế, người kĩ sư luôn tìm cách làm cho xe chạy được tiện nghi nhưng về mặt kinh tế, lại phải bám sát địa hình để có khối lượng công tác tiết kiệm nhất. Trong mâu thuẫn đó thì bất kì trường hợp nào cũng phải nghĩ tới dùng các bán kính lớn, hệ số lực ngang càng nhỏ càng tốt. Nhưng trong những trường hợp không thể tránh được, bắt buộc phải dùng các hệ số lực ngang hạn chế.

Tổng hợp cả 4 điều kiện hạn chế kể trên, chúng ta có thể lựa chọn hệ số lực ngang tính toán, không quên là để dùng trong các trường hợp hạn chế.



Hình 3-4. Góc lệch δ ảnh hưởng đến nhiên liệu (hình 3-4a), và sấm lốp hao mòn thêm (hình 3-4b).

Bảng 3-1

Tổng hợp các điều kiện về hệ số lực ngang

Các yêu cầu	Mặt đường khô	Mặt đường ướt	Mặt đường ướt bùn
Về ổn định chống lật	0,60	0,60	0,60
Về ổn định chống trượt ngang	0,36	0,24	0,12
Về điều kiện êm thuận của hành khách	0,15	0,15	0,15
Về tiết kiệm nhiên liệu và sấm lốp	0,10	0,10	0,10

Tổng hợp lại, quy trình Việt Nam cũng như Liên Xô cũ hướng dẫn tính toán cho mặt đường ướt, không ẩm trơn và trị số tính toán trong điều kiện khó khăn là 0,15. Tức là khi đó phải dùng độ dốc siêu cao lớn nhất.

Khi có thể làm được các bán kính lớn hơn, bảo đảm điều kiện xe chạy tốt hơn thì phải dùng các hệ số lực ngang nhỏ hơn. Khi xe chạy trong thành phố, tốc độ thay đổi nhiều, quy trình Mỹ (tr. 143-[1]) thấy có thể giảm phần nào tiện nghi,

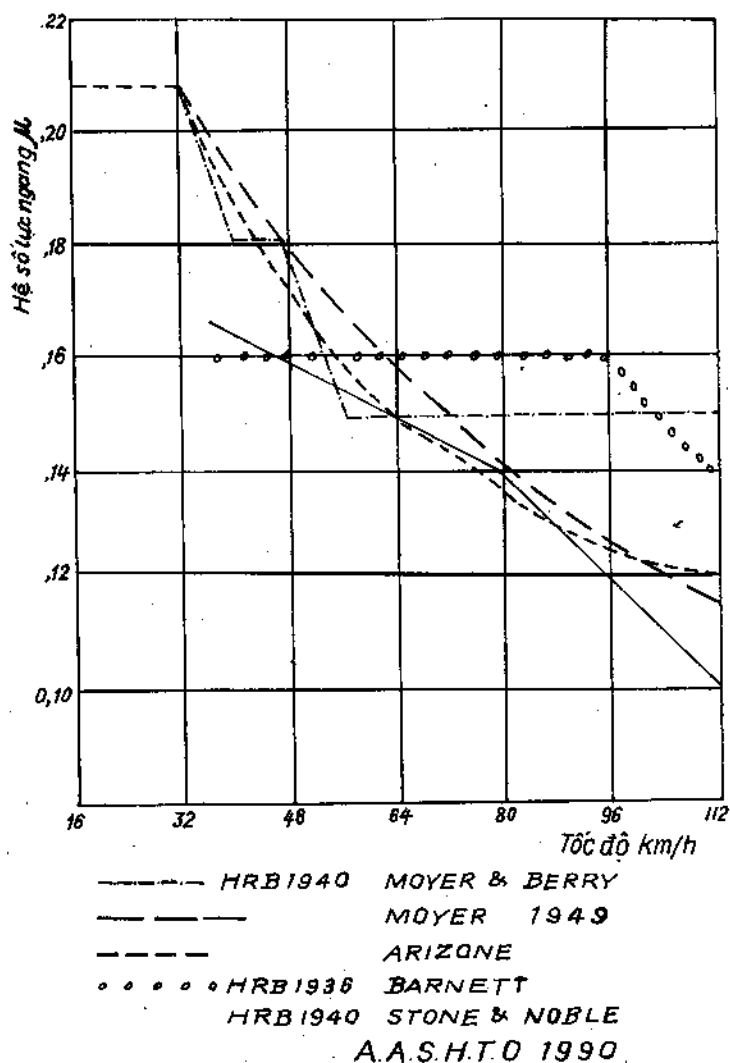
nâng cao hệ số lực ngang khi thiết kế đường cong trên bình đồ. Khi xe chạy vào nút giao thông hay trong những trường hợp cường bức, thì có thể dùng tới 0,31.

Thể hiện tinh thần trên, quy trình Pháp quy định chọn hệ số lực ngang theo tốc độ xe chạy. Tốc độ xe chạy càng lớn thì phải có hệ số lực ngang nhỏ, (bảng 3-2).

Bảng 3-2

Chọn hệ số lực ngang theo tốc độ tính toán

Tốc độ xe chạy (km/h)	120	100	80	60	40
Hệ số lực ngang	0,100	0,111	0,135	0,160	0,24



Hình 3-5. Kết quả nghiên cứu về hệ số lực ngang và quy định của AASHTO.

Cũng mang tinh thần như vậy, quy trình Mỹ tổng kết các nghiên cứu nhiều năm (hình 3-5), sau đó trị số quy định thể hiện bằng đường nét liền trên hình vẽ.

3.4. SIÊU CAO

Trở lại khái niệm về xác định hệ số lực ngang

$$\mu = \frac{v^2}{g.R} \pm i_n,$$

Muốn có hệ số lực ngang nhỏ, có thể có nhiều biện pháp : chọn bán kính R lớn hoặc giảm tốc độ xe chạy v. Biện pháp thứ nhất, không phải bao giờ cũng làm được vì nó phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện địa hình. Biện pháp thứ hai là biện pháp xấu vì nó làm giảm tiện nghi xe chạy. Có một biện pháp thông minh là đáng lẽ phần xe chạy bên ngoài có dốc đổ ra lưng đường cong (mang dấu cộng) thì ta làm dốc vào bên trong (dốc một mái) và làm độ dốc khá lớn (lúc này dốc mang dấu trừ). Chiều cao bất thường làm thêm dốc đổ vào bụng đường cong được gọi là *siêu cao*. Trước đây, siêu cao thường làm trong các đường cong có bán kính nhỏ, có tác dụng chủ yếu về cơ học là làm giảm lực ngang, làm cho xe chạy an toàn. Trên các đường hiện đại, mặc dù bán kính lớn, người ta vẫn chủ trương làm siêu cao, nhưng lại nặng về phần tâm lý, làm cho người lái an tâm chạy với tốc độ cao và về phần mỹ học và quang học, mặt đường không có cảm giác bị thu hẹp một cách giả tạo. Quy trình Liên Xô cũ quy định tất cả các đường cong dưới 3000m bán kính, và các đường khác bán kính dưới 2000m đều phải làm siêu cao.

Siêu cao có tác dụng làm giảm hiệu quả xấu của lực li tâm, nhưng không phải là không có giới hạn. Giới hạn của độ dốc siêu cao là không bị trượt khi mặt đường bị trơn, nhất là khi bị phủ băng giá. Vì vậy quy trình của Nga quy định siêu cao tối đa là 6% trong khi ở Pháp và các nước nam Châu Âu, ít băng giá hơn, quy định 10%. Nước ta không có băng giá nhưng trong dòng xe còn nhiều xe chạy chậm, xe thô sơ nên tiêu chuẩn TCVN 4054 : 1998 cũng quy định độ dốc tối đa của siêu cao là 6%. Còn trên đường cao tốc chỉ có xe ô tô tốc độ cao nên được dùng độ dốc tối đa của siêu cao là 7% (TCVN 5729 : 1997).

Khi thiết kế đường cấp cao người ta thường giả thiết độ dốc siêu cao tiếp nhận (1/3 - 1/4) lực ngang. Nếu gọi tỉ lệ đó là 1/n, ta có thể viết :

$$i_{sc} = \frac{v^2}{n.g.R} \quad (3-10)$$

Phần còn lại không được lớn hơn sức bám ngang :

$$(1 - 1/n) \cdot \frac{v^2}{g.R} = \varphi_2 \quad (3-11)$$

Suy ra :

$$i_{sc} = \frac{\varphi_2}{n - 1} \quad (3-12)$$

Khi $\varphi_2 = 0,18$ ta có $i_n = 0,06$ và khi bán kính đường cong thay đổi thì lực ngang cũng thay đổi và khi bán kính đường cong lớn, siêu cao giảm dần nhưng không nhỏ hơn độ dốc thoát nước của mặt đường.

Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô Việt Nam quy định trị số độ dốc siêu cao phụ thuộc vào tốc độ thiết kế và bán kính đường cong nằm (bảng 3-3).

Bảng 3-3

Độ dốc siêu cao ứng với các bán kính đường cong nằm
Theo TCVN 4054 : 1998

Tốc độ tính toán km/h	Độ dốc siêu cao, %					Không làm siêu cao
	6	5	4	3	2	
80	≥ 250 ÷ 275	> 275 ÷ 300	> 300 ÷ 350	> 350 ÷ 500	> 500 ÷ 1000	> 1000
60	≥ 125 ÷ 150	> 150 ÷ 175	> 175 ÷ 200	> 200 ÷ 250	> 250 ÷ 500	> 500
40	≥ 60 ÷ 75		> 75 ÷ 100		> 100 ÷ 200	> 200
20	≥ 14 ÷ 50		> 50 ÷ 100		-	> 100

3.5. CẤU TẠO ĐOẠN NỐI SIÊU CAO

Đoạn nối siêu cao được thực hiện với mục đích chuyển hóa một cách điều hòa từ mặt cắt ngang thông thường (hai mái, với độ dốc tối thiểu thoát nước) sang mặt cắt ngang đặc biệt có siêu cao (hình 3-6). Sự chuyển hóa sẽ tạo ra một dốc dọc phụ i_p ;

Tiêu chuẩn nước ta quy định độ dốc dọc i_p trên đường cấp 20 và cấp 40 là 1%, với các đường còn lại là 0,5% [4.16].

Chiều dài đoạn nối siêu cao tính được :

$$L_1 = \frac{i_{sc} \cdot B}{i_p} \quad (3-13)$$

trong đó : B - chiều rộng phần xe chạy (m).

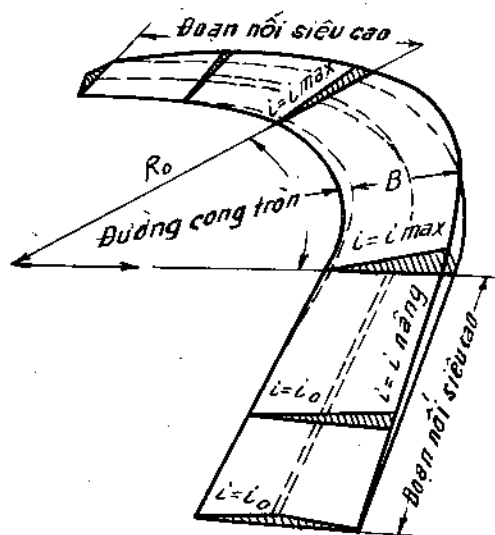
Nhiều nước quan niệm sự chuyển hóa độ dốc không vượt quá 1%/giây với đường cấp cao và 2%/giây với đường cấp thấp nên chiều dài này theo họ là :

$$L_1 = (i_n + i_{sc}) \frac{V}{2} = (i_n + i_{sc}) \cdot \frac{v}{7,2} \quad (3-14)$$

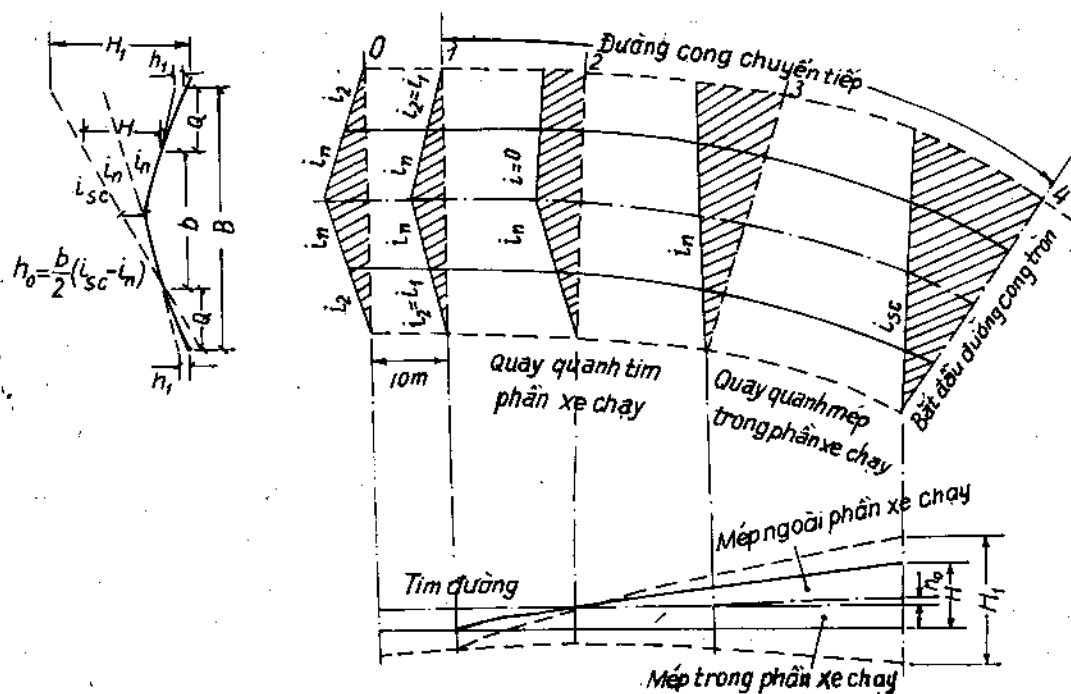
trong đó : i_n - độ dốc ngang tối thiểu của mặt đường ;

i_{sc} - độ dốc siêu cao ;

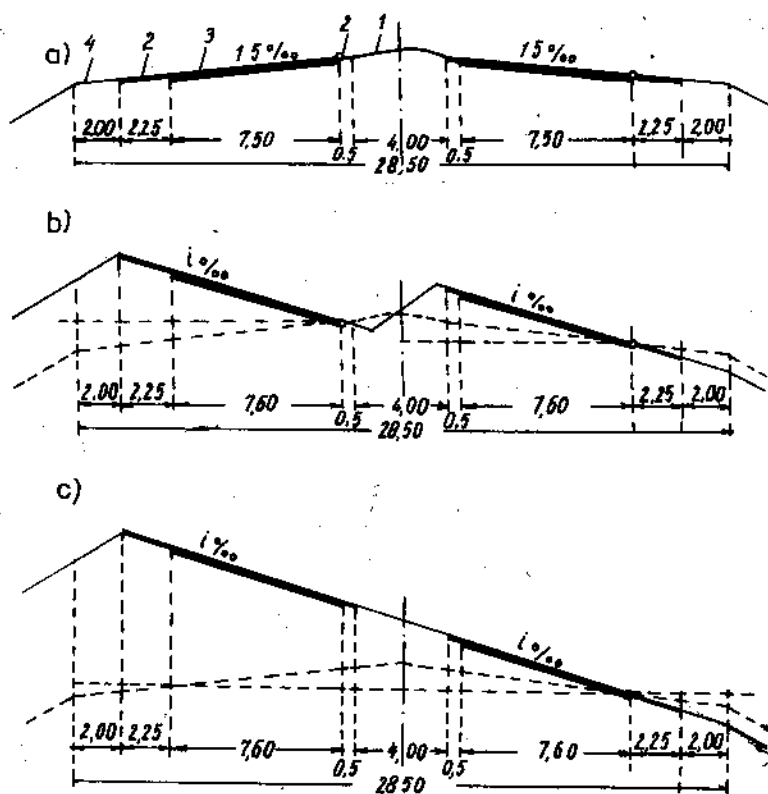
v và V là tốc độ xe chạy tính theo m/s và km/h.



Hình 3-6. Sơ đồ cấu tạo siêu cao



Hình 3-7. Cấu tạo siêu cao theo phương pháp thứ 2.



Hình 3-8. Cấu tạo siêu cao trên đường cao tốc

- a - đoạn trắc ngang thường, hai mái ;
- b - quay quanh 2 trục ảo, cách mép ngoài 7,0m.
- c - quay quanh 1 trục dẫn tới khối lượng đào đắp lớn.

Việc chuyển tiếp được tiến hành như sau : trước khi vào đoạn nối siêu cao, cần một đoạn 10m để vượt cho lề đường (cụ thể là phần lề gia cố, còn phần lề đất luôn đổ dốc ra khỏi tim đường) có cùng một độ dốc tối thiểu của mặt đường $i_{n,min}$, sau đó tiến hành theo 3 phương pháp :

1. Quay mái mặt đường bên lưng đường cong quanh tim đường cho mặt đường trở thành 1 mái với độ dốc tối thiểu rồi tiếp tục quay cả mặt đường và lề gia cố quanh tim đường cho tới khi cả mặt đường đạt độ dốc siêu cao $i_{n,max}$. Phương pháp này thường dùng, nhất là đối với đường thành phố có chiều rộng phần xe chạy hẹp.

2. Thoạt tiên quay mái mặt đường bên lưng đường cong quanh tim đường cho mặt đường trở thành một mái có độ dốc tối thiểu, sau đó quay cả mặt đường và lề gia cố quanh mép trong mặt đường cho đạt độ dốc siêu cao $i_{n,max}$. Phương pháp này yêu cầu khối lượng đào đắp nhiều nên thường dùng cho đường ngoài thành phố.

3. Khi phần xe chạy lớn hơn 7m, có thể thực hiện bằng cách quay quanh một trục quay ảo, cách mép phần xe bên ngoài một cự li là 7m.

Cấu tạo siêu cao và đoạn nối siêu cao trên đường cao tốc có thể dùng một trong ba phương pháp trên nhưng làm riêng biệt cho từng phần xe chạy.

3.6. LỰA CHỌN BÁN KÍNH ĐƯỜNG CONG NĂM

Trong khi chọn tuyến, nếu có điều kiện, người kĩ sư phải tìm cách vận dụng các bán kính đường cong lớn để xe chạy dễ dàng. Nhưng trong phần lớn các trường hợp, người kĩ sư phải tìm một thỏa hiệp giữa hai yêu cầu trái ngược nhau : phải bám sát địa hình để có khối lượng đào đắp ít nhất và phải đảm bảo chế độ xe chạy tốt nhất. Khi khó khăn, phải dùng bán kính tối thiểu R_{min} , khi đó hệ số lực ngang là lớn nhất (0,15) và siêu cao là tối đa (0,06). Theo dẫn giải ở 3-2 ta có :

$$R_{min} = \frac{v^2}{g(\mu + i_{sc,max})} = \frac{V^2}{127(\mu + i_{sc,max})} \quad (3-15)$$

Trường hợp thứ hai, khi có điều kiện làm bán kính lớn và không cần thiết phải bố trí siêu cao, lúc đó mặt cắt ngang làm hai mái và $i_{sc} = -i_n$, độ dốc ngang tối thiểu thoát nước tùy theo vật liệu cấu tạo mặt đường. Hệ số lực ngang do muốn cải thiện điều kiện xe chạy nên phải dùng 0,08.

$$R_{ksc} = \frac{v^2}{g(0,08 - i_n)} = \frac{V^2}{127(0,08 - i_n)} \quad (3-16)$$

Các trường hợp trung gian từ R_{ksc} tới R_{min} vẫn vận dụng công thức cơ bản như trên nhưng hệ số lực ngang tăng dần đều, độ dốc siêu cao cũng tăng dần đều khi bán kính nhỏ dần, và kết quả tập hợp theo quy trình (bảng 3-3).

Tiêu chuẩn TCVN 4054 : 1998 có đưa ra bán kính tối thiểu tuyệt đối R_{Hm} là bán kính không có trường hợp nào nhỏ hơn nó, trong đó, tốc độ là tốc độ tính toán siêu cao là tối đa và hệ số lực ngang là lớn nhất (0,15).

Bán kính tối thiểu thông thường R_{Hn} là trị số khuyến khích nên dùng, trong đó tốc độ là tốc độ tính toán cộng thêm 20 km/h, theo tốc độ đó để chọn hệ số lực ngang còn siêu cao là trị tối đa trừ đi 2%. Bán kính có siêu cao tối thiểu R_{Hd} là bán kính, các trị lớn hơn nó đều là bán kính không siêu cao. Tốc độ xe chạy là tốc độ tính toán, lực ngang còn dư (sau khi tính trừ hiệu quả của siêu cao) bằng lực ngang xe phải chịu khi chạy ở mác nghiêng trên đường thẳng. Bán kính không siêu cao R_{Hnd} tương đương khái niệm thể hiện ở công thức 3-16.

Quy định về áp dụng các loại bán kính đường cong nằm cả trên đường cao tốc và đường ô tô, theo 2 tiêu chuẩn TCVN 5729 : 1997 và TCVN 4054 : 1998 được tập hợp trong bảng 3-4.

Bảng 3-4

**Trị số các bán kính cong nằm
dùng trong đường ô tô và đường cao tốc Việt Nam**

Tốc độ tính toán km/h	20	40	60	80	100	120
Bán kính đường cong nằm nhỏ nhất :						
- trên đường cao tốc	-	-	140	240	450	650
- trên đường ô tô	15	60	125	250	-	-
Bán kính đường cong nằm thông thường :						
- trên đường cao tốc	-	-	250	450	650	1000
- trên đường ô tô	40	125	250	400	-	-
Bán kính không cần làm siêu cao :						
- trên đường cao tốc	-	-	1200	2000	3000	4000
- trên đường ô tô	100	200	500	1000	-	-

3.7. ĐƯỜNG CONG CHUYỂN TIẾP

Khi xe chạy từ đường thẳng vào đường cong, phải chịu các thay đổi :

- Bán kính từ $+\infty$ chuyển sang bằng R.

- Lực li tâm từ chỗ bằng không đạt tới trị $\frac{Gv^2}{gR}$.

- Góc α hợp thành giữa trục bánh trước và trục xe từ chỗ bằng không (trên đường thẳng) tới chỗ bằng α (trên đường cong).

Những biến đổi đột ngột đó gây cảm giác khó chịu cho lái xe và hành khách, đôi khi không thể thực hiện ngay được như trường hợp góc α .

Vì vậy để đảm bảo có sự chuyển biến đều hòa về lực li tâm, về góc α và về cảm giác của hành khách, cần phải làm một đường cong chuyển tiếp giữa đường thẳng và đường cong tròn. Ngoài tác dụng cơ học như ta vừa phân tích, người ta thấy khi làm đường cong chuyển tiếp, tuyến có dạng hài hòa hơn, tầm nhìn đảm bảo hơn, mức độ tiện nghi an toàn đều tăng rõ rệt. Trên đường cao tốc, từ chỗ là một cấu tạo phụ trong đường cong, nhiều trường hợp đường cong chuyển tiếp trở

thành một yếu tố cấu tạo cơ bản của tuyến. Quy định của tiêu chuẩn thiết kế đường cao tốc phải thực hiện đường cong chuyển tiếp với bất kì đường cong nằm nào, dù rằng bán kính đó không cần cấu tạo siêu cao (điều 6.5.1 TCVN 5729 : 1997), còn trên đường ô tô là với tốc độ tính toán từ 60 km/h trở lên thì phải làm đường cong chuyển tiếp.

Để cấu tạo đường cong chuyển tiếp ta có các giả thiết :

- Tốc độ xe chạy trên đường cong chuyển tiếp không đổi và bằng tốc độ thiết kế (xe chạy trên đường thẳng) ;

- Trên chiều dài của đường cong chuyển tiếp, gia tốc li tâm thay đổi từ 0 tới v^2/R , đồng thời bán kính cong thay đổi đều từ ∞ tới R, tỉ lệ bậc nhất với chiều dài đường cong chuyển tiếp từ $s = 0$ tới $s = L_2$.

Gia tốc li tâm tăng đều tức là độ tăng gia tốc li tâm bằng hằng số :

$$I = \frac{v^2}{R \cdot t} \text{ (m/s}^3\text{)}$$

t - là thời gian xe chạy từ đầu tới cuối đường cong chuyển tiếp, $t = L_2/v$, do đó :

$$I = \frac{v^2}{R \cdot L_2/v} = \frac{v^3}{R \cdot L_2}$$

từ đó suy ra chiều dài đường cong chuyển tiếp

$$L_2 = \frac{v^3}{I \cdot R} = \frac{V^3}{47I \cdot R} \quad (3-17)$$

trong đó : v và V là tốc độ thiết kế, lần lượt có thứ nguyên m/s và km/h ;

I là độ tăng gia tốc li tâm, quy trình Mỹ là $0,3 \div 0,9 \text{ m/s}^3$, Pháp lấy $0,65 \div 1,00 \text{ m/s}^3$, Liên Xô cũ và Việt Nam lấy bằng $0,5 \text{ m/s}^3$.

Để cấu tạo đơn giản, đường cong chuyển tiếp và đoạn nối siêu cao phải bố trí trùng nhau, do đó phải lấy cùng một chiều dài, tức là lấy theo trị lớn nhất của kết quả tính theo (3-13) và (3-17)

$$L_1 = L_2 = \max \{(3-13), (3-17)\} \quad (3-18)$$

Có thể tham khảo các giá trị của đường cong chuyển tiếp theo quy trình Liên Xô cũ (bảng 3-5) và theo quy trình Việt Nam (bảng 3-6).

Bảng 3-5

Chiều dài đường cong chuyển tiếp theo quy trình Liên Xô cũ

Bán kính đường cong (m)	Chiều dài đường cong chuyển tiếp ngắn nhất (m)	Bán kính đường cong (m)	Chiều dài đường cong chuyển tiếp ngắn nhất (m)
30	30	250	80
50	35	300	90
60	40	400	100
80	45	500	110
100	50	600 - 1000	120
150	60	1000 - 2000	100
200	70		

Bảng 3-6

Chiều cao đường cong chuyển tiếp tối thiểu
(Theo TCVN 5729 : 1997. Đơn vị bằng mét)

Đường cong năm	Tốc độ tính toán km/h							
	60		80		100		120	
	R	L	R	L	R	L	R	L
R _{min} tuyệt đối	140	150	240	170	450	210	650	210
R _{min} thông thường	250	90	450	140	650	150	1000	150
Một số đường cong khác	450	50	675	75	900	100	1125	125

Nghiên cứu dạng hình học của đường cong chuyển tiếp : Xét một điểm bất kì trên đường cong chuyển tiếp có tọa độ cong tính từ gốc đường cong là s , tại đó có bán kính cong ρ , bán kính ρ này giảm dần đều từ $+\infty$ ($s = 0$) tới R ($s = L_2$). Độ tăng gia tốc li tâm $I = v^3/\rho.s$ hay là $s = v^3/I.\rho$. Tốc độ xe đã giả thiết không đổi, I lựa chọn theo quy trình đã xác định, và $v^3/I = C$ hằng số, ta có thể viết :

$$\rho = \frac{C}{s} \quad (3-19)$$

Phương trình đường cong chuyển tiếp (3-19) là đường xoắn ốc Euler hay còn gọi là *đường cong clothoide*. Kết hợp với (3-17) ta có :

$$C = A^2 = R.L_2 \quad (3-20)$$

A được gọi là thông số của đường cong clothoide. Theo quy định TCVN 4054 : 1998

$$A \geq \sqrt{R.L_2}$$

$$A > R/3$$

Phương trình (3-19) được viết dưới dạng độc cực, vì vậy việc cắm tuyến còn khó khăn. Người ta chuyển sang tọa độ Descarte nhờ phương trình thông số :

$$\left. \begin{aligned} x &= s - \frac{s^5}{40A^4} + \frac{s^9}{3456.A^8} - \dots \\ Y &= \frac{s^3}{6.A^2} - \frac{s^7}{336.A^6} + \frac{s^{11}}{42240.A^{10}} - \dots \end{aligned} \right\} \quad (3-21)$$

Phương trình (3-21) hội tụ nhanh nên chỉ cần tính 2 số hạng đầu là đủ chính xác, nhưng khi đường cong dài (trường hợp cắm đường vòng trong nút giao thông) thì phải tính tới 3 số hạng.

Công việc tính toán dù sao vẫn còn phức tạp, nên có bảng clothoide đơn vị (bảng 3-7), trong đó cột thứ nhất là trị s/A , trị ở cột 2 là x/A , cột 3 là y/A .

Bảng 3-7

Các yếu tố đường cong clothoide đơn vị

s/A	x/A	y/A	s/A	x/A	y/A
1	2	3	4	5	6
0,01	0,010000	0,000000	0,51	0,509138	0,022082
0,02	0,020000	0,000001	0,52	0,519050	0,023404
0,03	0,030000	0,000004	0,53	0,528955	0,024778
0,04	0,040000	0,000011	0,54	0,538853	0,026204
0,05	0,050000	0,000021	0,55	0,548743	0,027684
0,06	0,060000	0,000036	0,56	0,558625	0,029218
0,07	0,070000	0,000057	0,57	0,568498	0,030807
0,08	0,080000	0,000085	0,58	0,578361	0,032453
0,09	0,090000	0,000122	0,59	0,588215	0,034156
0,10	0,100000	0,000167	0,60	0,598059	0,035917
0,11	0,110000	0,000222	0,61	0,607892	0,037737
0,12	0,119999	0,000288	0,62	0,617714	0,039617
0,13	0,129999	0,000366	0,63	0,627523	0,041557
0,14	0,139999	0,000457	0,64	0,637321	0,043560
0,15	0,149998	0,000562	0,65	0,647105	0,045625
0,16	0,159997	0,000683	0,66	0,656876	0,047754
0,17	0,169996	0,000819	0,67	0,666633	0,049947
0,18	0,179995	0,000972	0,68	0,676374	0,052206
0,19	0,189994	0,001143	0,69	0,686100	0,054530
0,20	0,199992	0,001333	0,70	0,695810	0,056922
0,21	0,209990	0,001544	0,71	0,705503	0,059382
0,22	0,219987	0,001775	0,72	0,715178	0,061910
0,23	0,229984	0,002028	0,73	0,724834	0,064508
0,24	0,239980	0,002304	0,74	0,734472	0,067176
0,25	0,249976	0,002604	0,75	0,744089	0,069916
0,26	0,259970	0,002929	0,76	0,753686	0,072728
0,27	0,269964	0,003280	0,77	0,763260	0,075612
0,28	0,279957	0,003658	0,78	0,772813	0,078571
0,29	0,289949	0,004064	0,79	0,782342	0,081603
0,30	0,299939	0,004499	0,80	0,791847	0,084711
0,31	0,309928	0,004964	0,81	0,801326	0,087895
0,32	0,319916	0,005460	0,82	0,810780	0,091155
0,33	0,329902	0,005988	0,83	0,820206	0,094493
0,34	0,339886	0,006549	0,84	0,829605	0,097909
0,35	0,349869	0,007144	0,85	0,838974	0,101404
0,36	0,359849	0,007774	0,86	0,848314	0,104978
0,37	0,369827	0,008839	0,87	0,857622	0,108633
0,38	0,379802	0,009142	0,88	0,866898	0,112368
0,39	0,389775	0,009882	0,89	0,876141	0,116185
0,40	0,399747	0,010662	0,90	0,885349	0,120084
0,41	0,409710	0,011481	0,91	0,894522	0,124066
0,42	0,419673	0,012341	0,92	0,903659	0,128130
0,43	0,429633	0,013324	0,93	0,912758	0,132279
0,44	0,439588	0,014188	0,94	0,921818	0,136513
0,45	0,449539	0,016176	0,95	0,930837	0,140831
0,46	0,459485	0,016210	0,96	0,939815	0,145235
0,47	0,469427	0,017289	0,97	0,948750	0,149724
0,48	0,479363	0,018414	0,98	0,957642	0,154300
0,49	0,449293	0,019588	0,99	0,966488	0,158964
0,50	0,499219	0,020810	1,00	0,975288	0,163714

Thí dụ : một đường cong tròn có bán kính 125m, chiều dài đường cong chuyển tiếp tính được là 80m, thông số :

$$A = \sqrt{R \cdot L_2} = \sqrt{125 \times 80} = 100m.$$

Tọa độ điểm cuối của đường cong chuyển tiếp $s = L_2 = 80m$, $s/A = 80/100 = 0,80$, tương ứng với trị này ở cột 2 và 3 ta có $x_0/A = 0,791847$ và $y_0/A = 0,084711$ do đó tọa độ điểm cuối là :

$$x_0 = 0,791847 \cdot 100 = 79,18m$$

$$y_0 = 0,084711 \cdot 100 = 8,47m$$

Cách cắm đường cong chuyển tiếp : Việc cắm đường cong chuyển tiếp được thực hiện theo các trình tự như sau :

1. Tính toán các yếu tố cơ bản của đường cong tròn theo α (góc kẹp ở đỉnh) và R (bán kính). Các yếu tố cơ bản là T (tiếp tuyến của đường cong) và D (chiều dài đường cong cơ bản) :

$$T = R \cdot \tan(\alpha/2) \quad (3-22)$$

$$D = R \cdot \alpha \quad (3-23)$$

chú ý là α tính theo radian.

2. Chọn chiều dài đường cong chuyển tiếp theo (3-18), xác định thông số đường cong $A = \sqrt{R \cdot L}$. Tùy theo điều kiện địa hình, thông số A có thể lấy lớn hơn tính toán để làm tuyến thêm mềm mại, phù hợp địa hình, cải thiện điều kiện tâm lý của lái xe.

3. Tính góc kẹp giữa đường thẳng và tiếp tuyến ở điểm cuối đường cong chuyển tiếp $\varphi_0 = L/2R$, kiểm tra điều kiện $\alpha \geq 2\varphi_0$. Nếu không thỏa mãn điều kiện này thì phải tìm cách cấu tạo lại.

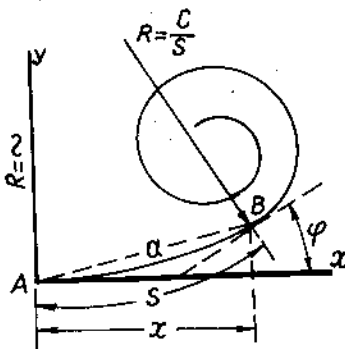
4. Xác định các tọa độ của điểm cuối đường cong chuyển tiếp X_0 và Y_0 theo bảng 3-4.

5. Xác định các chuyển dịch p và t (hình 3-11) :

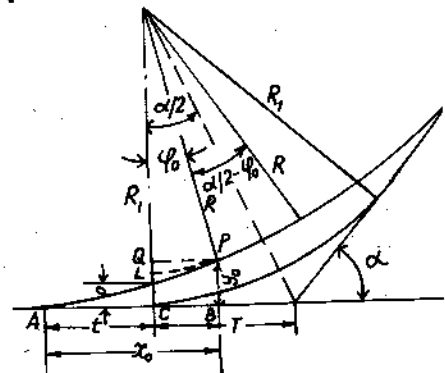
$$p = Y_0 - R(1 - \cos\varphi_0) \quad (3-24)$$

$$t = X_0 - R \cdot \sin\varphi_0 = L_2/2 \quad (3-25)$$

trường hợp $p > R/100$ phải cấu tạo lại.



Hình 3-9. Đường cong chuyển tiếp dạng clothoide



Hình 3-10. Cấu tạo đường cong chuyển tiếp dạng clothoide

6. Xác định điểm bắt đầu và kết thúc của đường cong chuyển tiếp qua tiếp tuyến mới $T_1 = t + T$.

$$TD_{ct} = D + T_1 \quad (3-26)$$

$$TC_{ct} = TD_{ct} + D_o + 2T_1$$

trong đó : D_o - là chiều dài đường cong tròn cơ bản ;

$$D_o = R.(\alpha - 2\varphi_o) \quad (3-27)$$

7. Xác định tọa độ của các điểm trung gian của đường cong chuyển tiếp nhờ bảng 3-6. Cuối cùng là cắm các điểm còn lại trên đường cong tròn cơ bản và đường cong chuyển tiếp thứ hai để ra khỏi đường cong.

Các đường cong chuyển tiếp thay thế :
Nếu trong phương trình độc cực, giản hóa, coi $s \approx a$, với a là dây trương cung, ta sẽ được phương trình đường cong lemniscate Bernouilli có phương trình dưới dạng độc cực :

$$\rho = 3C \sin 2w \quad (3-28)$$

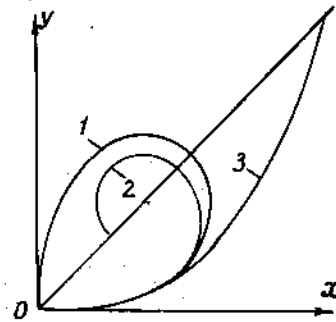
Nếu trong phương trình độc cực, giản hóa coi $s \approx x$, hoành độ, ta sẽ có phương trình parabol bậc 3 :

$$y = \frac{x^3}{6A^2} \quad (3-29)$$

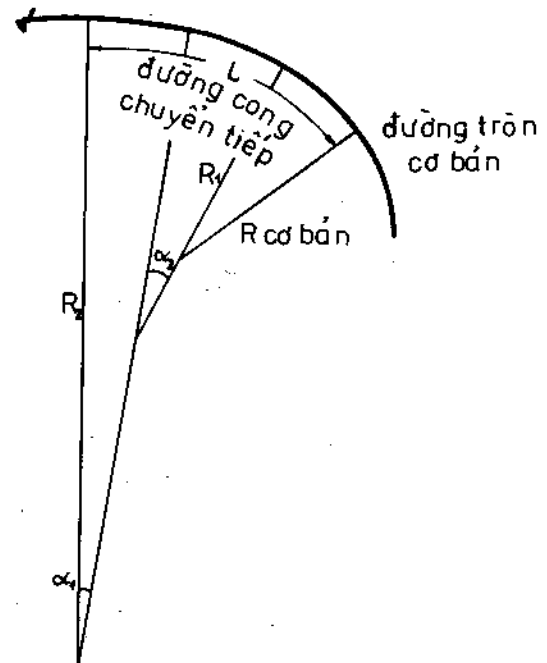
Phương trình parabol bậc 3 thường dùng trong đường sắt, có đặc điểm là đơn giản. Phương trình lemniscate sau khi bán kính cong đạt cực tiểu lại tăng dần có thể dùng trong các nút giao thông khác mức. Có thể vận dụng các dạng giản hóa này khi góc $\varphi_o < 24^\circ$ (hình 3-11).

Từ đường cong cơ bản có bán kính R có thể làm đường cong chuyển tiếp bằng cách ghép nhiều cung tròn có bán kính $2R$; $4R$ v.v... Hình thức này thường vận dụng làm đường cong rẽ phải trong đường thành phố.

Đường cong chuyển tiếp hãm xe :
Trong các đường cong có bán kính nhỏ, trong nút giao thông, xe khi vào đường cong thường có xu hướng giảm tốc độ, các tính toán có khác với phương pháp vừa trình bày.



Hình 3-11. Các đường cong chuyển tiếp đơn giản.



Hình 3-12. Đường cong chuyển tiếp ghép nhiều cung tròn.

Trên đường thẳng, xe chạy với vận tốc v_o , tốc độ trên đường cong là v_r . Giả thiết rằng trên chiều dài của đường cong chuyển tiếp L , xe giảm tốc độ đều theo một gia tốc âm cố định a . Ta có thể viết :

$$a = \frac{v_o - v_r}{t} \quad (3-30)$$

t - là thời gian xe chạy trên đường cong chuyển tiếp, có thể tính được :

$$t = \frac{2L}{v_o + v_r} \quad (3-31)$$

$$a = \frac{v_o^2 - v_r^2}{2L} \quad (3-32)$$

Do đó :

Từ gia tốc a ta có thể viết biểu thức thể hiện tốc độ xe chạy tại một điểm cách đầu đường cong, điểm này có cự li s và bán kính cong ρ :

$$v = \sqrt{v_o^2 - 2as} \quad (3-33)$$

Gia tốc li tâm thay đổi theo chiều dài s có quy luật tuyến tính với độ tăng I nên có thể viết :

$$\frac{v_\rho^2}{\rho} = I \cdot t = \frac{I(v_o - v_\rho)}{a} \quad (3-34)$$

gia tốc đã tính được theo (3-31), thay vào ta có :

$$I = \frac{v_r^2(v_o + v_r)}{2RL} \quad (3-35)$$

Thay giá trị của a theo (3-32) và I theo (3-35) vào (3-34) ta có biểu thức tính bán kính cong tại một điểm bất kì trên đường cong chuyển tiếp.

$$\rho = \frac{v_\rho^2(v_o - v_r)}{v_r^2(v_o - v_\rho)} \cdot R \quad (3-36)$$

Trong (3-35) lại thay giá trị v vừa tính được theo (3-33) và a tính được theo (3-32) :

$$\rho = \frac{v_o - v_r}{v_r^2} \left[\frac{v_o^2 - \frac{s}{L}(v_o^2 - v_r^2)}{v_o - \sqrt{v_o^2 - \frac{s}{L}(v_o^2 - v_r^2)}} \right] \cdot R \quad (3-37)$$

Kí hiệu $\frac{\rho}{R} = y$; $\frac{v_o}{v_r} = n$; $\frac{s}{L} = x$; (3-37) được viết lại :

$$y = \frac{(n-1)(n^2 - x(n^2 - 1))}{n - \sqrt{n^2 - x(n^2 - 1)}} \quad (3-38)$$

Chiều dài đường cong chuyển tiếp được tính theo :
$$L = \frac{v_o^2 - v_r^2}{2a} \quad (3-39)$$

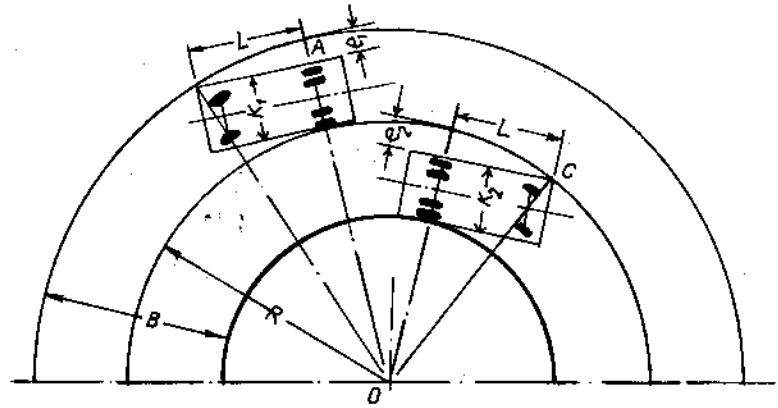
Nếu tính bằng km/h :
$$L = \frac{V_o^2 - V_r^2}{26a} \quad (3-40)$$

Gia tốc a có thể lấy khi hãm xe để vào đường cong : $a = 0,8 \div 1,5 \text{ m/s}^2$, khi tăng tốc cho xe ra khỏi đường cong : $a = 0,6 \div 1,2 \text{ m/s}^2$.

3.8. MỞ RỘNG PHẦN XE CHẠY TRÊN ĐƯỜNG CONG

Khi xe chạy trên đường cong, trục sau cố định luôn luôn hướng tâm, còn bánh trước hợp với trục xe một góc (hình 3-13) nên xe yêu cầu một chiều rộng lớn hơn trên đường thẳng.

Độ mở rộng của một làn xe e_1 , thí dụ làn xe ngoài có thể xác định theo hệ thức lượng vòng tròn :



Hình 3-13. Sơ đồ tính toán độ mở rộng trên đường hai làn xe

$$e_1 = \frac{L^2}{2R} \quad (3-41)$$

trong đó : R - bán kính đường cong ;

L - chiều dài tính từ trục sau của xe tới giảm xóc đằng trước.

Công thức (3-40) mới chỉ xét tới mặt hình học, để tính tới độ sàng ngang của xe khi chuyển động ta phải bổ xung thêm một biểu thức hiệu chỉnh :

$$e_1 = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,05V}{R} \quad (3-42)$$

Độ mở rộng của phần xe chạy có 2 làn xe gồm có e_1 và e_2 có thể tính gần đúng :

$$E = e_1 + e_2 = \frac{L^2}{R} + \frac{0,1V}{\sqrt{R}} \quad (3-43)$$

Để tham khảo, xin giới thiệu quan điểm của AASHTO cho đường có nhiều làn xe :

$$E = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{0,10V}{R} \quad (3-44)$$

hay dạng đơn giản của quy trình Pháp : $E = 50/R \quad (3-45)$

sai số giữa các phương pháp có thể chấp nhận được.

Trên các đường có xe kéo móc, độ mở rộng có thể tính toán được theo các phương pháp hình học mà độc giả hoặc là tự suy hoặc là tham khảo các tài liệu khác không khó tìm.

Trị số độ mở rộng tính được theo các công thức vừa trình bày được làm tròn tới bội số của 10cm. Người đọc cần so sánh với các trị trong quy trình TCVN-4054-85, bảng 3-8. Với đường cao tốc, các bán kính cong nằm có trị số lớn nên độ mở rộng không nhiều và nằm trong diện tích phần mặt đường mở rộng thường xuyên nên không có quy định riêng về độ mở rộng.

Bảng 3-8

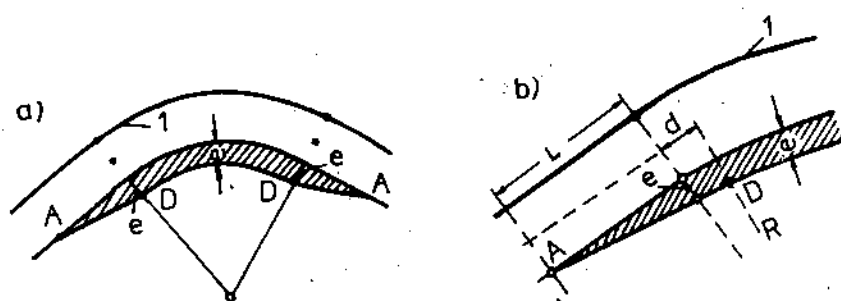
Độ mở rộng phần xe chạy hai làn xe trong đường cong trên bình đồ
(Đơn vị tính bằng mét)

Trường hợp	Khoảng cách từ trục sau của xe tới đầu mũi xe	Bán kính đường cong trên bình đồ trong phạm vi, m								
		250÷200	<200÷150	<150÷100	<100÷70	<70÷50	<50÷30	<30÷25	<25÷20	<20÷15
1	5	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,2	2,5
2	8	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	2,0	-	-	-
3	5,2 ÷ 8,8	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	-	-	-	-

Trường hợp 1 áp dụng cho các đường $V_{tt} \geq 20$ km/h. Trường hợp 2 áp dụng cho các đường $V_{tt} \geq 60$ km/h.
Trường hợp 3 áp dụng khi có nhiều xe kéo móc.

Trong các trường hợp có thể, nên tận dụng bố trí mở rộng về phía bụng đường cong, vì xe có xu hướng cắt đường cong. Trường hợp cần thiết có thể bố trí phía lưng hoặc bố trí một phần phía lưng và một phần phía bụng.

Trên bình đồ, cần phải có một đoạn nối mở rộng. Chiều dài đoạn nối mở rộng có thể lấy theo 1 : 10 (mở rộng 1m trên 10m dài) hoặc khi có đường cong chuyển tiếp thì lấy trùng với đường cong chuyển tiếp và đoạn nối siêu cao, (hình 3-14).



Hình 3-14. Bố trí đoạn nối mở rộng

- a - trường hợp không có đường cong chuyển tiếp, nối ngoài đường cong cơ bản ;
b - có đường cong chuyển tiếp, có một phần lấn vào đường cong cơ bản.

3.9. SỰ NỐI TIẾP GIỮA CÁC ĐƯỜNG CONG NÀM

Khi cấm tuyến nên tránh các bất ngờ cho người lái, các bán kính đường cong cạnh nhau không nên chênh lệch nhau quá, tốt nhất là không lớn quá 1,5 lần bán kính đường cong tiếp theo. Sau một đoạn thẳng dài cũng không nên bố trí đường cong có bán kính quá nhỏ. Các bán kính nhỏ, tốt nhất nên tập trung trong một khu vực, trong khu đó người lái giảm tốc và tập trung sự chú ý. Về mặt liên kết kĩ thuật cần có sự chú ý cho các trường hợp sau :

Giữa 2 đường cong cùng chiều : Khi hai đường cong không có siêu cao, chúng có thể nối trực tiếp với nhau nhưng cũng nên nhắc lại là trị số bán kính không nên gấp nhau 1,5 lần.

Khi hai đường cong có siêu cao thì đoạn chêm phải đủ chiều dài để bố trí hai nửa đường cong chuyển tiếp :

$$m \geq \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (3-46)$$

Khi đoạn chêm không thỏa mãn điều kiện (3-46) thì có thể có một đoạn chuyển tiếp siêu cao, đoạn này bố trí trên đường cong có bán kính lớn.

Đoạn mặt cắt ngang hai mái chêm giữa hai đường cong có thể bố trí một mái nếu ngắn để tránh cho xe phải thay đổi lực ngang nhiều quá.

Giữa 2 đường cong ngược chiều. Khi 2 đường cong đều không có siêu cao, có thể bố trí 2 đường cong nối nhau trực tiếp.

Khi 2 đường cong có siêu cao thì yêu cầu tối thiểu là có một đoạn chêm, chiều dài tối thiểu của đoạn chêm lớn hơn tổng hai nửa đường cong chuyển tiếp, như điều kiện (3-46).

3.10. BẢO ĐẢM TẦM NHÌN TRÊN ĐƯỜNG CONG CÓ BÁN KÍNH NHỎ

Trên đường cong có bán kính nhỏ, nhiều trường hợp có chướng ngại vật nằm phía bụng đường cong gây trở ngại cho tầm nhìn như mái taluy, cây cối trên đường ngoài thành phố, hoặc như nhà cửa, cột đèn, kiốt, biển quảng cáo trong đường thành phố. Khi kiểm tra, giả thiết mắt người lái đặt cách mép trong phần xe chạy 1,5m, trên một độ cao là 1,20m (theo quy trình Việt Nam, Pháp) là 1,07 m (theo quy trình Mỹ). Theo quỹ đạo nói trên, dùng thước dài đo trên bình đồ các chiều dài tầm nhìn S_1 , vẽ đường bao với các tia nhìn trên ta được trường nhìn yêu cầu và xác định được Z chiều rộng cần tháo dỡ các chướng ngại vật, (hình 3-16).

Cũng có thể xác định miễn dỡ bỏ chướng ngại vật bằng phương pháp tính toán hình học. Có 2 trường hợp có thể xảy ra :

1. Khi chiều dài tầm nhìn S_1 nhỏ hơn chiều dài đường cong K (hình 3-17). Khoảng dỡ bỏ Z được tính :

$$Z = R \cdot \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right) \quad (3-47)$$

trong đó : $\beta = S_1/R$ (radian) là góc nhìn chiều dài tầm nhìn.

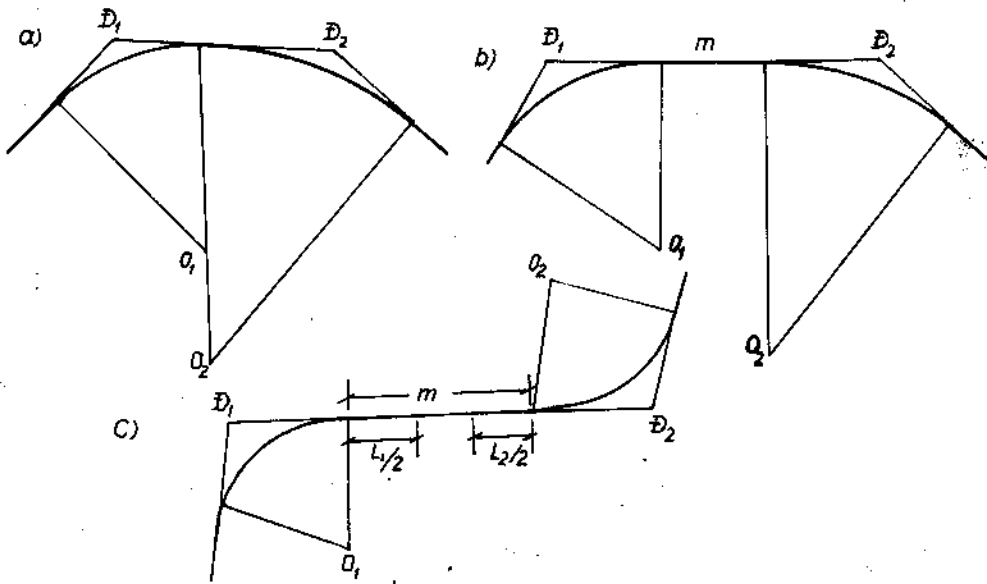
2. Khi chiều dài tầm nhìn S_1 lớn hơn chiều dài đường cong K (hình 3-18). Khi đó khoảng dỡ bỏ gồm có 2 phần : $Z = Z_1 + Z_2$, trong đó :

$$Z_1 = R \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$Z_2 = \frac{1}{2} (S_1 - K) \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

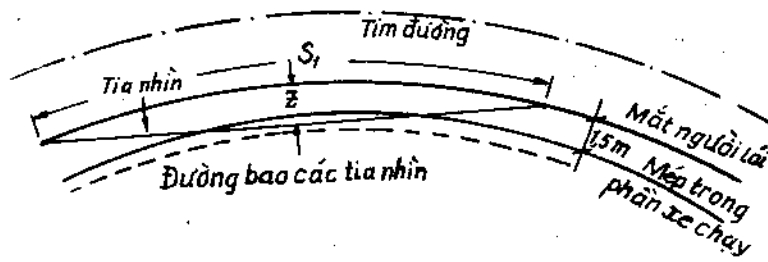
do đó

$$Z = R \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{1}{2} (S_1 - K) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3-48)$$

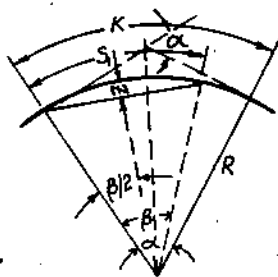


Hình 3-15. Sự kết hợp giữa 2 đường cong.

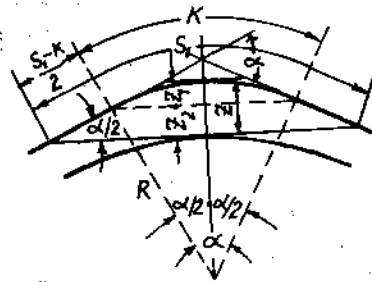
a - 2 đường cong không có siêu cao ;
b - 2 đường cong cùng chiều có siêu cao ; c - 2 đường cong trái chiều.



Hình 3-16. Bảo đảm tầm nhìn trên đường cong.

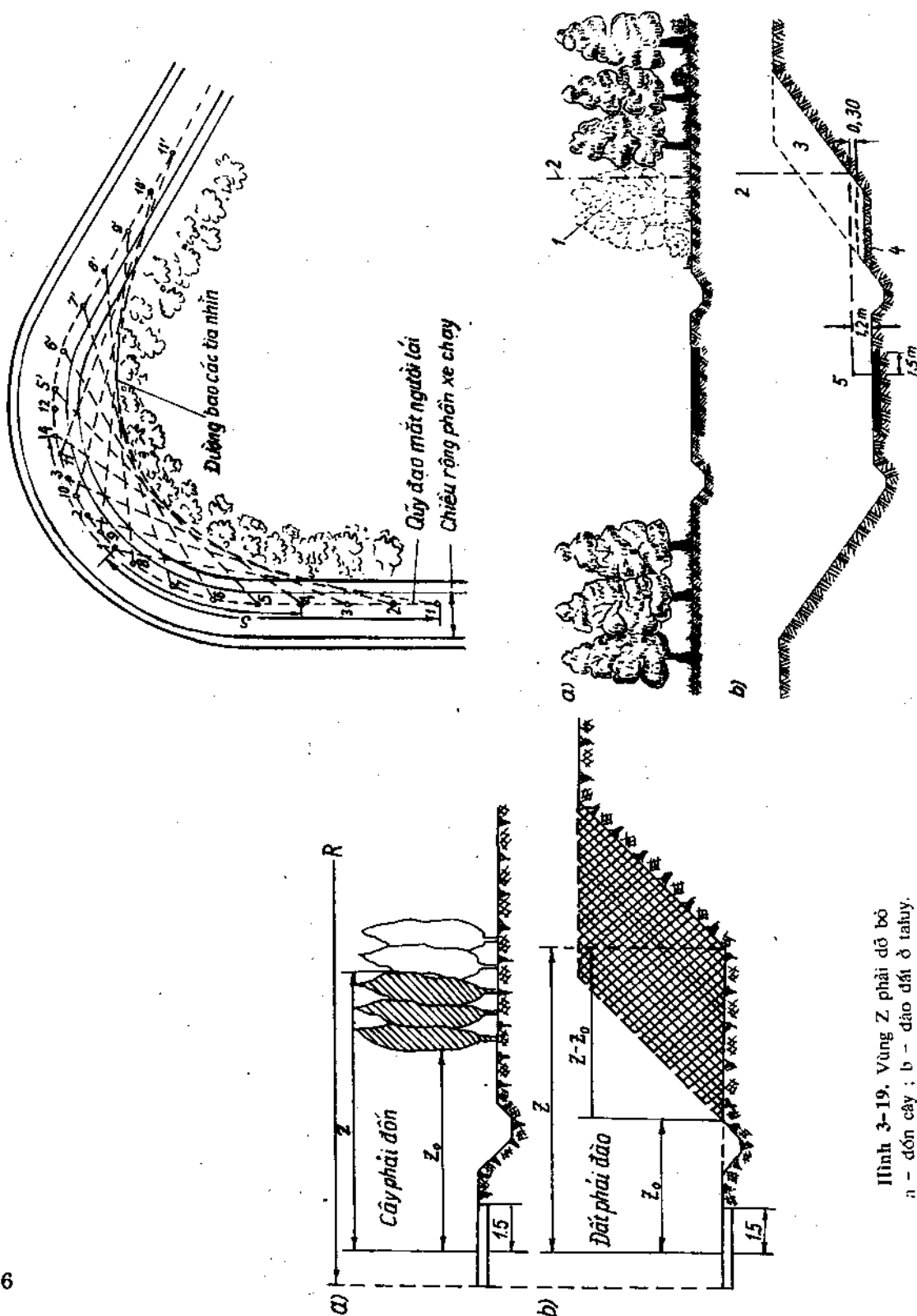


Hình 3-17. Xác định vùng đổ bỏ
khi $S_1 < K$.



Hình 3-18. Xác định vùng đổ bỏ
khi $S_1 > K$.

Trong phạm vi Z và trên $1,20m$ phải dỡ bỏ các chướng ngại vật như nhà cửa cây cối, đất đá. Nhưng để để phòng cây cỏ có thể mọc lên che khuất tầm nhìn, nên phải dỡ thấp hơn $0,50m$ hoặc dỡ bỏ ngang với mặt đường như trường hợp hình 3-19.



Hình 3-19. Vùng Z phải dỡ bỏ
a - dọn cây ; b - đào đất ở taluy.

008.1988

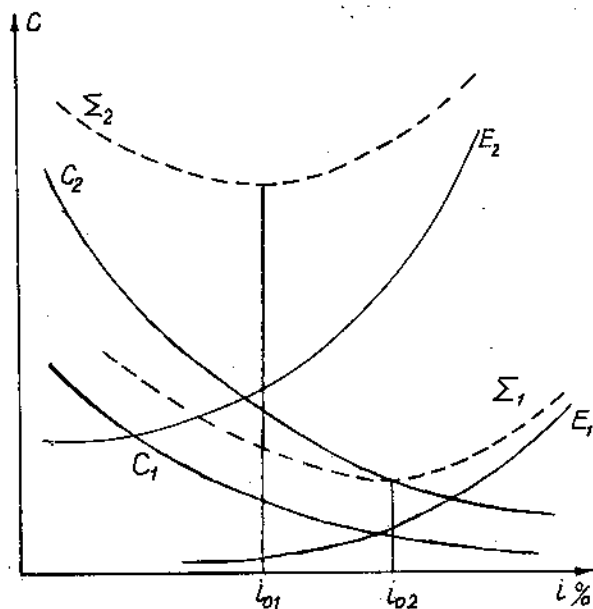
CHƯƠNG 4

THIẾT KẾ MẶT CẮT DỌC VÀ MẶT CẮT NGANG

4.1. XÁC ĐỊNH ĐỘ DỐC DỌC CỦA ĐƯỜNG

Trong chương 2, chúng ta đã đề cập đến vấn đề dốc dọc tối đa xe có thể chạy đều với tốc độ cân bằng yêu cầu. Vấn đề như vậy là mới chỉ xét về mặt sức kéo, tức là về mặt cơ học. Trên thực tế người kĩ sư luôn gặp mâu thuẫn giữa hai yêu cầu, làm cho khối lượng đào đắp ít nhất để có giá thành xây dựng nhỏ nhất và phải làm cho xe chạy thuận lợi, giá thành vận tải và duy tu bảo dưỡng nhỏ nhất. Bài toán kinh tế kĩ thuật này không đơn giản chút nào vì dòng xe phức tạp, có tính năng kĩ thuật và mức độ chất tải khác nhau. Nhiều vấn đề xác định rất khó khăn như tốc độ xe chạy, mức độ tiêu hao nhiên liệu, chi phí vận tải, chi phí duy tu khai thác v.v... Tuy vậy trên nguyên tắc, có thể hiểu cách lựa chọn độ dốc dọc có lợi như sau :

Độ dốc dọc có ảnh hưởng rất nhiều đến giá thành xây dựng, chủ yếu là qua khối lượng đào đắp. Độ dốc dọc được áp dụng càng lớn thì chiều dài tuyến đường trên vùng đồi và vùng núi càng ngắn, khối lượng đào đắp càng nhỏ dẫn tới giá thành đầu tư xây dựng càng thấp. Ngược lại, khi độ dốc dọc càng lớn thì xe chạy càng lâu, tốc độ xe chạy càng thấp, tiêu hao nhiên liệu càng lớn, hao mòn sầm lốp càng nhiều, tức là giá thành vận tải càng cao. Phải kể thêm là khi độ dốc lớn thì mặt đường



Hình 4-1. Sơ đồ nguyên tắc xác định độ dốc dọc có lợi.
 Các kí hiệu : C - chi phí đầu tư ; E - chi phí vận doanh ;
 Σ - tổng chi phí xây dựng vận doanh ; i_0 - dốc tối ưu.
 Chỉ số : 1 - phương án ít xe ; 2 - phương án đông xe.

nhanh hao mòn, do lớp xe bào mòn và do nước mưa bào mòn, rãnh dọc mau hư hỏng hơn, duy tu bảo dưỡng cũng khó khăn hơn. Tức là dốc dọc lớn thì chi phí khai thác vận doanh tốn kém hơn, lượng xe càng nhiều thì chi phí mặt này càng tăng. Đường biểu diễn giá thành xây dựng và đường biểu diễn chi phí vận doanh được biểu diễn trên biểu đồ trong hình 4-1. Tổng 2 chi phí này là chi phí xây dựng vận doanh, có giá trị tối thiểu ứng với độ dốc dọc có lợi i_{opt} . Đặt vấn đề cũng trên địa hình này, nếu yêu cầu xe chạy lớn hơn, quy luật quan hệ "Độ dốc dọc - giá thành xây dựng" và quan hệ "Độ dốc dọc - chi phí vận doanh" vẫn có dạng như vậy nhưng giá xây dựng cao hơn và chi phí vận doanh cao hơn vì số xe tăng lên và yêu cầu bảo dưỡng cũng lớn lên thì chúng ta cũng có được một độ dốc dọc có lợi nhưng giá trị nhỏ hơn so với trường hợp vừa kể (hình 4-1). Như vậy có thể kết luận là trên một địa hình nhất định, sẽ tồn tại một độ dốc dọc có lợi nhất, độ dốc này tùy thuộc địa hình và tùy thuộc rất nhiều vào yêu cầu xe chạy.

Nguyên tắc là như vậy nhưng việc xác định i_{opt} không phải là dễ làm, và không phải là bao giờ cũng làm được. Vì vậy, mỗi nước, căn cứ vào địa hình phổ biến trên đất nước mình, căn cứ vào dòng xe của nước mình, vào khả năng và giá thành xây dựng, duy tu bảo dưỡng trung bình nhiều năm, tổng kết các kinh nghiệm và đưa ra trong quy trình những quy định về độ dốc dọc lớn nhất. Bảng 4-1 giới thiệu độ dốc dọc lớn nhất tùy theo cấp hạng đường (tức là yêu cầu xe cộ) theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4054 : 1998 và TCVN 5729 : 1997.

Bảng 4-1

Quy định về độ dốc dọc tối đa theo tiêu chuẩn Việt Nam
(Đơn vị tính bằng %)

Tốc độ tính toán km/h	20	40	60	80	100	120
Dốc lên	9	8	7 (đường ô tô)	6	5	4
Dốc xuống	-	-	6 (đường cao tốc) 6	6	5,5	5,5

Chú ý : Quy định dốc xuống áp dụng riêng cho đường cao tốc

Đây là độ dốc dọc có thể sử dụng trong trường hợp khó khăn nhất ; trong mỗi trường hợp khả dĩ, nhất là khi địa hình cho phép, người kĩ sư phải luôn tìm cách giảm độ dốc dọc áp dụng, tạo điều kiện thuận lợi và an toàn cho xe chạy và mở ra hướng dễ dàng cho công việc nâng cấp đường sau này. Độ dốc nên dùng không nên vượt quá 3% để nâng cao chất lượng vận tải. Mặt khác, trong trường hợp quá khó khăn, sau khi có lập luận chứng kinh tế kĩ thuật đầy đủ thì có thể đề nghị nâng dốc dọc tối đa thêm 1%.

Xe không có động cơ chỉ vượt được độ dốc dưới 2,5%. Trên các đường gần khu vực dân cư phải chú ý vấn đề này, tiêu chuẩn Việt Nam khuyến đối với đường qua khu dân cư nên dùng độ dốc nhỏ hơn 3%.

Nếu dòng xe trên đường thiết kế có nhiều xe kéo móc thì phải căn cứ vào tải trọng cũng như số móc kéo theo phổ biến để kiểm tra lại độ dốc dọc. Trên đường

chuyên dụng và đường tạm, việc lựa chọn dốc dọc căn cứ vào tính toán sức kéo và sức bám. Trên đường có nhiều xe tải, do tốc độ xe tải cản trở xe con, lúc đó cần làm thêm làn phụ leo dốc.

Vì tính chất thuận nhất của dòng xe nên quy trình nhiều nước có độ dốc dọc lớn hơn so với quy trình nước ta. Ví dụ trên miền núi, theo quy trình Mỹ có thể dùng tới độ dốc 12 - 16%, (bảng 4-2).

Trong đường đào, để tránh cho rãnh dọc không phải đào quá sâu, làm tăng khối lượng đất và để đảm bảo an toàn cho xe, dốc dọc không nhỏ dưới 0,5%.

Bảng 4-2

Độ dốc dọc lớn nhất theo quy trình Mỹ (AASHTO)

Tốc độ thiết kế (km/h)	16	32	48	64	80	96	112
Vùng đồng bằng							
(1)	-	-	7	7	6	5	-
(2)	8	8	7	7	-	-	-
(3)	-	7	7	7	6	5	4
(4)	-	9	9	9	7	6	5
(5)	-	-	8	7	6	5	-
(6)	-	-	-	-	4	3	3
Vùng đồi							
(1)	-	11	10	9	8	6	-
(2)	12	11	10	9	-	-	-
(3)	-	10	9	8	7	6	5
(4)	-	12	11	10	8	7	6
(5)	-	-	9	8	7	6	-
(6)	-	-	-	-	5	4	4
Vùng núi							
(1)	-	16	14	12	10	-	-
(2)	18	16	14	12	-	-	-
(3)	-	12	10	10	9	8	6
(4)	-	14	12	12	10	9	7
(5)	-	-	11	10	9	8	-
(6)	-	-	-	-	6	6	5

Chú thích : (1) - phố và đường địa phương ; (2) - đường du lịch ; (3) - đường tỉnh lộ ; (4) - đường chính khu vực trong thành phố ; (5) - đường trục chính thành phố ; (6) - đường cao tốc trong và ngoài thành phố.

Về chiều dài dốc, khi dốc lớn không nên kéo dài vì khi lên dốc máy phải làm việc quá sức, dễ hao mòn và khi xuống dốc không an toàn. Dốc càng lớn thì chiều dài dốc tối đa càng phải ngắn. Theo nghiên cứu của giáo sư V.V. Xilianov, chiều dài lớn nhất của dốc không vượt quá các trị số ghi trong bảng 4-3.

Chiều dài đoạn dốc lớn nhất (m)

Bảng 4-3

Độ dốc ‰	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vùng núi	-	-	1500	1200	700	500	400	350	300
Vùng đồi và đồng bằng	2000	1200	600	400	300	250	200	150	150

Có nhiều nước quy định khi lên dốc dài, xe tải cản trở xe con thì phải làm làn phụ cho xe tải leo dốc. Quy trình của bang Whashington (Mỹ) năm 1998, quy định là chiều dài dốc lớn nhất không làm xe tải giảm tốc 25 km/h. Do đó đi đến quy định :

Dốc dọc ‰	2	3	4	5	6	7
Chiều dài dốc giới hạn, m						
- Bang California	-	650	475	350	300	250
- Bang Whashington	-	600	450	330	280	170

Gặp trường hợp dốc dài phải chêm bằng các đoạn nghỉ có độ dốc nhỏ hơn 2,5%, chiều dài không nhỏ hơn 50m nhưng đủ dài để chêm các đường tang của đường cong đứng. Tiêu chuẩn Việt Nam quy định : khi chiều dài dốc lớn hơn các trị số ghi trong bảng 4-4 phải có các đoạn nghỉ. Các đoạn nghỉ nên kết hợp làm chỗ tránh xe cho đường có một làn xe. Trên đường núi hiểm trở, tại các chỗ dốc dài nên làm các đường cứu nạn, có dốc nhỏ hoặc dốc ngược, ở cuối làn đổ các đồng cát để khi gặp nguy hiểm như khi hỏng phanh xe có thể rẽ vào.

Bảng 4-4

Chiều dài lớn nhất của dốc dọc
(TCVN 4054 : 1998 và TCVN 5729 : 1997)
(Đơn vị tính bằng mét)

Dốc dọc ‰	Tốc độ tính toán km/h					
	20	40	60	80	100	120
2	-	-	-	-	-	1500
3	-	-	-	-	-	800
4	-	1500	1000	900	800	600
5	1200	1000	800	700	600	-
6	1000	800	600	500	-	-
7	800	600	400	-	-	-
8	600	400	-	-	-	-
9	400	-	-	-	-	-

Mặt khác tiêu chuẩn cũng quy định chiều dài tối thiểu của một đoạn dốc dọc. Một mặt phải đủ dài để bố trí các đường tang nhưng mặt khác không quá ngắn để xe phải đổi dốc luôn. Chiều dài dốc không nhỏ quá các quy định trong bảng 4-5.

Bảng 4-5

Chiều dài tối thiểu các đoạn dốc dọc
(Đơn vị tính bằng mét)

Tốc độ tính toán km/h	20	40	60	80	100	120
Trường hợp làm mới	60	100	150	200	250	300
Trường hợp đường cải tạo	50	70	100	150	-	-

4.2. CHIẾT GIẢM ĐỘ DỐC DỌC TRONG ĐƯỜNG CONG CÓ BÁN KÍNH NHỎ

Trên đường cong nằm có bán kính nhỏ, độ dốc thực tế sẽ tăng lên vì :

- Trên đường cong có bán kính nhỏ, phải bố trí siêu cao, tổng hình học của dốc siêu cao và dốc dọc sẽ lớn hơn độ dốc dự định áp dụng.
- Chiều dài ở bụng đường cong ngắn hơn ở tim đường cong nên dốc dọc ở mép trong lớn hơn dốc dọc ở tim đường.

Như đã phân tích về sức bám, sức bám toàn thể phải phân ra, phần sức bám dọc chỉ chiếm khoảng 0,60 - 0,70 sức bám toàn thể vì vậy trong đường cong nằm có bán kính nhỏ dốc dọc không thể dùng trị tối đa mà phải chiết giảm. Lượng chiết giảm tùy theo bán kính cong nằm, được quy trình quy định, ghi trong bảng 4-6.

Bảng 4-6

Độ chiết giảm dốc dọc trong đường cong nằm có bán kính nhỏ
(theo TCVN 4054 : 1998)

Bán kính đường cong (m)	50 ÷ 35	35 ÷ 30	30 ÷ 25	25 ÷ 20	≤ 20
Độ dốc dọc chiết giảm ‰	10	15	20	25	30

Như vậy các đường cong có bán kính nhỏ hơn 50m được dùng độ dốc bằng dốc dọc tối đa trừ đi trị số chiết giảm ghi trong bảng trên.

Trong đường cong con rắn (sẽ nói kĩ ở các tập sau) về bán kính cong quay đầu xe nhỏ nên dốc dọc trong các đoạn chêm phải hạn chế (bảng 4-7).

Bảng 4-7

Các chỉ tiêu kĩ thuật chỗ quay đầu xe ở đường cong con rắn

Các chỉ tiêu kĩ thuật	Tốc độ tính toán km/h		
	80	60	40 và 20
Tốc độ tính toán chỗ quay đầu, m	30	25	20
Bán kính cong nằm tối thiểu, m	30	20	15
Độ dốc siêu cao %	6	6	6
Độ mở rộng phần xe chạy hai làn xe, m	2,5	2,5	2,5
Đốc dọc lớn nhất %	3,5	4,0	4,5
Độ chêm tối thiểu 2 đầu đường cong, m	200	150	100

4.3. LỰA CHỌN BÁN KÍNH ĐƯỜNG CONG ĐÚNG

Để liên kết các đốc dọc trên mặt cắt dọc, người ta phải dùng các đường cong đứng để xe chạy điều hòa, thuận lợi, bảo đảm tầm nhìn ban ngày và ban đêm, đảm bảo hạn chế lực xung kích, lực li tâm theo chiều đứng. Lần lượt phân tích theo các quan điểm trên, chúng ta sẽ có các cơ sở lựa chọn bán kính đường cong đứng lồi và lõm.

Bảo đảm tầm nhìn ban ngày trên đường cong đứng lồi : Trên góc giao lồi, tầm nhìn không đảm bảo, do đó phải làm đường cong đứng lồi, (hình 4-2). Gọi d_1 - chiều cao của mắt người lái xe trên mặt đường ; d_2 - chiều cao của chướng ngại vật phải nhìn thấy ; L - chiều dài phải nhìn thấy và R là bán kính đường cong đứng cần bố trí.

Theo hình vẽ, $L = l_1 + l_2$ và l_1 cũng như l_2 lần lượt tính được theo hệ thức lượng vòng tròn :

$$l_1^2 = 2.R.d_1 \quad \text{do đó}$$

$$l_1 = \sqrt{2.R.d_1}$$

Tương tự như vậy, đối với l_2 , ta cũng có :

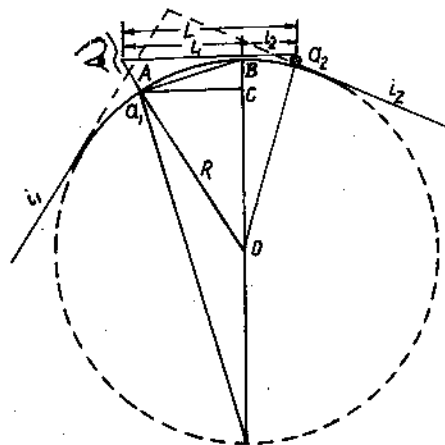
$$l_2^2 = 2.R.d_2 \quad \text{và} \quad l_2 = \sqrt{2.R.d_2}$$

Chiều dài nhìn được trên đường tròn bán kính R là :

$$L = \sqrt{2R} . (\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2})$$

từ đó suy ra công thức để xác định R :

$$R = \frac{L^2}{2(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2})^2} \quad (m) \quad (4-1)$$



Hình 4-2. Sơ đồ bảo đảm tầm nhìn ban ngày trên đường cong đứng.

Trong trường hợp người lái phải nhìn thấy chướng ngại vật cố định, thì $L = S_1$, ta có :

$$R = \frac{S_1^2}{2(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2})^2} \quad (m) \quad (4-2)$$

Nhắc lại là tiêu chuẩn Việt Nam, Pháp, Liên Xô cũ lấy $d_1 = 1,20m$, AASHTO lấy bằng $1,07m$. Theo tiêu chuẩn Việt Nam $d_2 = 0,10m$ (chướng ngại vật trên mặt đường). Các nước khác cho $d_2 = 0,15m$. Vì vậy có thể viết lại (4-2) theo quy trình Việt Nam :

$$R = \frac{S_1^2}{2d_1} \quad (m) \quad (4-3)$$

Còn theo các quy trình khác viết đơn giản là :

$$R = 0,26 S_1^2 \quad (m) \quad (4-4)$$

Trường hợp gặp chướng ngại vật di động như là một chiếc xe ngược chiều thì d_2 là chiều cao mui xe ; để có một dự trữ an toàn lấy d_2 là chiều cao mắt người lái ngồi trong xe con là $1,0m$ hay $1,20m$ tùy theo quy trình. Lấy $d_2 = d_1$, thì chiều dài L phải tính là chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 2 và viết lại công thức (4-1) :

$$R = \frac{S_2^2}{8d_1} \quad (m) \quad (4-5)$$

Thực ra kết quả tính toán 2 công thức (4-3) và (4-5) không sai lệch nhau và trường hợp 2 xe chạy trên cùng 1 làn ít xảy ra và trên các đường cong đứng dốc cao thường phân làn rõ rệt. Để thiên về mặt an toàn, nhiều tiêu chuẩn đề nghị trường hợp này phải đảm bảo tầm nhìn vượt xe S_4 và (4-5) được viết lại :

$$R = 0,1 \cdot S_4^2 \quad (m) \quad (4-6)$$

Bảo đảm hạn chế lực li tâm trên đường cong đứng lõm : Trên đường đứng lõm vấn đề này không đặt ra nhưng trên đường cong đứng lõm, lực li tâm gia thêm vào tải trọng, gây khó chịu cho hành khách và gây nên siêu tải cho lò xo của xe. Ta phải hạn chế gia tốc li tâm, không cho vượt qua các giá trị cho phép ; theo tiêu chuẩn Việt Nam, b là gia tốc li tâm không vượt quá $0,5 - 0,7 \text{ m/s}^2$. Viết biểu thức của gia tốc li tâm ta có :

$$\frac{v^2}{R} = b \quad \text{do đó} \quad R = v^2/b.$$

Viết tốc độ theo thứ nguyên km/h ta có :

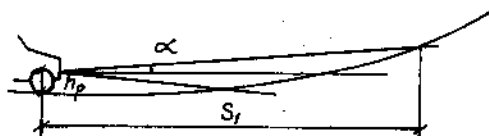
$$R = V^2/6,5 \quad (m) \quad (4-7)$$

Bảo đảm tầm nhìn ban đêm trên đường cong đứng lõm : Về ban đêm, pha đèn của ô tô chiếu trong đường cong đứng lõm một chiều dài nhỏ hơn so với trên đường bằng. Gọi h_p là chiều cao của pha đèn, với xe con là $0,75 \text{ m}$. α là góc của pha mở rộng, ta có hệ thức gần đúng :

$$S_1^2 \approx 2.R.(h_p + S_1.\sin\alpha)$$

Suy ra được bán kính tối thiểu của đường cong đứng lõm bảo đảm tầm nhìn ban đêm, (hình 4-3) :

$$R_r = \frac{S_1^2}{2(h_p + S_1 \cdot \sin \alpha)} \quad (m) \quad (4-8)$$



Hình 4-3. Sơ đồ bảo đảm tầm nhìn ban đêm trên đường cong đứng lõm.

Việc vận dụng các bán kính đường cong đứng : Trong thiết kế trắc dọc, việc lựa chọn đường cong đứng là nhằm tạo điều kiện tốt cho xe chạy về phương diện động lực cũng như về phương diện quang học, cơ học để cho xe chạy với tốc độ mong muốn, và an toàn. Một yêu cầu nữa là đường cong đứng phải bám sát địa hình, càng bám sát thì không những khối lượng công trình bớt đi, nhưng còn đảm bảo cho công trình ổn định lâu dài. Trong những trường hợp không tránh được mới vận dụng các giới hạn tính toán theo các công thức vừa trình bày hay các trị số quy định trong quy trình tập hợp trong bảng 4-8.

Bảng 4-8

Bán kính đường cong đứng tối thiểu
(Theo tiêu chuẩn Việt Nam)

Tốc độ tính toán km/h	20	40	60	80	100	120
Dường cao tốc :						
Bán kính đường cong đứng lồi nhỏ nhất ... m	-	-	1500	3000	6000	12000
Bán kính đường cong lõm nhỏ nhất ... m	-	-	1000	2000	3000	5000
Đường ô tô :						
Bán kính đường cong đứng lồi nhỏ nhất ... m	200	700	2500	4000	-	-
Bán kính đường cong lõm nhỏ nhất ... m	100	450	1000	2000	-	-

Khi đường ô tô có hai phần xe chạy riêng biệt, có thể áp dụng các bán kính đường cong đứng lồi tối thiểu của đường cao thế.

4.4. CẮM ĐƯỜNG CONG ĐỨNG

Phương trình đường tròn có dạng $x^2 = y(2R - y)$. Để giản hóa người ta thường tính theo parabol bậc 2, có dạng :

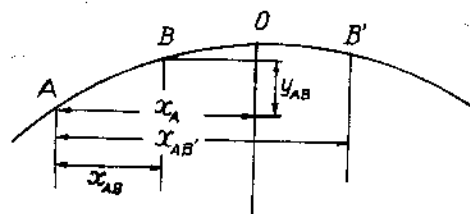
$$y = x^2/2R \quad (4-9)$$

Trong đó, trên hệ tọa độ Descarte, y - tung độ và x - hoành độ của điểm đang xét, R là bán kính đường cong đứng (lồi hoặc lõm), (hình 4-4).

Vì phân của (4-9) cho ta :

$$dy = 2xdx/2R,$$

$$\text{suy ra} \quad i_A = dy/dx = x/R \quad (4-10)$$



Hình 4-4. Tọa độ trên đường cong đứng tính gần đúng bằng phương trình parabol bậc 2.

Tới đây cho phép ta suy ra các công thức để xác định tọa độ các điểm trên đường cong đứng 2 :

$$x_A = R.i_A \quad (4-11)$$

Khoảng cách giữa 2 điểm A và B trên đường cong đứng :

$$x_{AB} = x_A - x_B = R(i_A - i_B) \quad (4-12)$$

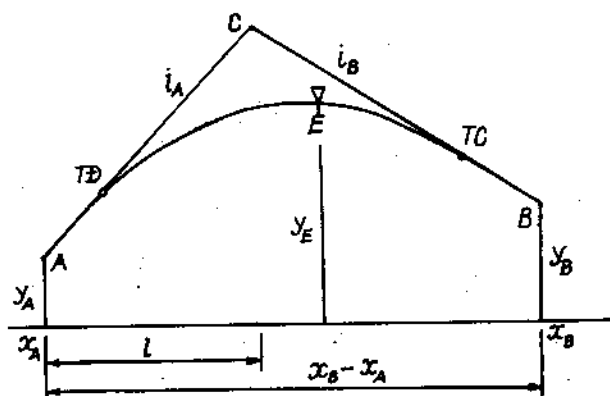
Cao độ của một điểm tính từ gốc đường cong :

$$y_A = \frac{x_A^2}{2R} = \frac{R.i_A^2}{2} \quad (4-13)$$

Chênh lệch cao độ giữa 2 điểm A và B :

$$y_{AB} = y_A - y_B = \frac{R}{2}(i_A^2 - i_B^2) \quad (4-14)$$

Trình tự : Người đọc có thể suy ra phương pháp thích hợp trong từng trường hợp để cắm đường cong đứng. Chúng tôi giới thiệu trường hợp hay gặp là cho 2 điểm A và B, tại đó ta đã biết (x_A, y_A, i_A) và (x_B, y_B, i_B) và bán kính cong đứng R, công việc tiến hành như sau : (hình 4-5)



Hình 4-5. Sơ đồ xác định tọa độ đường cong đứng.

1. Xác định điểm đối dốc C :

$$y_C = y_A + l.i_A ;$$

$$y_B = y_C + (x_{AB} - l).i_B = y_A + l.i_A + (x_B - x_A - l).i_B$$

$$l = \frac{y_B - y_A - (x_B - x_A).i_B}{i_A - i_B}$$

$$x_C = x_A + l$$

$$y_C = y_A + l.i_A \quad (4-15)$$

2. Xác định các điểm bắt đầu (TD) và kết thúc (TC) của đường cong đứng ; chiều dài tiếp tuyến :

$$T = R(i_A - i_B)/2$$

Điểm (TD) có tọa độ :

$$x_{TD} = x_C - T \quad (4-16)$$

$$y_{TD} = y_C - i_A.T$$

Điểm (TC) có tọa độ :

$$x_{TC} = x_C + T \quad (4-17)$$

$$y_{TC} = y_C + i_B.T$$

3. Xác định điểm gốc của đường cong đứng E, tại đó độ dốc dọc bằng không

$$x_{TD-E} = x_E - x_{TD} = i_A \cdot R$$

$$y_{TD-E} = R \cdot \frac{i_A^2}{2}$$

do đó điểm gốc của đường cong đứng có tọa độ :

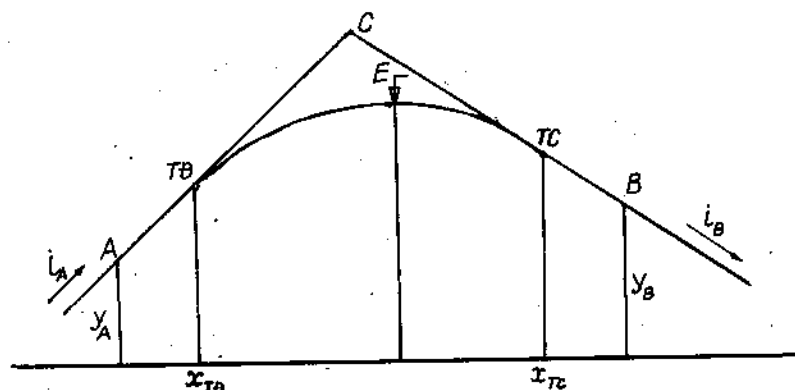
$$x_E = x_{TD} + i_A \cdot R \quad (4-18)$$

$$y_E = y_{TD} + R \cdot \frac{i_A^2}{2}$$

tọa độ này có thể kiểm tra lại :

$$x_E = x_{TC} - i_B \cdot R \quad (4-19)$$

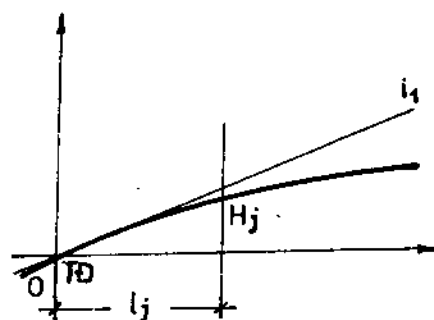
$$y_E = y_{TC} - R \cdot \frac{i_B^2}{2}$$



Hình 4-6. Sơ đồ cắm đường cong đứng.

Sau khi đã có tọa độ của điểm gốc đường cong đứng, ta có thể xác định tọa độ các điểm trung gian theo các công thức (4-12) và (4-13). Chú ý là các công thức từ (4-15) đến (4-19) viết dưới dạng đại số, dốc lên là (+) và dốc xuống là (-), (hình 4-6).

Tác giả chỉnh lý phương pháp cắm trực tiếp của thầy Nguyễn Hào Hoa (phương pháp đơn giản hóa cắm đường cong đứng parabol từ trái qua phải - Tuyển tập các công trình khoa học trường Đại học Xây dựng - 1977).



Hình 4-7. Sơ đồ tính cao độ các điểm trên đường cong đứng.

Phương pháp này có thể dùng để tính từ trái qua phải hay từ phải qua trái, xuất phát từ gốc tọa độ là các điểm tiếp đầu TD (hoặc tiếp cuối TC) như sau :

Biết cao độ của tiếp đầu H_{TD} có thể tính được cao độ của một điểm cách TD một cự li l_j :

$$H_j = H_{TD} + i_1 l_j - \frac{l_j^2}{2R}$$

với các quy ước :

R lõm mang dấu (+) ; R lồi mang dấu (-) ; i_1 lên dốc mang dấu (+) ;
 i_1 xuống dốc mang dấu (-).

Khi tính từ phải sang trái :

$$H_j = H_{TC} + i_2 l_j - \frac{l_j^2}{2R}$$

i_2 lên dốc mang dấu (-) ; xuống dốc mang dấu (+) - Miền có giá trị của 2 công thức này là :

$l_j [(O ; (i_1 - i_2)R)]$ khi 2 dốc cùng dấu và $l_j (O, iR)$ khi 2 dốc khác dấu.

Đây là các nội dung căn bản, độc giả có thể tiết kiệm rất nhiều thời gian bằng cách sử dụng các phần mềm trong rất nhiều chương trình tự động hóa.

Ở Liên Xô cũ có phổ biến phương pháp thiết kế đường cong đứng bằng thước mẫu. Thước mẫu làm bằng vật liệu nhựa trong suốt, trên đó có vẽ sẵn các đường cong đứng có các bán kính khác nhau theo các tỉ lệ 1 : 10000 ; 1 : 5000 ; 1 : 2000 và 1 : 1000. Chiều đứng gấp 10 lần chiều ngang. Khi thiết kế, áp thước mẫu vào đường đen, chọn được đường cong phù hợp nhất.

Trong thiết kế, còn có thể dùng bảng tính đường cong đứng lập sẵn cho bán kính 10000m, trong đó có cho các trị số của tọa độ tính theo tọa độ gốc đường cong và độ dốc dọc. Trị số thực là các trị số trong bảng nhân với $R/10000$. Công việc tiến hành theo trình tự đã nêu trên, phải xác định tọa độ điểm gốc, sau đó xác định tọa độ các điểm trung gian.

Kích thước và độ dốc trên đường cong đứng có bán kính 10000m, (bảng 4-9).

4.5. NGUYÊN TẮC CƠ BẢN THIẾT KẾ MẶT CẮT DỌC

Xác định các điểm khống chế : Việc đầu tiên phải làm trong thiết kế trắc dọc là xác định các điểm khống chế, đó là các điểm đường đo nhất thiết phải qua đó, thí dụ điểm giao với đường sắt, với đường ô tô cấp cao hơn, điểm đầu tuyến, điểm cuối tuyến v.v... Các điểm khống chế trên mặt cắt dọc cũng là những điểm nếu không bảo đảm được sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ công trình, ảnh hưởng đến chất lượng, phương pháp xây dựng như : cao độ nền đường đắp bãi sông, trên cống, nền đường chỗ bị ngập nước, cao độ khống chế, việc phải làm tường chắn v.v...

Bảng 4-9

Bảng cam đường cong đứng có $R = 10.000$

l, m	h, m	$i, \%$	l, m	h, m	$i, \%$	l, m	h, m	$i, \%$
0	0,0	0	270	3,65	27,0	540	14,59	54,1
5	0,0	0,05	275	3,78	27,5	545	14,86	54,6
10	0,01	1,0	280	3,92	28,0	550	15,14	55,1
15	0,01	1,5	285	4,06	28,5	555	15,41	55,6
20	0,02	2,0	290	4,20	29,0	560	15,69	56,1
25	0,03	2,5	295	4,35	29,5	565	15,97	56,6
30	0,04	3,0	300	4,50	30,0	570	16,26	57,1
35	0,06	3,5	305	4,65	30,5	575	16,55	57,6
40	0,08	4,0	310	4,81	31,0	580	16,83	58,1
45	0,10	4,5	315	4,96	31,5	585	17,13	58,6
50	0,13	5,0	320	5,12	32,0	590	17,42	59,1
55	0,15	5,5	325	5,28	32,5	595	17,72	59,6
60	0,18	6,0	330	5,45	33,0	600	18,02	60,1
65	0,21	6,5	335	5,61	33,5	605	18,32	60,6
70	0,25	7,0	340	5,78	34,0	610	18,62	61,1
75	0,28	7,5	345	5,95	34,5	615	18,93	61,6
80	0,32	8,0	350	6,13	35,0	620	19,24	62,1
85	0,36	8,5	355	6,30	35,5	625	19,55	62,6
90	0,41	9,0	360	6,48	36,0	630	19,86	63,1
95	0,45	9,5	365	6,66	36,5	635	20,18	63,6
100	0,50	10,0	370	6,85	37,0	640	20,50	64,1
105	0,55	10,5	375	7,03	37,5	645	20,82	64,6
110	0,61	11,0	380	7,22	38,0	650	21,15	65,1
115	0,66	11,5	385	7,41	38,5	655	21,47	65,6
120	0,72	12,0	390	7,61	39,0	660	21,80	66,1
125	0,78	12,5	395	7,80	39,5	665	22,14	66,6
130	0,84	13,0	400	8,00	40,0	670	22,47	67,1
135	0,91	13,5	405	8,20	40,5	675	22,81	67,6
140	0,98	14,0	410	8,41	41,0	680	23,15	68,2
145	1,05	14,5	415	8,62	41,5	685	23,49	68,7
150	1,12	15,0	420	8,82	42,0	690	23,83	69,2
155	1,20	15,5	425	9,04	42,5	695	24,18	69,7
160	1,28	16,0	430	9,25	43,0	700	24,53	70,2
165	1,36	16,5	435	9,46	43,5	705	24,88	70,7
170	1,44	17,0	440	9,68	44,0	710	25,24	71,2
175	1,53	17,5	445	9,91	44,5	715	25,60	71,7
180	1,62	18,0	450	10,13	45,0	720	25,95	72,2
185	1,71	18,5	455	10,36	45,5	725	26,32	72,7
190	1,81	19,0	460	10,58	46,0	730	26,68	73,2
195	1,90	19,5	465	10,82	46,5	735	27,05	73,7
200	2,00	20,0	470	11,05	47,0	740	27,05	74,2
205	2,10	20,5	475	11,29	47,5	745	27,42	74,7
210	2,20	21,0	480	11,53	48,0	750	27,79	75,2
215	2,31	21,5	485	11,77	48,5	755	28,51	75,7
220	2,42	22,0	490	12,01	49,1	760	28,92	76,2
225	2,53	22,5	495	12,26	49,6	765	29,31	76,7
230	2,64	23,0	500	12,51	50,1	770	29,69	77,2
235	2,76	23,5	505	12,76	50,6	775	30,08	77,7
240	2,88	24,0	510	13,01	51,1	780	30,47	78,2
245	3,00	24,5	515	13,27	51,6	785	30,86	78,7
250	3,13	25,0	520	13,53	52,1	790	31,25	79,2
255	3,25	25,5	525	13,79	52,6	795	31,65	79,7
260	3,38	26,0	530	14,05	53,1	800	32,04	80,3
265	3,53	26,5	535	14,32	53,6			

Cao độ nền đường đắp qua bãi sông phải tính toán cho mép nền đường cao hơn mức nước tính toán, có xét tới mực nước dâng và chiều cao sóng vỗ lên mái dốc ít nhất trên 0,50m.

Cao độ mép nền đường ở các đoạn đường dẫn vào cầu nhỏ và cống phải cao hơn cao độ nước tính toán có xét đến nước dâng ít nhất là 0,50m.

Theo quy trình thiết kế đường ô tô nước ta, cao độ nền đường đắp ở cầu nhỏ và cống tính theo cơ lũ có tần suất quy định như sau : đường cao tốc : 1% ; đường ô tô cấp 80 : 2% ; đường các cấp : 4%. Ở những nơi mạng lưới đường dày, xe chạy có thể dùng đường này thay thế cho đường kia thì đối với mọi cấp đường đều dùng tần suất 1%. Cao độ tối thiểu của đường thiết kế trên cầu phải xét cả an toàn cho thông thuyền và 0,50m cho cây trôi trong trường hợp không thông thuyền.

Cao độ của nền đường trên cống phải đảm bảo chiều dày đất đắp ở trên tối thiểu là 0,50m để tải trọng phân bố rộng trên cống. Khi chiều dày áo đường lớn hơn 0,50m ; chênh cao giữa mặt đường và đỉnh cống phải đủ để bố trí áo đường. Trong trường hợp không bảo đảm điều kiện này, phải hạ cống hoặc phải bố trí loại cống chịu lực trực tiếp như cống bản.

- Cao độ tối thiểu của mép nền đường phải cao hơn mức nước ngầm tính toán, mực nước đọng thường xuyên để đảm bảo khu vực hoạt động của tải trọng luôn trong tình trạng khô ráo. Các trị số này tính toán theo chế độ thủy nhiệt nền đường hoặc theo các quy định trong quy trình được tóm tắt trong bảng 4-10.

Bảng 4-10

Chiều cao từ đáy áo đường tới mực nước ngầm tính toán hoặc tới mặt đất tự nhiên ở khu vực ẩm ướt

Loại đất	Chiều cao quy định (m)
Cát vừa, cát nhỏ, cát pha sét nhẹ	0,5 (0,3)
Cát bột, cát pha sét nặng	0,7 (0,4)
Cát pha sét bột, sét pha cát bột	1,2 - 1,8 (0,5)
Sét pha cát, sét pha cát nặng, sét béo, sét bột	1,0 - 1,2 (0,4)

Ghi chú :

- 1 - Các trị số trong bảng 4-10 chưa xét tới điều kiện đặc biệt của các khu vực về khí hậu.
- 2 - Nước đọng trên mặt đất hơn 20 ngày được coi là nước đọng thường xuyên.
- 3 - Mực nước ngầm tính toán là mực nước được điều tra vào mùa mưa.
- 4 - Trị số trong ngoặc là chiều cao trên mặt đất ẩm ướt hoặc mực nước ngập ít hơn 20 ngày, trị số ngoài dấu ngoặc là chiều cao trên mực nước đọng lâu ngày hoặc mực nước ngầm.
- 5 - Trường hợp không thể thiết kế với chiều cao quy định trong bảng 4-10 thì phải làm tăng cách nước hoặc dùng các biện pháp hạ mực nước ngầm. Chiều cao nền đường cao hơn mực nước ngầm đã được hạ thấp nhờ rãnh ngầm lấy lớn hơn 25% so với trị số ghi trong bảng 4-10.

Khi phải vượt qua đường ô tô, thì cao độ của mặt đường trên cầu sau khi trừ chiều cao kết cấu nhịp, phải bảo đảm tính không theo tiêu chuẩn Việt Nam là 4,5m, trên đường cao tốc là 4,75m, theo tiêu chuẩn Mỹ là 5,20m. Nhưng cả 2 tiêu chuẩn đều nên lấy dự trữ 12cm để sau này có chiều cao gia cố mặt đường.

Các yêu cầu khi thiết kế mặt cắt dọc : Trong các yếu tố hình học, có thể nói dốc dọc có ảnh hưởng lớn nhất đến nhiều chỉ tiêu khai thác cơ bản nhất của đường như tốc độ xe chạy, thời gian xe chạy, năng lực thông xe, an toàn xe chạy, mức tiêu hao nhiên liệu, giá thành vận tải, ...

- Vì vậy, đầu rằng dốc dọc lớn sẽ làm giảm khối lượng xây dựng, trong mọi trường hợp phải tìm mọi cách đảm bảo cho tuyến đi đều, dùng các độ dốc bé và ít thay đổi độ dốc. Chỉ trong những trường hợp không thể tránh được mới dùng các độ dốc giới hạn theo quy trình.

- Khi thiết kế mặt cắt dọc nên nhớ rằng mặt cắt dọc không khi nào là một yếu tố độc lập mà là một thành phần của một tuyến trong không gian. Vì vậy, phải đặt mặt cắt dọc trong sự phối hợp với bình đồ và nằm trong địa hình cụ thể. Mục tiêu là trong không gian có một tuyến đường hài hòa với không gian và hài hòa nội bộ không che lấp tầm nhìn, không gây nên những ảo giác có hại cho tâm lý người lái. Vấn đề này chúng ta sẽ quay lại ở cuối giáo trình.

- Đảm bảo được các yêu cầu của các điểm khống chế theo suốt dọc tuyến.

- Thoát nước tốt cho nền đường và cho khu vực 2 bên đường. Đảm bảo các yêu cầu tối thiểu cho nền đường luôn khô ráo. Nền đường đắp về chế độ thủy nhiệt thuận lợi hơn nền đường đào nhưng đối với cả hai loại đều không nên đào, đắp quá cao và quá sâu để tránh việc phải xây dựng các công trình chống đỡ.

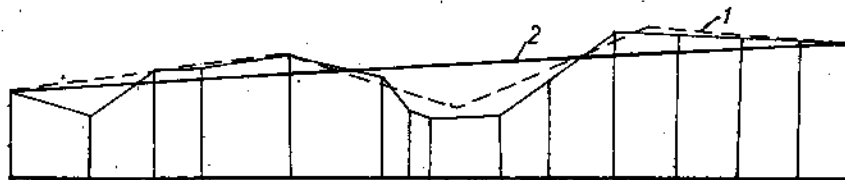
- Trong thiết kế, thường đáy rãnh cùng một độ dốc với tim đường. Vì vậy khi độ dốc dọc lớn thì còn phải nghĩ tới sự ổn định của đáy rãnh ; khi cần thiết đáy rãnh dọc phải làm các bậc nước, dốc nước để tránh bị bào mòn. Để lòng rãnh không bị bồi lắng, dốc dọc tối thiểu của đáy rãnh không nhỏ hơn 0,5%. Trường hợp cá biệt, trong vùng đồng bằng, độ dốc tối thiểu này cho phép là 0,3%. Chiều sâu của rãnh trung bình là 0,40m, trong những trường hợp dốc dọc của tuyến rất nhẹ thì càng xa phân thủy, đáy rãnh càng xa mép nền đường, trong điều kiện bình thường không được vượt quá 0,60m.

- Khi thiết kế đường đô cần chú ý đến điều kiện thi công. Với các đường quan trọng thì thi công phần lớn bằng cơ giới, mặt cắt dọc có độ dốc lát nhất sẽ không thuận lợi cho thi công, cho bảo dưỡng và cho cả vận hành.

- Về nguyên tắc, mặt cắt dọc trên đường và trên cầu cống là không có gì phân biệt nhưng cũng cần chú ý :

- nếu mặt cầu làm bằng gỗ lát, phải giảm dốc : lát gỗ ngang thì dốc dọc không vượt quá 3%, nếu lát gỗ dọc, là 2%.

- độ dốc lên cầu, nếu có xe thô sơ thì không dốc quá 2,5%.



Hình 4-8. Phương pháp đi đường đô
1 - đi bao ; 2 - đi cắt

Sự hòa hợp với địa hình : Chúng ta thường áp dụng 2 phương pháp đi đường dô của mặt cắt dọc : phương pháp đi bao và phương pháp đi cắt.

Phương pháp đường bao là đường dô đi song song với mặt đất tự nhiên. Theo kiểu này thì ít khối lượng, công trình dễ ổn định. Phương pháp này thường dùng trên vùng đồng bằng, tranh thủ dùng ở vùng đồi, vận dụng được nó thì phần lớn là ít thay đổi cảnh quan, không phá vỡ cân bằng tự nhiên của nơi đặt tuyến. Phương pháp đi này rất khó áp dụng cho đường cấp cao vì yêu cầu vận doanh không cho phép ta được đổi dốc liên tiếp.

Phương pháp đường cắt là đường dô đi cắt địa hình tạo thành những chỗ đào đắp xen kẽ. Phương pháp này thường áp dụng ở vùng địa hình hiểm trở, riêng với đường cấp cao thì hầu như phải vận dụng trên cả các địa hình tương đối dễ. Mặt cắt dọc đi theo phương pháp này thường gây nên đào sâu đắp cao, yêu cầu các công trình chống đỡ. Khi thiết kế nên suy nghĩ đến sự cân bằng giữa khối lượng đào và đắp đất để tận dụng vận chuyển dọc, lấy đất nền đào đổ sang nền đắp.

4.6. PHƯƠNG PHÁP LẬP ĐỒ THỊ TỐC ĐỘ XE CHẠY VÀ THỜI GIAN XE CHẠY

Tốc độ xe chạy và thời gian xe chạy là 2 chỉ tiêu rất quan trọng nói lên chất lượng sử dụng của một tuyến đường. Tốc độ và thời gian xe chạy cũng cho phép ta xác định các chi phí vận tải là chỉ tiêu quan trọng để làm bài toán so sánh kinh tế kĩ thuật khi chọn phương án. Với các cơ quan, xí nghiệp vận tải, đây là tài liệu để lập kế hoạch chạy xe, tổ chức giao thông...

Đồ thị tốc độ xe chạy thường được vẽ trực tiếp trên mặt cắt dọc, trục hoành là chiều dài tuyến trùng với trục dài của mặt cắt dọc và có cùng tỉ lệ, trục đứng là tốc độ xe thường vẽ với tỉ lệ $1\text{cm} = 5 \div 10 \text{ km/h}$.

Đồ thị tốc độ xe chạy do tính phức tạp của nó thường chỉ vẽ cho các loại xe con và xe tải đại diện, thường là loại phổ biến nhất chạy trên đường. Đồ thị được vẽ cho cả 2 hướng, hướng đi và hướng về của tuyến.

Trình tự lập đồ thị có thể tiến hành như sau :

4.6.1. Xác định tốc độ xe chạy cân bằng

Về phương diện động lực, phân tuyến thành các đoạn tương đối đồng nhất về sức cản : cùng loại mặt đường, cùng độ dốc dọc... Sau đó theo nguyên tắc tính toán sức kéo (chương 2) để xác định tốc độ cân bằng từng đoạn.

4.6.2. Xác định các tốc độ hạn chế ở các điểm sau

a) Nơi có đường cong có bán kính nhỏ. Suy ra từ (3-5)

$$V_{hc} = \sqrt{127 \cdot R \cdot (\mu + i_{\max})} \quad (4-20)$$

V_{hc} là tốc độ xe chạy hạn chế trong đường cong (km/h),

các kí hiệu khác như chương 3. Vì bán kính nhỏ nên có thể áp dụng $\mu = 0,15$ và $i_{\max} = 0,06$, ta viết lại :

$$V_{hc} = 5,16\sqrt{R} \quad (4-21)$$

b) Tại các nơi có tầm nhìn hạn chế trên đường cong đứng lồi.

Từ R tính được $S_1 = 2\sqrt{R}$, từ đó lại tính ngược ra v_{hc} .

c) Tại các nơi có đường cong đứng lõm ; suy từ (4-7)

$$V_{hc} = 2.55\sqrt{R_{l\text{om}}} \quad (4-22)$$

d) Tại các nơi có độ dốc dọc lớn, theo đề nghị của A.E. Benski (bảng 4-11) vì lí do an toàn.

Bảng 4-11

Tốc độ hạn chế khi xe chạy xuống dốc

Độ dốc âm	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
V_{hc} (km/h)	20 ÷ 25	40	60	80	100	120

e) Theo chất lượng mặt đường : Trong trường hợp thiết kế mới hoặc không có điều kiện khảo sát trực tiếp trên đường, có thể dùng đề nghị của Đỗ Bá Chương (1961), mặt đường cấp thấp và quá độ $V_{hc} = 40$ km/h, mặt đường quá độ tốt và mặt đường tráng nhựa $V_{hc} = 60$ km/h, mặt đường cấp cao đơn giản và bê tông lắp ghép $V_{hc} = 80$ km/h, mặt đường cấp cao chủ yếu : không hạn chế.

f) Qua cầu nhỏ và cống, không hạn chế tốc độ. Qua cầu trung và lớn, tùy theo trình độ trang bị an toàn của cầu mà quyết định.

g) Qua khu dân cư $V_{hc} = 35$ km/h (theo quy định của Việt Nam).

Theo quy định nhiều nước, tốc độ cho phép xe chạy trong thành phố là 60 km/h, theo quy định của Pháp là 50 km/h.

h) Qua các nút giao thông thì tùy luồng : luồng đi thẳng, rẽ phải, rẽ trái và tùy các tổ chức giao thông trong nút : cùng mức, vòng xuyên, điều khiển đèn, khác mức mà chọn tốc độ hạn chế nhưng không quá 0,80 tốc độ thiết kế.

4.6.3. Nối các tốc độ khác nhau bằng các đường tăng, giảm tốc và hãm xe

Có 2 trường hợp :

a) Do yêu cầu về an toàn, tức là khi gặp các trường hợp nói trong điều 4.6.2, xe phải hãm theo đoạn hãm xe :

$$S_h = k \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{254(\varphi \pm i)} \quad (m) \quad (4-23)$$

b) Do yêu cầu về sức kéo, thường là khi thay đổi dốc dọc xe phải thay đổi tốc độ trên một quãng tăng giảm tốc S_{tg}

$$S_{tg} = \int_{v_1}^{v_2} \frac{v dv}{2g[D - (f \pm i)]} = \sum \frac{V_{i+1}^2 - V_i^2}{254(D_i - D_{i+1})} \quad (4-24)$$

Viết theo biểu thức thứ hai của (4-24) có nghĩa là ta phân sự chênh lệch tốc độ ra nhiều phân tố rồi tổng hợp dần lại.

4.6.4. Tính thời gian xe chạy.

Trên các đoạn mà ta quan niệm là đồng nhất trong giai đoạn 1, về phương diện sức kéo nhưng về tốc độ xe chạy, ta lại phải chia lại. Trên một đoạn L_i , có tốc độ ở đầu đoạn là V_{i-1} và ở cuối đoạn là V_i , thời gian xe chạy t_i , tính được :

$$t_i = \frac{2.L_i}{V_i + V_{i-1}} \cdot 60 \text{ (phút)}$$

sau đó :

$$T = \sum t_i = \sum \frac{L_i}{V_{ib}} \quad (4-25)$$

4.7. BỀ RỘNG PHẦN XE CHẠY

Phần xe chạy là bộ phận của nền đường được tăng cường bằng một hay nhiều lớp để chịu tải trọng trực tiếp của xe cộ và các tác nhân khí hậu. Chiều rộng phần xe chạy có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của dòng xe, tốc độ xe chạy, khả năng thông hành, và an toàn giao thông. Phần xe chạy quyết định chất lượng của vận tải nhưng nó cũng là bộ phận chiếm giá thành cao nhất trong tổng giá thành đường ô tô, thường là trên 50%. Vì vậy việc chọn bề rộng của nó rất quan trọng, ảnh hưởng đến các chỉ tiêu mấu chốt nhất và cũng động chạm nhiều nhất tới vốn đầu tư.

Về cơ bản, bề rộng phần xe chạy là tổ hợp của nhiều làn xe nên trước hết ta thống nhất cách xác định chiều rộng của một làn xe.

Bề rộng làn xe : Làn xe là một không gian đủ để xe chạy nối nhau theo một chiều, an toàn và thuận lợi theo tốc độ yêu cầu. Bề rộng làn xe gồm một chiều rộng tối thiểu để chứa xe và 2 khoảng dao động tính tùy theo các trường hợp làn xe bên là cùng chiều, ngược chiều hay là làn xe ngoài cùng. Khoảng dao động này tùy thuộc vào tốc độ, tốc độ càng cao thì càng dao động nhiều. Nó cũng tùy thuộc vào tay nghề của lái xe, vì vậy muốn xác định phải tiến hành thống kê xã hội học. Xe con có kích thước nhỏ nhưng tốc độ lớn, ngược lại xe tải có tốc độ nhỏ nhưng kích thước lại lớn. Phải tính toán với cả 2 loại xe để xác định trị số cần thiết.

Tính toán như vậy là đúng nhưng chưa đủ vì còn nhiều yếu tố quan trọng chưa xét, đầu tiên là mặt an toàn giao thông. Sau đây là mặt giá đầu tư. Vì vậy đây thường là các trị được quy định chặt chẽ cho từng trường hợp theo quy trình các nước. Tiêu chuẩn TCVN - 4054 : 1998 cho phép lấy làn xe rộng 3,00 m cho đường cấp 40 ; 3,50 m cho đường cấp 60 và 80 ; 3,75 m cho đường cao tốc. Riêng đường cấp 20 chỉ có quy định về một phần xe chạy rộng 3,50 m.

Chiều rộng của phần xe chạy : Chiều rộng của phần xe chạy phải đủ để thông qua lượng xe dự báo tương lai (20 năm cho thiết kế mới, 15 năm cho thiết kế cải tạo) với một chất lượng dòng xe nhất định.

Chiều rộng phần xe chạy là một bội số của số các làn xe yêu cầu, tính toán được theo lượng xe dự báo, theo năng lực thông hành và theo mức độ phục vụ của đường (chất lượng của dòng xe).

Bội số này nên là số nguyên và số chẵn, trừ khi có yêu cầu đặc biệt. Khi số làn xe từ 4 trở lên nên nghĩ tới việc phân thành 2 phần xe chạy riêng biệt. Số làn xe cũng không nên quá 8 làn, lúc đó giao thông phức tạp và nên nghĩ đến mở một con đường khác thì lợi cho toàn bộ các vùng lãnh thổ của đất nước.

Vì số làn xe là xác định theo yêu cầu, nên có thể có trường hợp 1 con đường tốc độ tính toán thấp hơn nhưng có nhiều làn xe hơn con đường khác có tốc độ tính toán cao hơn. Điều đó là hợp lý, là kinh tế và cũng là quan điểm mới của TCVN - 4054 : 1998.

Vì vậy, trong phạm vi cuốn giáo trình này, tác giả chỉ giới thiệu chiều rộng phần xe chạy tối thiểu của Việt Nam (bảng 4-12).

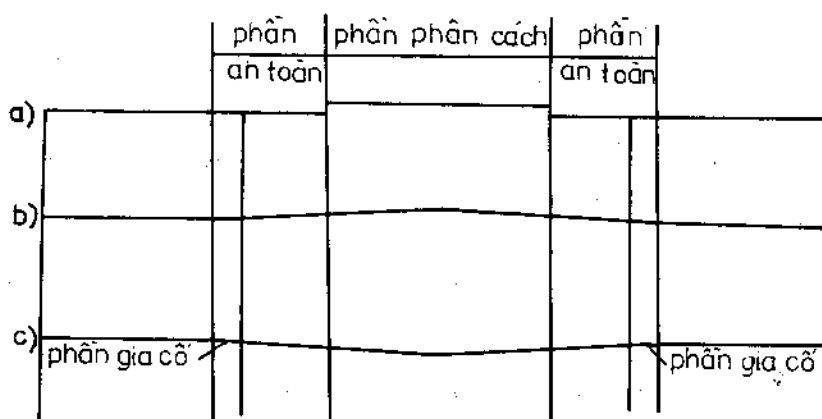
Bảng 4-12

Chiều rộng tối thiểu của phần xe chạy
(Theo Tiêu chuẩn Việt Nam. Đơn vị tính bằng mét)

Tốc độ tính toán km/h	20	40	60	80	100	120
Đường ô tô	1 × 3,5	2 × 3,00	2 × 3,50	2 × 3,50	-	-
Đường cao tốc	-	-	2 × 3,50	Hai phần xe chạy riêng biệt, mỗi phần tối thiểu 2 × 3,75		

Dải phân cách : Dải phân cách là không gian trống để phân cách hai chiều xe chạy nhằm tăng cường an toàn giao thông. Về cấu tạo, dải phân cách chỉ bố trí trên đường ô tô cấp 80 còn trên đường cao tốc là một cấu tạo thường gặp.

Dải phân cách gồm 3 phần : phần phân cách ở giữa có thể có các hàng rào chắn bằng tôn sóng, cáp, lưới thép v.v... và hai bên là hai phần an toàn. Trên phần an toàn, có phần lề đường được gia cố (hình 4-9) và trên đó có dải dẫn hướng.



Hình 4-9. Cấu tạo dải phân cách giữa.

a - nâng cao ; b - cùng cao độ, có phù mặt đường ;
c - hạ thấp, thu nước vào giữa.

Khi dải phân cách hẹp hơn 3,0 m phải có phủ mặt và làm bó vĩa.

Khi dải phân cách rộng từ 3,0 m đến 4,5 m, nếu không có bó vĩa phải trồng cây, trồng cỏ giữ đất, không làm bắn phần xe chạy. Khi dải phân cách rộng trên 4,50 m thường làm trũng, ở đó có công trình thu nước và phải bố trí các thiết bị định hướng, không cho xe chạy nhầm vào. Nhiều khi bố trí dải phân cách rất rộng (trên 12 m) để dự trữ mở rộng phần xe chạy sau này hoặc phân nền đường riêng biệt trên sườn núi nhằm tăng ổn định cho nền đường và tiết kiệm khối lượng đắp nền.

Dải phân cách phải cắt quãng để quay đầu xe ở các chỗ đầu công trình (cầu, hầm), quãng cách không quá 2 km (dải phân cách rộng hơn 4,5 m) và không quá 0,5 km (dải phân cách nhỏ hơn 4,5 m). Chỗ cắt dài 25 m đến 40 m đủ để xe tải quay đầu, đầu chỗ cắt phải gọt tròn.

4.8. LỀ ĐƯỜNG

Lề đường là phần đất còn lại hai bên phần xe chạy nhằm mục đích về cơ học là làm phần xe chạy được ổn định, về tâm lý là làm cho người lái an tâm chạy xe với tốc độ cho phép, về tổ chức giao thông là làm nơi đỗ xe khẩn cấp (khi xe hỏng, gặp tai nạn...). Đối với đường cấp thấp thì lề đường còn để cho bộ hành và xe thô sơ đi. Trong duy tu bảo dưỡng cho phép tạm thời tập kết vật liệu sửa chữa trên lề đường.

Lề đường thường gồm có các cấu tạo như sau :

Phần mở rộng : phần này có cấu tạo thường xuyên trên đường cao tốc và cấu tạo y như cấu tạo áo đường của phần xe chạy chính. Theo tiêu chuẩn Việt Nam, phần này rộng 0,25 m và nằm trong diện tích lề gia cố. Đường ô tô không có cấu tạo này.

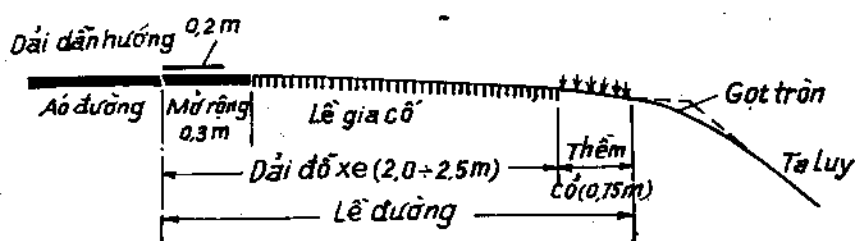
Trên phần mở rộng này có dải dẫn hướng là một vạch sơn vàng hoặc trắng, có chiều rộng 0,20 m.

Phần lề gia cố : Còn gọi là lề cứng. Về không gian, đây có ý nghĩa một dải an toàn. Phần này được gia cố bằng các vật liệu như lớp mặt của áo đường, có mục đích tạo không gian cho xe đỗ.

Dải đỗ xe : Dải này gồm có dải mở rộng và phần lề gia cố để xe đỗ trong trường hợp khẩn cấp, chiều rộng từ 2,5 tới 3,0 m.

Thêm cỏ : nằm ngoài dải đỗ xe, có chiều rộng từ 0,5 m trên đường ô tô và 0,75 ÷ 1,00 m trên đường cao tốc.

Cấu tạo của lề có thể xem hình 4-10. Cần nhắc rằng cây trồng, các trang thiết bị phải đặt ngoài lề đường.



Hình 4-10. Các bộ phận của lề đường

Bảng 4-13

Các yếu tố tối thiểu của mặt cắt ngang
(TCVN 4054 : 1998. Đơn vị tính bằng mét)

Các yếu tố	Cấp kĩ thuật			
	20	40	60	80
Phần xe chạy	1 × 3,50	2 × 3,00	2 × 3,50	2 × 3,50
Phần lề đường	2 × 1,50	2 × 1,50	2 × 2,50	2 × 3,00
Phần cốt gia cố	-	2 × 1,00	2 × 2,00	2 × 2,50
Bề rộng tối thiểu của nền đường	6,50	9,00	12,00	13,00

Chú thích : Bảng 4-13 chưa xét đến bề rộng làn xe đạp và xe thô sơ, dải phân cách.

Bảng 4-14

Bề rộng tiêu chuẩn các yếu tố mặt cắt ngang trên đường cao tốc
(Đơn vị tính bằng mét)

Cấu tạo dải phân cách	Cấp đường ôtô cao tốc	Lề		Mặt đường	Dải phân cách gia cố			Mặt đường	Lề		Nền đường
		Trồng cỏ	Phần an toàn		Phần an toàn	Phần phân cách	Phần an toàn		Phần an toàn	Trồng cỏ	
1) Có lớp phủ, không có trụ công trình	60	0,75	2,50	≥ 0	0,50	0,50	0,50	7,0	2,5	0,75	22,00
	80	0,75	2,50	7,5	0,50	0,50	0,50	7,5	2,5	0,75	23,00
	100	0,75	3,00	7,5	0,75	0,50	0,75	7,5	3,0	0,75	24,50
	120	1,00	3,00	7,5	0,75	1,0	0,75	7,5	3,0	1,00	25,50
2) Có lớp phủ, có bố trí trụ công trình	60	0,75	2,50	7,0	0,5	1,5	0,50	7,0	2,5	0,75	23,00
	80	0,75	2,50	7,5	0,5	1,5	0,50	7,5	2,5	0,75	24,00
	100	0,75	3,00	7,5	0,75	1,5	0,75	7,5	3,0	0,75	25,50
	120	0,75	3,00	7,5	0,75	1,5	0,75	7,5	3,0	1,00	26,00
3) Không có lớp phủ	60	0,75	2,50	7,0	0,50	3,00	0,50	7,0	2,5	0,75	24,50
	80	0,75	2,50	7,5	0,50	3,00	0,50	7,5	2,5	0,75	25,50
	100	0,75	3,00	7,5	0,75	3,00	0,75	7,5	3,0	0,75	27,00
	120	1,00	3,00	7,5	0,75	3,00	0,75	7,5	3,0	1,00	27,50

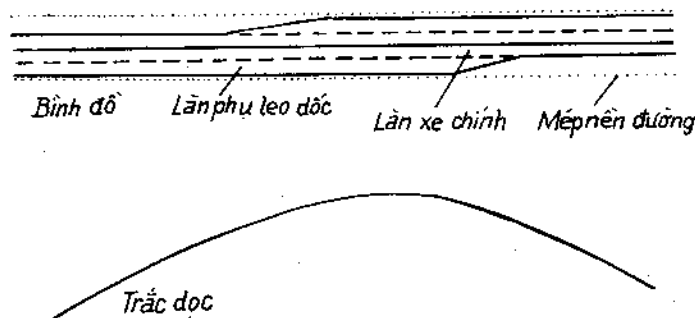
1) - Chiều rộng dải phân cách là chiều rộng tối thiểu.

2) - Phần xe chạy có thể thêm 1 làn xe mỗi bên 0,50 m (cho cấp 60) và 3,75 m (cho các cấp 80, 100, 120). Khi đó phải tính thêm chiều rộng cho nền đường.

4.9. LÀN PHỤ LEO DỐC

Trên các dốc lớn (trên 4%), xe tải nặng và xe kéo móc chỉ chạy được với tốc độ thấp làm cản trở cho sự lưu thông của xe con, nhất là trong trường hợp đường 2 làn xe, năng lực thông hành giảm đi rõ rệt. Một biện pháp thường dùng là làm làn phụ leo dốc để tách riêng xe tải. Làn phụ có chiều rộng không nhỏ hơn 3,5m, có thể đi sát liền bên đường chính, hoặc là tách khỏi đường chính, sau đó lại ghép lại.

Khi có làn phụ leo dốc đi sát làn xe chính, tổ chức giao thông hoàn toàn khác với đường 3 làn xe. Làn phụ hoàn toàn dành cho xe chạy chậm, làn trong dành cho xe chạy nhanh còn tất cả xe trái chiều đều sử dụng 1 làn còn lại. Làn leo dốc sử dụng lề đường và hoàn toàn độc lập với phía đối chiều, có thể có 1 làn, có thể có 2 làn 2 phía và 2 làn này có thể ở ngoài nhau hoặc có 1 đoạn trùng nhau (hình 4-11).



Hình 4-11. Bố trí làn phụ leo dốc trên đường 2 làn xe

Khi có ít xe tải, làm làn phụ leo dốc sẽ phi kinh tế. Nhưng khi xe đông và có nhiều xe tải, không có làn phụ dòng xe dễ bị tắc, nhiều tai nạn cũng lại không có lợi. Quy trình AASHTO đưa ra 3 tiêu chuẩn, phải hội đủ mới làm làn phụ leo dốc :

- 1 - dòng xe leo dốc có cường độ trên 200 xe/h ;
- 2 - trong đó có số xe tải trên 20 xe/h ;
- 3 - xuất hiện 1 trong 3 điều sau :
 - loại xe tải điển hình bị sụt tốc độ ít nhất là 10 km/h ;
 - dòng xe có hiện tượng ùn tắc (sau này ta liệt vào mức độ phục vụ E hay F) ;
 - so với đoạn chân dốc mức độ phục vụ bị giảm 2 cấp.

Làn phụ leo dốc được mở rộng với độ mở rộng 1 : 10 (tức là chiều rộng 3,5 m . cần đoạn nối mở rộng là 35 m).

4.10. NĂNG LỰC THÔNG HÀNH CỦA MỘT LÀN XE

Năng lực thông hành với nghĩa đơn giản nhất là số đầu xe lớn nhất có thể chạy qua một tiết diện hoặc một đoạn đường trong một đơn vị thời gian, thường là 1 giờ. Nhưng khả năng này phụ thuộc rất nhiều yếu tố, các tính cách về đường, điều kiện về dòng xe, điều kiện về môi trường v.v... vì vậy rất nhiều định nghĩa về khái niệm này đang được vận dụng.

Năng lực thông hành lý thuyết là khả năng thông qua trong điều kiện lý tưởng về dòng xe (dòng xe thuần nhất, toàn xe con), trong điều kiện lý tưởng về đường (làn xe đủ rộng mặt đường rất tốt, không chịu ảnh hưởng của khu dân cư, của ngã tư, dốc bằng, không có chướng ngại vật bên sườn v. v...). Trong điều kiện lý tưởng như vậy, nhiều tác giả đã xác định năng lực thông hành lý thuyết theo nhiều phương pháp.

4.10.1. Mô hình động lực học đơn giản

Người ta quan niệm trên một làn xe, dòng xe chỉ có một loại (xe con) chạy cùng 1 tốc độ v (m/s), chạy cách nhau một cự li an toàn tối thiểu d (m). Năng lực thông hành P sẽ tính được :

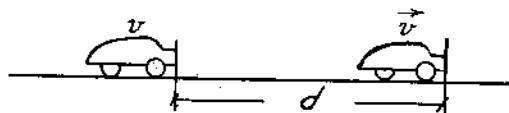
$$P = 3600v/d = 1000.V/d \quad (xe/h) \quad (4-26)$$

trong đó : V là tốc độ km/h (hình 4-12), d còn được gọi là *khố động học* và về giá trị của nó, ý kiến rất phân tán.

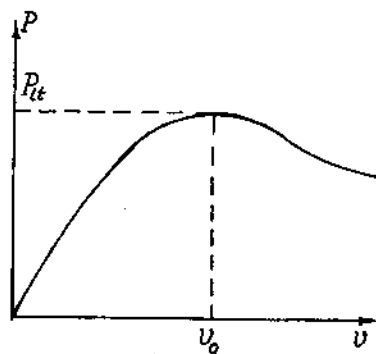
Nhóm thứ nhất (các tác giả Greenshields, Svante, Đadenkov) quan niệm d là gồm có chiều dài xe l_x , chiều dài xe chạy trong lúc kịp phản ứng tâm lý l_p , và một đoạn dự trữ l_o . Nhóm thứ hai (Bermam, Saar, Birulia, Alison...) d còn gồm thêm một chiều dài hãm xe l_h . Nhóm thứ 3 (Phixenson, Edie, ...) quan niệm d gồm thêm vào một đoạn bằng hiệu chiều dài hãm xe giữa 2 xe $l_{h2} - l_{h1}$. Còn nhóm thứ tư, chủ trương xác định d bằng thực nghiệm.

Vì d là hàm bậc 2 của V , nên khi lập quan hệ giữa V và P ta thấy lúc đầu khi V bắt đầu tăng thì P tăng theo nhưng qua một giá trị nào đó, d tăng nhanh hơn và khi V tăng thì P giảm xuống. Chúng ta thu được một trị giá V tối ưu về năng lực thông hành, dao động trong khoảng 30 - 50 km/h , ứng với nó là cực trị của năng lực thông hành lý thuyết theo mô hình động lực học đơn giản, (hình 4-13).

Cực trị này theo nhóm 1 là không tồn tại, đây là một điều không hợp lý. Với nhóm 2, cực trị là 2700 xe/h , nhóm 3 là 1060 xe/h và với nhóm 4 là 1600 xe/h (1).



Hình 4-12. Mô hình động lực học đơn giản tính năng lực thông hành



Hình 4-13. Đồ thị xác định năng lực thông hành lý thuyết

4.10.2. Quan điểm của HCM (nhóm tác giả Highway Capacity Manuel)

Năng lực thông hành là số xe hợp lý thông qua được một mặt cắt, một đoạn tuyến trong điều kiện phổ biến về đường và về dòng xe trong một đơn vị thời gian. Tuy vậy các tác giả cũng nhấn mạnh thêm điều kiện môi trường như nhiệt độ, mưa nắng, sương mù, băng ẩm, tầm nhìn...

Phương pháp của các tác giả này là thống kê trong điều kiện thực tế phổ biến về dòng xe, điều kiện đường sá ở Mỹ rồi kiến nghị trị tính toán. Các trị này rất cao và vượt xa so với kiến nghị của tất cả các nước khác nên rất khó phổ biến.

4.10.3. Quan điểm của Nga

Năng lực thông hành thực tế : Biện pháp chung là các tác giả đề nghị các hệ số chiết giảm. Công thức xác định năng lực thông hành thực tế như sau :

$$P_{tt} = P_{max} \cdot \prod k_i \quad (4-27)$$

Trường phái Nga đề nghị $P_{max} = 2000$ xe con/h/làn với 15 hệ số chiết giảm như sau :

Bảng 4-15

Hệ số k_1 kể tới chiều rộng phần xe chạy

Chiều rộng làn xe, (m)	Trị giá k_1 khi phần xe chạy có	
	nhiều làn xe	2 làn xe
< 3	0,9	0,85
3,5	0,96	0,90
≥ 3,75	1,0	1,0

Bảng 4-16

Hệ số k_2 kể tới chiều rộng lề đường

Chiều rộng lề, (m)	Trị số k_2	Chiều rộng lề, (m)	Trị số k_2
3,75	1,0	2,0	0,8
3,0	0,97	1,5	0,7
2,5	0,92		

Bảng 4-17

Hệ số k_3 kể tới độ thoáng ngang

Cự li từ mép phần xe chạy tới chướng ngại vật ở trên lề đường (m)	Nhiều có ở một bên đường			Nhiều ở cả hai bên đường		
	Trị giá hệ số k_3 khi chiều rộng làn xe (m)					
	3,75	3,5	3,0	3,75	3,5	3,0
2,5	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	0,96
2,0	0,99	0,99	0,95	0,98	0,97	0,93
1,5	0,97	0,95	0,94	0,96	0,93	0,91
1,0	0,95	0,90	0,87	0,91	0,88	0,85
0,5	0,92	0,83	0,80	0,88	0,78	0,75
0,0	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,70

Bảng 4-18

Hệ số k_4 kể tới ảnh hưởng của xe tải và xe kéo móc

Tỉ lệ số xe có kéo móc %	Trị số k_4 khi tỉ lệ xe tải nhẹ và tải trung %				
	10	20	50	60	70
1	0,99	0,98	0,94	0,90	0,86
5	0,97	0,96	0,91	0,88	0,84
10	0,95	0,93	0,88	0,85	0,81
15	0,92	0,90	0,85	0,82	0,78
20	0,90	0,87	0,82	0,79	0,76
25	0,87	0,84	0,79	0,76	0,73
30	0,84	0,81	0,76	0,72	0,70

Bảng 4-19

Hệ số k_5 kể tới ảnh hưởng của dốc dọc

Dốc dọc %	Chiều dài dốc (m)	Trị số k_5 khi số xe kéo móc trong dòng xe %			
		2	5	10	15
20	200	0,98	0,97	0,94	0,89
	500	0,97	0,94	0,92	0,87
	800	0,96	0,92	0,90	0,84
30	200	0,96	0,95	0,93	0,86
	500	0,95	0,93	0,91	0,83
	800	0,93	0,90	0,88	0,80
40	200	0,93	0,90	0,86	0,80
	500	0,91	0,88	0,83	0,76
	800	0,88	0,85	0,80	0,72
50	200	0,90	0,85	0,80	0,74
	500	0,86	0,80	0,75	0,70
	800	0,82	0,76	0,71	0,64
60	200	0,83	0,77	0,70	0,63
	500	0,77	0,71	0,64	0,55
	800	0,70	0,63	0,53	0,47
70	200	0,75	0,68	0,60	0,55
	300	0,63	0,55	0,48	0,41

Bảng 4-20

Hệ số k_6 kể tới ảnh hưởng của tầm nhìn

Chiều dài tầm nhìn (m)	Trị số k_6	Chiều dài tầm nhìn (m)	Trị số k_6
< 50	0,69	150 - 250	0,90
50 - 100	0,73	250 - 350	0,98
100 - 150	0,84	> 350	1,00

Bảng 4-21

Hệ số k_7 kể tới bán kính cong nằm

Bán kính cong nằm (m)	Trị số k_7	Bán kính cong nằm (m)	Trị số k_7
< 100	0,85	450 - 600	0,99
100 - 250	0,90	> 600	1,00
250 - 450	0,96		

Bảng 4-22

Hệ số k_8 kể tới sự hạn chế tốc độ

Tốc độ hạn chế km/h	Trị số k_8	Tốc độ hạn chế km/h	Trị số k_8
10	0,44	40	0,96
20	0,76	50	0,98
30	0,88	60	1,00

Bảng 4-23

Hệ số k_9 kể tới ảnh hưởng của nút giao thông

Lượng xe rẽ trái %	Đường nối vào			Giao cắt		
	Trị số k_9 khi chiều rộng phần xe chạy trên đường chính (m)					
	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5
Nút đơn giản						
0	0,97	0,98	1,00	0,94	0,95	0,98
20	0,85	0,87	0,92	0,82	0,83	0,91
40	0,73	0,75	0,83	0,70	0,71	0,82
60	0,60	0,62	0,75	0,57	0,58	0,73
80	0,45	0,47	0,72	0,41	0,41	0,70
Có phân luồng từng bộ phận bằng đảo an toàn, không có đường cong chuyển tiếp						
0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,99	1,0
20	0,97	0,98	1,0	0,97	0,98	0,99
40	0,93	0,94	0,97	0,91	0,92	0,97
60	0,87	0,88	0,93	0,84	0,85	0,93
80	0,87	0,88	0,92	0,84	0,85	0,92
Phân luồng hoàn toàn						
0 - 60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	0,97	0,98	0,99	0,95	0,97	0,98

Bảng 4-24

Hệ số k_{10} kể tới tình trạng của lề đường

Loại hình gia cố và tình trạng của lề đường	Hệ số k_{10}
Mặt đường cấp cao	1,00
Gia cố đá dăm	0,99
Thêm cỏ	0,95
Không gia cố, khô ráo	0,90
Ẩm và bẩn	0,45

Bảng 4-25

Hệ số k_{11} kể tới loại mặt đường

Loại lớp mặt	Hệ số k_{11}
Bê tông áphan không nhẵn, đá dăm đen	1,00
Bê tông áphan nhẵn	0,91
Bê tông xi măng lắp ghép	0,86
Lát đá	0,42
Mặt đường đất, tốt	0,90
Đường đất, kém	0,1 - 0,3

Bảng 4-26

Hệ số k_{12} kể tới vị trí các công trình trên đường

Vị trí chỗ nghỉ, trạm xăng, chỗ đỗ xe so với phần xe chạy	Hệ số k_{12}
Hoàn toàn cách li, có đường rẽ riêng	1,0
Hoàn toàn cách li, có đường nối mở rộng	0,98
Hoàn toàn cách li, không có làn xe nối	0,8
Không cách li	0,64

Bảng 4-27

Hệ số k_{13} kể tới sự phân làn xe trên phần xe chạy

Phương pháp tổ chức giao thông	Hệ số k_{13}
Vạch tim đường	1,02
Vạch tim đường và vạch định hướng	1,05
Vạch kép ở tim đường	1,12
Có biển báo hạn chế tốc độ	$k_{13} = k_8$
Có biển chỉ làn xe	$k_{13} = 1,1$

Bảng 4-28

Hệ số k_{14} kể tới sự hiện diện của đường cong chuyển tiếp rẽ xe

Loại đường cong chuyển tiếp chuyển tốc	Cường độ xe trên đường rẽ so với cường độ xe trên đường trực %	Trị số k_{14} cho làn xe	
		bên phải	bên trái
Làn xe chuyển tiếp tách khỏi phần xe chạy chính	10 - 15	0,95	1,00
	25 - 40	0,90	0,95
	10 - 15	0,88	0,95
Loại thông thường	25 - 40	0,83	0,90
	10 - 25	0,80	0,90
Không có đường cong chuyển tiếp	25 - 40	0,75	0,80

Bảng 4-29

Hệ số k_{15} kể tới thành phần dòng xe

Tỉ lệ số xe buýt %	Hệ số k_{15} khi số xe con chiếm %					
	70	50	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

4.11. XÁC ĐỊNH SỐ LÀN XE TRÊN MẶT CẮT NGANG

Trên nguyên lý, việc xác định số làn xe và bề rộng phần xe chạy là cân bằng giữa cung (khả năng thông hành của phần xe chạy) và cầu (cường độ vận chuyển ngày đêm của năm tương lai trong một điều kiện nhất định về chất lượng dòng xe (mức độ phục vụ).

Cầu : Cường độ xe đưa vào tính toán là cường độ xe ngày đêm trung bình của năm tương lai. Năm tương lai là năm thứ 20 sau ngày đưa đường vào sử dụng. Cường độ của năm tương lai có thể xác định theo các phương pháp :

1 - Theo các số liệu điều tra kinh tế của các cơ quan kế hoạch, cơ sở sản xuất như nhà máy, xí nghiệp hãm mỏ nằm trong khu vực hấp dẫn của tuyến. Chú ý là độ chính xác của các kế hoạch này và đồng thời phải xét tới nhiều nhân tố mới có thể phát sinh, có thể hoàn toàn đảo lộn các dự đoán.

2 - Có thể ngoại suy theo thời gian ra lượng xe yêu cầu trong tương lai. Mô hình ngoại suy có 2 loại : mô hình tuyến tính và mô hình phát triển theo hàm mũ.

Biểu thức toán học của mô hình tuyến tính :

$$N_t = N_0(1 + qt)$$

(4-28)

Mô hình hàm mũ có dạng :

$$N_t = N_0(1 + q)^{t-1} \quad (4-29)$$

trong đó : N_t - cường độ xe ngày đêm trung bình của năm tương lai ;
 N_0 - cường độ xe trung bình ngày đêm của năm xuất phát ;
 t - thời gian dự báo tương lai, năm ;
 q - hệ số công bội.

Mô hình tuyến tính là mô hình phù hợp với các nước hậu công nghiệp, có nền kinh tế đã phát triển và ổn định. Trên thực tế rất ít nước áp dụng. Mô hình hàm mũ là mô hình thích hợp với nhiều nước, đặc biệt là các nước đang phát triển. Nhiều nước có nền kinh tế rất phát triển ví dụ như nước Pháp cũng vẫn áp dụng mô hình này. Vấn đề khó là chọn hệ số công bội. Ở nước ta nhiều tác giả kiến nghị có thể áp dụng từ 6% đến 10%. Chỉ số phát triển GDP hàng năm ở nước ta 5 năm qua là 8,2%. Theo dự kiến các năm tới là 10 + 12%. Theo kinh nghiệm, có thể tin con số công bội phát triển giao thông của nước ta là 10 + 12%.

Với một con đường đã có nhiều xe, khi lượng xe gần tới mức bão hòa thì có sự tự điều chỉnh bằng cách chạy sang các đường khác có thuận lợi hơn. Trường hợp đó, ví dụ như tính năng lực thông hành của 1 cây cầu có tuổi thọ 100 năm thì có thể tìm các mô hình khác ví dụ mô hình hàm logistic, ... [9]

Cung : Khả năng đáp ứng của phần xe chạy không đơn giản là tổng khả năng thông hành của các làn xe. Nó còn gắn liền với chất lượng dòng xe hay chất lượng phục vụ, ví dụ như tốc độ xe trong dòng, mức độ thoải mái, sự vượt xe, mức độ an toàn v.v... Mức độ đó được thể hiện qua hệ số mức độ phục vụ z , hệ số z là tỉ lệ giữa cường độ xe đang chạy với khả năng thông hành, z càng nhỏ thì điều kiện xe chạy càng thuận lợi thoải mái. Theo nghiên cứu của nhiều tác giả, xét cả mặt kinh tế, nên dùng $z = 0,45 \div 0,55$.

Số làn xe yêu cầu : Tổng hợp các điều vừa nói, có thể xác định số làn xe cần có

$$n = \frac{N_t}{z \cdot N_{lth}} \quad (4-30)$$

n là số làn xe cần thiết, lấy theo bội số đã làm tròn theo hướng có dự trữ.

Những điều vừa trình bày trên để ta hiểu nguyên lý xuất phát.

Trong trường hợp thông thường có thể lấy N_{lth} theo tiêu chuẩn TCVN 4054 : 1998.

- Khi có phân cách xe chạy trái chiều và phân cách xe ôtô với xe thô sơ 1800 $xcqd/h$.

- Khi phân cách xe chạy trái chiều và không có phân cách giữa xe ôtô và xe thô sơ 1500 $xcqd/h$.

- Khi không có phân cách trái chiều và ôtô chạy chung với xe thô sơ 1000 $xcqd/h$.

z - hệ số sử dụng năng lực thông hành khi $V_{tt} \geq 80 \text{ km/h}$ là 0,55 ; khi $V_{tt} = 60 \text{ km/h}$ là 0,55 cho vùng đồng bằng và 0,77 cho vùng núi ; khi $V_{tt} \leq 40 \text{ km/h}$ là 0,77.

Ở đây xin giới thiệu biện pháp thực tế chọn số làn xe và chiều rộng phần xe chạy của nước Pháp theo yêu cầu tương lai tính bằng số xe con quy đổi (xcqd = xe con quy đổi).

Phần xe chạy 4,0m áp dụng cho lượng xe dưới 500 xcqd/nd.

Phần xe chạy 6,0m có thể áp dụng cho đường có yêu cầu từ 500 - 2500 xcqd/nd trong đó có 1 lượng xe tải. Có thể khi cần thiết tới 5000 xcqd/nd.

Phần xe chạy 7,0m dùng trong 2 trường hợp :

- Lưu lượng và dòng xe vượt các quy định của mặt đường 6,0m, trong đó có lượng xe tải nhất định cần cải thiện lúc tránh xe.

- Về lưu lượng chịu được 2500 - 7500 xcqd/nd, khi ép có thể tới 10000 xcqd/nd.

Phần xe chạy 3 làn xe 10,5m chịu được lưu lượng 5000 tới 12000 xcqd/nd, khi ép có thể chịu tới 16000 xcqd/nd.

Phần xe chạy 2 làn xe : khi lưu lượng từ 12000 tới 27000 xcqd/nd, ép tới 36000 xcqd/nd. Thường là có dải phân cách trung tâm. Trong những trường hợp sau, có thể xét miễn không làm dải phân cách.

- Giá thành đến bù rất đắt ;

- Khi phần xe chạy này chỉ là những đoạn không dài, hình thành do mở rộng phần xe chạy 2 hay 3 làn xe.

Phần xe chạy lớn nhất nên dùng là 2 ; 3 làn xe. Khi yêu cầu lớn hơn nên nghĩ tới mở thêm tuyến đường khác.

4.12. DẢI ĐẤT DÀNH CHO ĐƯỜNG

Ngoài các diện tích đất trên có trực tiếp đặt các công trình đường bộ như : nền đường, lề đường, mái đường, các công trình thoát nước như cầu cống, đường ngầm, đường tránh cầu, các bến phà, cầu phao, các công trình chống đỡ, các hệ thống báo hiệu như biển báo, cọc tiêu, dải phân cách, các công trình phụ trợ khác của đường..., đường còn cần một diện tích chạy theo dọc 2 bên tuyến để bảo vệ cho đường, để dự trữ cho phát triển tương lai.

Việc bảo vệ hành lang ấy, đồng thời sự kết hợp với các công trình khác như đèn chiếu, các công trình đô thị, các loại cột điện, điện thoại... được quy định bằng pháp lý trên nghị định 203/HĐBT năm 1982 và pháp lệnh bảo vệ công trình giao thông ban hành theo lệnh của Chủ tịch nước số 38/L/CTN ngày 10/12/1994.

Hai văn bản trên quy định hành lang bảo vệ là chiều rộng dọc theo tuyến tính từ mép chân mái đường (hoặc từ mép ngoài rãnh dọc hoặc rãnh đỉnh) với đường quốc lộ là 20m, với đường tỉnh lộ là 10m.

Đối với cầu, hành lang bảo vệ tính từ tim cầu ra hai bên phía sông theo bảng 4-30. Chiều rộng này được kéo dài sang hai phía đầu cầu, tùy theo chiều dài cầu.

Bảng 4-30**Chiều dài và chiều rộng hành lang bảo vệ cầu**

Chiều dài cầu (m)	Chiều rộng từ tim cầu sang hai bên (m)	Chiều dài tính từ mố cầu trở ra phía đường (m)
trên 60	150	100
30 - 60	100	80
dưới 30	80	60
Cống các loại		30
Bến phà thường	100	
Bến phà tự hành	150	
Bến cầu phao	100	

Tính không phía trên yêu cầu quy định là 4,50m. Người thiết kế phải dự trữ cho chiều dày gia cường của áo đường sau này. Độ võng của đường dây cao thế trên mặt đường được quy định, với đường điện áp dưới 110kV là 7,0m ; với đường điện áp từ 110 đến 120kV là 8,0m.

Các cột điện tín, điện thoại... phải đặt cách mép nền đường ít nhất là bằng chiều cao của cột.

Trong phạm vi của hành lang bảo vệ đường cấm xây dựng các công trình như nhà cửa, lều quán kho tàng hay khai thác đất đá. Các công trình cấm xây dựng nơi ở đây là cả công trình tạm như lều quán. Các công trình đã có trước khi định chỉ giới hành lang được phép tạm thời tồn tại nếu như xét thấy không ảnh hưởng tới sự bền vững của công trình, nhưng không được phát triển thêm. Khi phải rời đi, nếu có giấy phép của cấp có thẩm quyền thì được xét bồi thường.

Trong hành lang này, cho phép trồng các cây lương thực, hoa màu, cây công nghiệp nhưng phải cách mép chân mái đường là 1,0m và cách mép đỉnh mái đường đắp là 6,0m.

Khi xây dựng các công trình công cộng khác như đê, kè, kênh thủy nông do khó khăn phải làm trong chỉ giới phải có sự chấp thuận của cơ quan quản lý (Bộ Giao thông hoặc Ủy ban Nhân dân tỉnh) quyết định.

CHƯƠNG 5

QUY LUẬT CHUYỂN ĐỘNG CỦA DÒNG XE

5.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ DÒNG XE

Nhiều năm trước đây, do tốc độ xe chạy còn chậm và lượng xe còn ít nên khi thiết kế chủ yếu là xét về mặt cơ học, làm sao cho xe chạy an toàn trên đường với tốc độ thiết kế, không bị đổ, không bị lật là đủ. Trên đường, xe ít gây ảnh hưởng lẫn nhau, rất ít khi bị ách tắc. Đối tượng thiết kế chủ yếu là chiếc xe đơn, thí dụ như chiều rộng làn xe, dốc dọc, bán kính đường cong nằm...

Kể từ sau đại chiến thứ 2, lượng xe trên đường tăng lên rất nhanh, thống kê năm 1961 ở Mỹ, xa lộ Hollywood, Los Angeles có 204000 xe/nd trên 8 làn xe 2 chiều, hẻm Posey ở Oakland (California) trên 2 làn xe có 27000 xe/nd. Tình hình ở nhiều nước cũng có xu hướng như vậy nên phát sinh vấn đề ảnh hưởng lẫn nhau giữa các xe trong 1 dòng. Sự vận động (vị trí, phương hướng, tốc độ, sự hãm...) của 1 xe có ảnh hưởng tới xe cạnh nó và ảnh hưởng lan truyền đến nhiều xe khác. Dòng xe lại không thuần nhất, có trọng tải, có kích thước khác nhau, có tính năng động lực khác nhau. Trình độ và kĩ năng, tâm lí người lái lại khác nhau nên vấn đề lại trở nên phức tạp. Nhiều tuyến đường có chất lượng rất tốt mà vẫn thường xuyên ách tắc. Thực tế chứng tỏ rằng khi đông xe, dòng xe hoạt động theo một quy luật, phải nghiêm chỉnh nghiên cứu nó. Và đối tượng nghiên cứu phải là dòng xe, tức là các xe có ảnh hưởng lẫn nhau chứ không phải là chiếc xe đơn như trước đây.

Sự xuất hiện của một chiếc xe với tính năng, kích thước, trọng tải, trình độ trang bị là những yếu tố ngẫu nhiên. Người lái với trình độ huấn luyện, sự hiểu biết luật lệ, sức khỏe, tâm lí tức thời, cũng lại rất ngẫu nhiên. Các yếu tố trên đường tuy là cố định nhưng đối với người lái, vẫn là ngẫu nhiên không biết trước mình điều gì sẽ xảy ra. Chất lượng đường sá, mặt đường, khí hậu... cũng bất thường. Vì vậy công cụ thích hợp nhất để nghiên cứu dòng xe là khoa học thống kê và lí thuyết xác suất cùng chuyên ngành của nó là lí thuyết phục vụ đám đông.

5.2. CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA DÒNG XE

Chất lượng dòng xe được thể hiện bằng nhiều tính cách trong đó phải kể 3 đặc trưng cơ bản nhất, đó là *tốc độ*, *cường độ*, và *mật độ xe chạy*.

Tốc độ xe chạy : Tốc độ xe chạy là chỉ tiêu quan trọng thể hiện mức độ tiện nghi của xe chạy. Có hai loại tốc độ trung bình : *tốc độ trung bình theo thời gian*

là tốc độ trung bình của dòng xe trên một quãng đường ngắn. Ví dụ : có 5 xe qua 1 mặt cắt với các tốc độ 40, 50, 60, 70, 80 km/h thì tốc độ trung bình theo thời gian

$$V_t = \frac{(\sum v_i)}{n} = 60 \text{ km/h.}$$

Tốc độ trung bình theo không gian (theo chiều dài) là tỉ lệ giữa quãng đường L và thời gian xe chạy trung bình trên đường :

$$V_s = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum t_i} = \frac{nL}{\sum \frac{L}{v_i}} = \frac{n}{\sum \frac{1}{v_i}}$$

và theo thí dụ trên :

$$V_s = \frac{5}{\frac{1}{40} + \frac{1}{50} + \frac{1}{60} + \frac{1}{70} + \frac{1}{80}} = \frac{1}{0,018 \text{ giờ}} = 55,6 \text{ km/h}$$

người ta chứng minh được rằng luôn luôn $V_t \geq V_s$.

Tốc độ xe chạy có thể dùng đồng hồ bấm giây để đo thời gian t xe chạy từ điểm đầu tới điểm cuối một đoạn cơ bản ghi sẵn trên đường. Đoạn cơ bản này có thể lấy dài từ 50 - 100m tùy theo tốc độ xe chạy. Tốc độ xe chạy là tỉ lệ giữa quãng cơ bản và thời gian xe chạy.

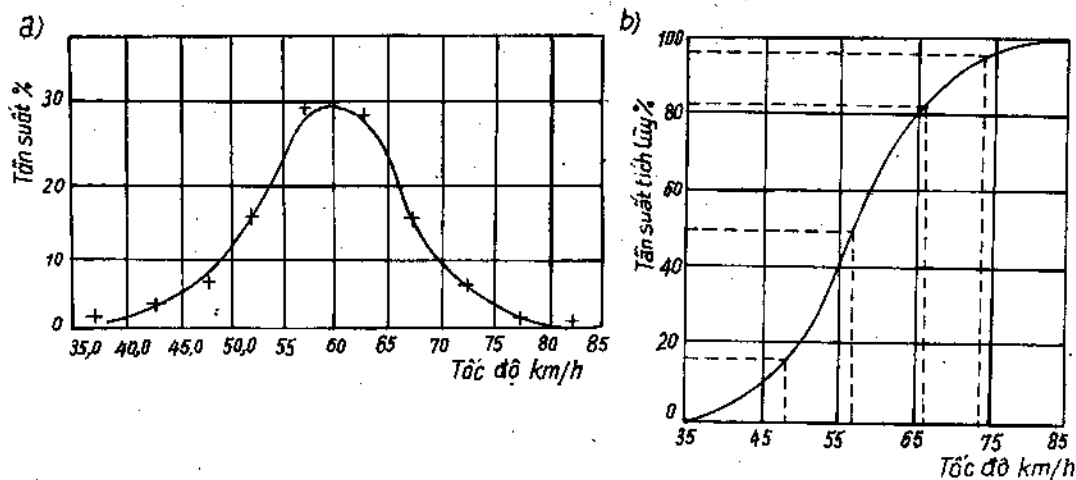
Tốc độ là một trị ngẫu nhiên nên thống kê bao giờ cũng phân tán. Các tác giả đều thống nhất là tuy phân tán nhưng các trị đều tập hợp quanh trị trung bình và có hàm phân phối là hàm chuẩn :

$$P(v) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(v-\bar{v})^2}{\sigma^2}} \quad (5-1)$$

trong đó : P(v) - mật độ xác suất xuất hiện tốc độ v ;

$\bar{v}$ - tốc độ thống kê trung bình của dòng xe ;

σ - độ lệch quân phương.



Hình 5-1. Các đường biểu diễn

a - phân phối mật độ ; b - tần suất tích lũy và tốc độ ứng với các tần suất khác nhau.

Mỗi nhóm xe có tốc độ xe chạy tập hợp quanh một trị trung bình của nhóm vì vậy ta có thể có một hàm đa thức. Khi cường độ xe chạy lớn, các xe cản trở lẫn nhau, chạy cùng một tốc độ, lúc đó ta lại trở về một hàm đơn thức, (hình 5-2).

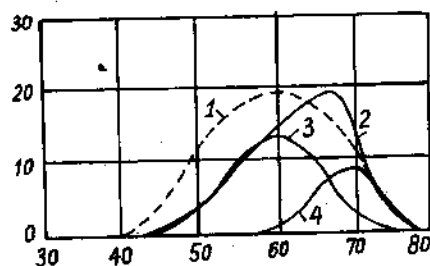
Từ phân phối mật độ xác suất, ta lại tính được tần suất tích lũy và các tốc độ ứng với các tần suất tích lũy. Tốc độ ứng với tần suất 95 là hầu như không có xe vượt qua, ứng với tần suất 85 dùng trong tổ chức giao thông, ứng với 50 dùng trong tính toán kinh tế, ứng với 15 là tốc độ các xe chạy chậm làm trở ngại cho dòng xe.

Mật độ dòng xe : Mật độ dòng xe là số xe xuất hiện trên một đơn vị chiều dài của đường. Vì mỗi xe đều có một kích thước nhất định, khi vận động cũng cần có một không gian nhất định cả về ý nghĩa động học cũng như ý nghĩa an toàn. Vì vậy khi xe quá đông thì dễ ách tắc. Mật độ ứng với khi bị ách tắc gọi là *mật độ tắc xe*. Theo Greenshields mật độ tắc xe khoảng 121 xe/km, tức là hơn 8,0m một xe.

Cường độ dòng xe : Cường độ dòng xe còn gọi là suất dòng là số xe chạy qua một mặt cắt hay một quãng đường trong một đơn vị thời gian. Cường độ dòng xe luôn luôn biến đổi, theo nhịp phát triển của nền kinh tế của đất nước. Có rất nhiều nhân tố khác nữa có ảnh hưởng tới cường độ xe chạy, thí dụ sự phân công hay cạnh tranh giữa các hình thức vận tải, tính hấp dẫn của các con đường khác v.v... Vì vậy hình thức đơn giản nhất nhưng khá đủ tin cậy là có thể dùng các mô hình phát triển tuyến tính và theo hàm mũ như đã giới thiệu trong chương 4. Thời gian dự báo không vượt quá 20 năm vì quá thời gian đó sẽ có nhiều nhân tố mới xuất hiện và sự dự báo không chính xác nữa.

Trong một năm, cường độ xe chạy cũng không đều vì ảnh hưởng theo mùa (nhất là các đường nông nghiệp theo thời vụ, các đường du lịch theo mùa nghỉ), theo tháng (ảnh hưởng của các khí hậu, tháng có nhiều ngày lễ tết v.v...), theo ngày trong tuần (tùy tập quán từng nước) thường cao điểm là trước và sau ngày nghỉ trong tuần, và thay đổi theo giờ trong ngày (theo khí hậu, theo tổ chức lao động, theo tập quán, ...). PGS. PTS Đỗ Bá Chương tổng kết những năm 60 trên đường 5 Hà Nội - Hải Phòng giới thiệu các hệ số không đều như sau :

- k_1 - hệ số không đều theo tháng : 1,2 ;
- k_n - hệ số không đều theo ngày trong tuần : 1,1 ;
- p_g - lượng xe trong giờ cao điểm trong ngày : 0,10 ;
- k_2 - lượng xe trong 2' cao điểm : 1,5.



Hình 5-2. Đường biểu diễn phân phối mật độ xác suất của tốc độ.

- 1 - đơn một khi cường độ lớn ; 2 - đa một khi cường độ nhỏ phân ra ; 3 - đối với xe chạy chậm ; 4 - đối với xe chạy nhanh.

Thí dụ : Dự kiến cường độ trung bình ngày đêm 900 xe/h/làn. Để tính số làn xe cần xác định cường độ của giờ cao điểm của năm tính toán là :

$$N = N_{tb} \cdot k_t \cdot k_n \cdot p_g = 900 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,1 = 120 \text{ xe/h/làn.}$$

Quy trình Mỹ cho phép lấy cường độ xe chạy của giờ thứ 30 làm cường độ xe chạy tính toán. Người ta thống kê cường độ xe chạy của các giờ trong 1 năm và sắp xếp lại theo thứ tự lớn đến nhỏ dần. Cường độ giờ thứ 30 theo nghiên cứu của Mỹ đủ chính xác để lấy làm cường độ tính toán.

Quãng thời gian giữa các xe : Ngoài 3 đặc trưng trên là loại cơ bản, còn nhiều đặc trưng khác cũng quan trọng cần nghiên cứu. Đầu tiên phải kể tới quãng thời gian trung bình giữa các xe, Δ_t . Quãng thời gian trung bình giữa các xe lớn thì xe có thể chạy dễ dàng. Khi quãng thời gian này nhỏ thì xe không thể thực hiện được một số thao tác như vượt xe, nhập dòng, cắt dòng trong nút giao thông v.v...

Vì đây là một tính cách quan trọng nên cũng nhiều tác giả để tâm nghiên cứu, đề xuất nhiều mô hình. Đồng ý với nhiều tác giả khác, quan trắc trên đường 5 Hà Nội - Hải Phòng, PGS. PTS Đỗ Bá Chương đã chứng minh khi dòng xe không vượt 700 xe/h/làn, hàm mật độ phân phối quãng thời gian đủ phù hợp với hàm mũ âm :

$$P(\Delta_t) = \lambda e^{-\lambda \Delta_t} \quad (5-2)$$

và hàm phân phối có dạng

$$P(x \leq \Delta_t) = e^{-\lambda \Delta_t} \quad (5-3)$$

trong đó : $P(\Delta_t)$ - xác suất xuất hiện quãng thời gian bằng Δ_t ;

$P(x \leq \Delta_t)$ - xác suất xuất hiện quãng thời gian nhỏ hay bằng Δ_t ;

λ - cường độ dòng xe hay gọi là suất dòng xe.

Δ_t - quãng thời gian giữa hai xe, giây.

Quy luật này cũng có thể chứng minh bằng toán học, khi dòng xe trên trục không gian (hoặc trục thời gian) là dòng Poisson thì quãng thời gian (hoặc quãng không gian) giữa 2 xe có hàm phân phối mật độ là hàm mũ âm.

Quãng không gian, Δ_s : Quãng thời gian có quan hệ với quãng thời gian qua tốc độ chạy xe, nói một cách khác, đây là hai chiều (không gian và thời gian) của bài toán dòng xe. Vì vậy tính quan trọng và các đặc tính khác của quãng không gian hoàn toàn có thể suy ra từ quãng thời gian.

Thành phần dòng xe : Thành phần dòng xe thể hiện bằng tỉ lệ phần trăm các loại xe trong dòng. Trong dòng cơ giới, xe tải với tính năng động lực khác xe con cản trở sự vận động của làn xe nói chung. Trên các đường không phải là cao tốc, không có sự phân cách giữa các loại xe, nhất là trong đô thị nước ta nhiều xe hai bánh, xe không động cơ nên trong những năm gần đây, nhiều nhà khoa học nước ta đã công bố nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề này.

5.3. QUAN HỆ CƠ BẢN CỦA DÒNG XE

Ở đây ta xét quan hệ giữa các đặc tính cơ bản của dòng xe, trong đó *suất dòng* nói lên yêu cầu của xe cộ, *mật độ* đại diện cho tính tập trung của dòng xe, và *tốc độ* nói lên trình độ tiện nghi hay chất lượng của dòng. Chú ý là ở đây tốc độ tính là tốc độ theo thời gian v_s . F.A. Haight lập luận là thứ nguyên của mật độ là *xe/km*, chia cả tử và mẫu số cho thời gian, ta có :

$$\text{Mật độ} = \frac{\text{xe}}{\text{km}} = \frac{\text{xe}/\text{thời gian}}{\text{km}/\text{thời gian}} = \frac{\text{suất dòng}}{\text{tốc độ}}$$

Quan hệ vừa lập có thể trình bày :

$$N = q \cdot v_s(q) \quad (5-4)$$

Quan hệ 5-4 giữa 3 tính chất cơ bản của dòng xe được gọi là *quan hệ cơ bản*. Biểu diễn trên một đồ thị, trục tung là N , trục hoành là q , ta cũng thu được *biểu đồ cơ bản*. Biểu đồ này luôn có giá trị dương và có đặc tính :

- khi $q = 0$, dòng xe rất vắng, hầu như không có xe $N = 0$, tốc độ xe chạy được gần như là tốc độ xe chạy tự do $v_s = v_0$.
- khi $q = q'$ mật độ tắc xe, thì N cũng gần bằng 0 và $v_s = 0$.

Suy ra trong miền $q(0, q')$ sẽ có một cực trị của N . Tính chất cụ thể chưa biết nhưng biểu đồ cơ bản phải có dạng như hình 5-3.

Mỗi điểm trên biểu đồ quan hệ cơ bản đặc trưng cho một chế độ chuyển động nhất định của dòng xe. Một số chế độ đặc biệt :

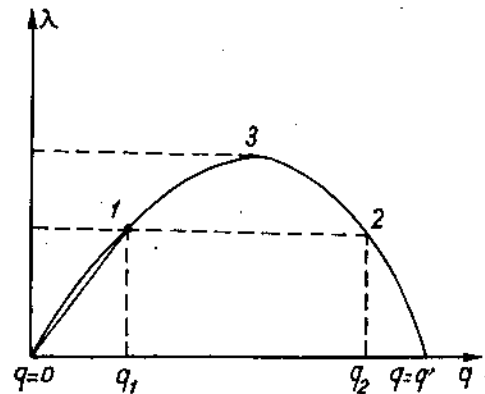
Điểm 0 : $q = 0$; $\lambda = 0$, dòng xe hầu như không có xe qua. Tiếp tuyến với đường cong cơ bản tại điểm này có độ dốc bằng tốc độ xe chạy tự do v_0 .

Điểm 1 và điểm 2 : là 2 điểm có mật độ khác nhau nhưng cùng 1 cường độ xe chạy. Dây cung 01 và 02 có độ dốc là tốc độ xe chạy v_1 và v_2 . Điểm 1 là chế độ xe chạy thông, điểm 2 là chế độ tắc xe ; dòng xe không ổn định ($v_1 > v_2$; $q_1 < q_2$).

Điểm 3 : là chế độ cho phép có lượng xe qua lớn nhất (năng lực thông hành). Ứng với nó là tốc độ tối ưu về năng lực thông hành.

Điểm $(q', 0)$: ứng với mật độ tắc xe : Dòng xe hầu như không có xe qua (tốc độ là độ dốc của vectơ Oq'), trùng với trục hoành.

Tùy theo thành phần dòng xe, tùy theo điều kiện đường sá, ta có thể có các đường quan hệ cơ bản nhưng dạng thức trên hình 5-3 là không thay đổi, ta có thể dùng nó để kiểm tra các giả thiết, các mô hình dòng xe.

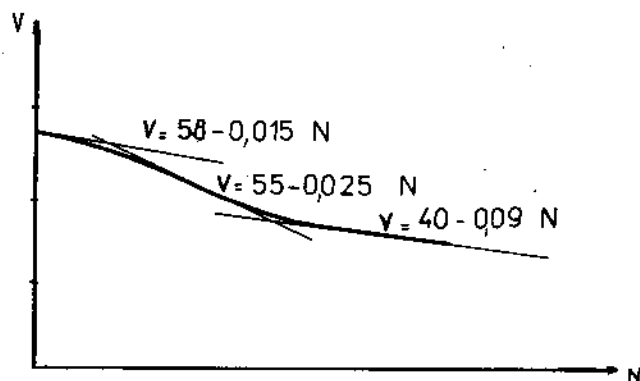


Hình 5-3. Quan hệ cơ bản của dòng xe

5.4. GIỚI HẠN NĂNG LỰC THÔNG HÀNH THEO MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC ĐƠN GIẢN

Về quan hệ giữa cường độ - tốc độ thì từ lâu đã có kết luận là khi cường độ dòng xe tăng lên thì tốc độ trung bình của dòng xe giảm xuống.

Những năm 60 nhiều tác giả quan trắc đã công bố sự giảm dần tốc độ khi tăng cường độ dòng xe là theo quy luật tuyến tính (như Kerôclu trường đại học Đường ô tô Kharkôv) đã quan trắc ở đường đại Matxcova. Từ năm 70 lại có tác giả đề nghị đây là dạng phi tuyến có tồn tại 2 điểm uốn. Để giản hóa, I.M. Lôbanôv đề nghị dùng 3 phương trình tuyến tính cho 3 giai đoạn (hình 5-4).



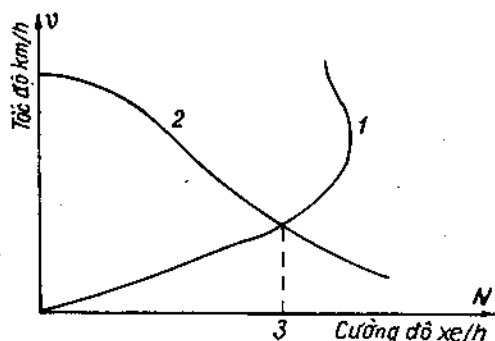
Hình 5-4. Quan hệ V-N và các phương trình thực nghiệm do E. M. Lôbanôv đề nghị

Tiến sĩ Silianôv và PTS - Đỗ Bá Chương giải thích sự suy giảm tốc độ trên đường chủ yếu là do

xe chạy chậm cản trở xe chạy nhanh. Người thứ nhất, nghiên cứu cho dòng xe có 2 nhóm tốc độ trên máy tính theo phương pháp Monte Carlo ; người thứ hai nghiên cứu cho dòng nhiều nhóm tốc độ được 1 công thức dưới dạng truy toán. Kết quả về dạng thức giống nhau và giống các kết quả thực nghiệm do nhóm H.C.M. của Mỹ nghiên cứu.

Sự suy giảm của tốc độ theo quy luật phi tuyến có thể giải thích như sau. Giai đoạn đầu khi còn ít xe, các xe ít cản trở lẫn nhau, việc vượt xe còn dễ dàng nên tốc độ giảm không đáng kể. Giai đoạn sau, khi lượng xe tăng lên, xe khó có điều kiện vượt, thời gian bám sau xe chạy chậm và chạy với tốc độ chậm lớn nên tốc độ trung bình của dòng xe giảm rất nhanh. Giai đoạn cuối, khi xe đã rất đông, điều kiện vượt xe hầu như không thực hiện được, hầu như suốt thời gian chạy xe

là xe nhanh xếp hàng sau xe chậm và chạy với tốc độ của nó. Tốc độ rất chậm và sự suy giảm không đáng kể.



Hình 5-5. Các Quan hệ V-N và năng lực thông hành

- 1 - tốc độ giảm khi cường độ xe tăng lên ;
- 2 - quan hệ $N = f(V)$ theo mô hình động lực học ;
- 3 - giới hạn về năng lực thông hành.

Trở lại mô hình động lực học đơn giản xác định năng lực thông hành của một làn xe, (chương 4). Quan hệ giữa V-N vừa xác định đã chặn đường biểu diễn năng lực thông hành (hình 5-4) trước khi nó đạt cực trị, (hình 5-5). Giao điểm giữa 2 đường V-N là giới hạn về năng lực thông hành của một làn xe.

5.5. CHẤT LƯỢNG PHỤC VỤ CỦA ĐƯỜNG

Khi cường độ xe chạy yêu cầu lớn ngang với năng lực thông hành thì điều kiện thao tác của xe rất xấu, dù rằng điều kiện của đường thật là lí tưởng. Tốc độ thấp, luôn ngừng xe, thời gian chờ đợi tăng. Muốn đường cung cấp cho những người sử dụng với một trình độ phục vụ tốt hơn thì lưu lượng xe phải nhỏ hơn năng lực thông hành của đường. Phạm vi mà dòng xe được hưởng một chất lượng phục vụ ấn định được gọi là *mức độ phục vụ*.

Hội đồng nghiên cứu về năng lực thông hành của Mỹ ấn định các chất lượng phục vụ sau đây : 1 - tốc độ và thời gian chạy xe ; 2 - số lần tắc và nghẽn xe. Số lần phải dừng xe trên 1km, kể cả giờ chậm xe, phạm vi, tần suất và các chỗ phải thay đổi tốc độ đột ngột ; 3 - mức độ tự do trong thao tác lái xe ; 4 - an toàn gồm cả suất tai nạn và tiềm năng gây tai nạn (cách đánh giá) ; 5 - mức độ thuận lợi và tiện nghi của người lái ; 6 - kinh tế, trong đó có giá thành vận tải.

Theo đánh giá của hội đồng, nhân tố số 1 là quan trọng nhất. Khi đảm bảo được nó thì các chỉ tiêu sau hầu như được đảm bảo. Hội đồng có xét thêm chỉ tiêu $z = N/P$, là tỉ lệ giữa cung và cầu. Tất nhiên là 2 chỉ tiêu không thể thay thế hoàn toàn 6 chỉ tiêu chất lượng vừa nêu. Các chỉ tiêu này lại được xét riêng với 5 loại đường như trong bảng 5-1.

Bảng 5-1

Các yếu tố dùng để đánh giá mức độ phục vụ

Yếu tố	Đường cao tốc	Đường nhiều làn	Đường 2 hay 3 làn	Đường trục thành phố	Đường vào thành
Tốc độ xe chạy	x	x	x		
Thời gian xe chạy trung bình				x	x
Suất $Z = N/P$:					
- Ở điểm không chế nhất	x	x	x	x	
- Ở từng đoạn	x	x	x	x	
- Trên toàn tuyến	x	x	x	x	

Về tổng quát có các mức độ phục vụ như sau :

Mức độ phục vụ A : là điều kiện dòng xe tự do, lưu lượng rất nhỏ, tốc độ cao. Mật độ xe thấp, tốc độ được lựa chọn theo ý muốn người lái, theo tốc độ hạn chế (về tổ chức giao thông) và về điều kiện đường sá. Hầu như không có hạn chế gì về thao tác lái xe và thời gian chậm xe rất ít hoặc không có.

Mức độ phục vụ B : là dòng xe ổn định, tốc độ thao tác mới bắt đầu có 1 vài hạn chế. Người lái vẫn còn tự do hợp lí để chọn tốc độ cũng như là làn xe. Chỉ có một xác suất rất nhỏ xe phải hạn chế tốc độ. Người ta dùng các chỉ tiêu cực hạn của mức độ này thường xuất hiện với các lưu lượng trong thiết kế đường ngoài thành phố.

Mức độ phục vụ C : dòng xe vẫn còn ổn định, nhưng tốc độ và khả năng thao tác đã bị hạn chế nhiều với các lưu lượng lớn. Phần lớn lái xe bị hạn chế khi chọn

tốc độ, chọn làn xe và khi vượt xe. Nhưng tốc độ chạy được vẫn còn thỏa mãn nhiều người. Mức độ này thường hợp cho đường thành phố.

Mức độ phục vụ D : đã tiếp cận đến miền không ổn định. Tốc độ vẫn còn khá dễ chấp nhận nhưng bị hạn chế nhiều. Lưu lượng dao động và xe bị nghẽn tạm thời ảnh hưởng rất nhiều đến tốc độ của xe. Tự do thao tác bị hạn chế, tiện nghi giảm nhiều.

Mức độ phục vụ E : cả tốc độ, thao tác v.v... đều kém hơn mức độ D nhiều. Tốc độ khoảng 30 km/h. Dòng xe không ổn định, tắc xe có khi kéo dài. Lưu lượng đã gần với khả năng thông hành.

Bảng 5-2

Các mức độ phục vụ và lưu lượng phục vụ tối đa của đường nhiều làn xe, không phân cách có hay không có nhiều không chế, với điều kiện dòng xe liên tục
(Thường áp dụng cho đường ở ngoài thành phố)

Mức độ phục vụ	Các điều kiện về dòng xe		Lưu lượng phục vụ/năng lực thông hành (N/P)			Lưu lượng phục vụ tối đa trong các điều kiện lý tưởng khi tốc độ trung bình 112 km/h (tính bằng xe con, một chiều)		
	Miêu tả	Tốc độ xe chạy km/h	Trị giới hạn cơ bản khi tốc độ xe chạy trung bình 112 km/h ①	Trị hoạt động ước tính khi tốc độ xe chạy trung bình giới hạn		Đường 4 làn (hai làn theo một chiều)	Đường 6 làn (ba làn theo một chiều)	Khi thêm vào một làn
				96 km/h	80 km/h			
A	Dòng tự do	≥ 96	≤ 0,30	- ②	- ②	1200	1800	600
B	Dòng ổn định (giới hạn trên của tốc độ)	≥ 88	≤ 0,50	≤ 0,20	- ②	2000	3000	1000
C	Dòng ổn định	≥ 80	≤ 0,75	≤ 0,50	≤ 0,25	3000	4500	1500
D	Dòng tiệm cận mất ổn định	≥ 64	≤ 0,90	≤ 0,85	≤ 0,70	3600	5400	1800
E ③	Dòng không ổn định	48 ③	≤ 1,00	≤ 1,00	≤ 1,00	4000	6000	2000
F	Dòng cưỡng bức	≤ 48 ④	Không có ý nghĩa			Biến đổi rất rộng (từ 0 tới khả năng thông hành)		

① Tốc độ vận hành và suất N/P là hai chỉ tiêu hoàn toàn độc lập, trong bất kì định nghĩa nào về mức độ phục vụ phải thỏa mãn cả 2 chỉ tiêu.

② Tốc độ xe chạy yêu cầu của mức độ này không đạt được dù là lượng xe rất ít.

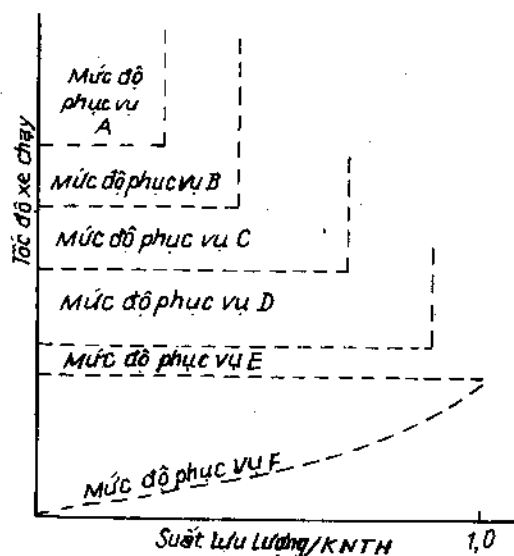
③ Đây là năng lực thông hành

④ Gần đúng

Mức độ phục vụ F : Dòng xe cường bức với tốc độ chậm, lúc đó lưu lượng vượt qua khả năng thông hành. Xe xếp thành hàng chạy trên đường. Trong giờ cao điểm, xe như xếp hàng trên cả đoạn tuyến.

Như vậy với mỗi loại đường, ta có những chỉ tiêu cụ thể khác nhau để đánh giá mức độ phục vụ. Chúng tôi chỉ giới thiệu làm ví dụ các chỉ tiêu đối với đường ngoài thành phố, nhưng ngay với loại hình phổ biến này độc giả cũng nhớ lại rằng đây là đối với điều kiện của nước Mỹ, ít nhất cũng là thận trọng trong khi sử dụng, (bảng 5-2).

Tiến sĩ Sillianov có đề nghị chỉ dùng tỉ số giữa lưu lượng và khả năng thông hành làm chỉ tiêu chính và chia ra các mức độ thuận lợi. Trong từng mức độ thuận lợi, tác giả miêu tả chất lượng của dòng xe. Cách làm như vậy thô hơn, và do đó dễ làm hơn. GVC Nguyễn Quang Đạo cũng dựa trên một chỉ tiêu như vậy nhưng gọi thận trọng hơn là mức độ chất tải, (hình 5-6).



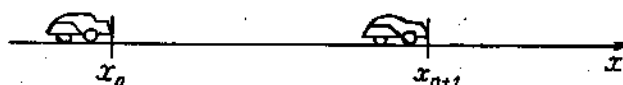
Hình 5-6. Khái niệm tổng quát về quan hệ giữa mức độ phục vụ, tốc độ vận hành và suất giữa lưu lượng với khả năng thông hành, (không tỉ lệ).

5.6. CÁC MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU DÒNG XE

Điều lí tưởng là thiết lập được một quan hệ dưới dạng biểu thức toán học để có thể dự báo một tính cách nào đó của dòng xe biến đổi theo một biến nào đó. Để đạt tới mục tiêu đó, nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu và đề nghị nhiều mô hình. Nhiều người nghiên cứu theo phương pháp thực nghiệm, nhiều người quan sát ảnh hưởng từ hai xe chạy kế nhau để suy ra quy luật chung tức là nhóm các mô hình vi mô, có tác giả dựa trên một số tương tự, hoặc một số giới hạn để suy ra quy luật chung, đó là nhóm các mô hình vĩ mô.

Mô hình động lực học là một loại mô hình vi mô đơn giản nhất. Các xe chạy trên một làn cách nhau một đoạn an toàn như giới thiệu trong chương 4.

Mô hình xe bám xe (Car following) do các nhà khoa học ở California đề xướng, nghiên cứu ảnh hưởng của xe trước tới hoạt động của xe sau. Gọi x là vị trí xe trên đường, các chỉ số n và $n+1$ là các xe quan sát và xe trước nó, x' là tốc độ và x'' là gia tốc của xe, (hình 5-7).



Hình 5-7. Sơ đồ mô hình xe bám xe.

Ta có thể lập quan hệ giữa vị trí của 2 xe :

$$x_{n+1} = x_n + l_0 + v_n t_{pu} + l_{n+1} \quad (5-5)$$

trong đó : l_0 - cự li an toàn giữa 2 xe khi đỗ xe ;

t_{pu} - thời gian phản ứng của lái xe, thường lấy 1 giây ;

l_{n+1} - chiều dài của thân xe thứ $n+1$.

Lấy đạo hàm lần thứ nhất :

$$\dot{x}_{n+1} = \dot{x}_n + \ddot{x}_n \cdot t_{pu}$$

do đó :

$$\ddot{x}_n = \frac{1}{t_{pu}} (\dot{x}_{n+1} - \dot{x}_n) \quad (5-6)$$

Gọi C là độ nhạy cảm của xe bằng nghịch đảo của thời gian phản ứng, thời gian phản ứng nhỏ có nghĩa là nhạy cảm lớn, ta thu được :

$$\ddot{x}_n = C(\dot{x}_{n+1} - \dot{x}_n) \quad (5-7)$$

(5-6) là phương trình vi phân cơ bản của lý thuyết I xe bám xe, có thể phát biểu là gia tốc của xe chạy sau phụ thuộc vào độ nhạy cảm (ở đây là nghịch đảo của thời gian phản ứng) với hiệu tốc độ của hai xe.

PHẢN ỨNG = ĐỘ NHẠY CẢM $\times$ TỐC ĐỘ TƯƠNG ĐỐI

phản ứng ở đây cụ thể là gia tốc của xe sau, nên

GIA TỐC = ĐỘ NHẠY CẢM $\times$ TỐC ĐỘ TƯƠNG ĐỐI.

Đầu thập kỉ 60, lý thuyết II do D. Gazis, R. Herman, R. Potts đề nghị là : độ nhạy cảm phải kể tới khoảng cách của hai xe :

GIA TỐC = $\frac{\text{HỆ SỐ NHẠY CẢM}}{\text{QUẢNG GIỮA 2 XE}}$ $\times$ TỐC ĐỘ TƯƠNG ĐỐI

Mệnh đề này được phát biểu dưới dạng toán học :

$$\ddot{x}_n = \frac{C}{x_{n+1} - x_n} \times (\dot{x}_{n+1} - \dot{x}_n) \quad (5-8)$$

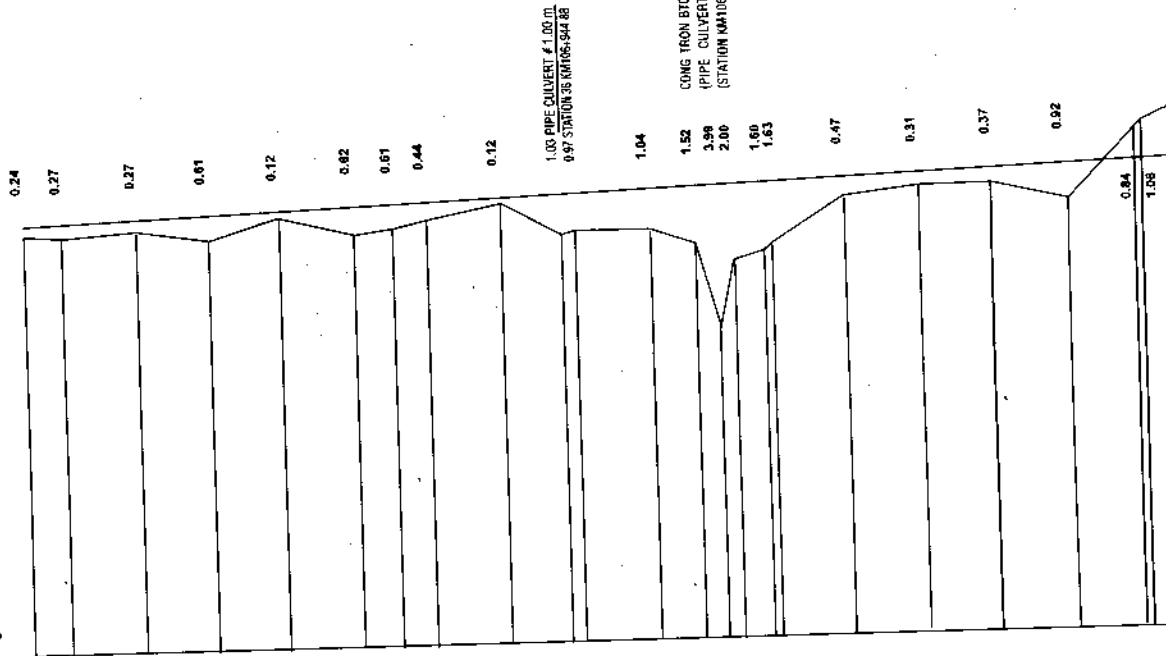
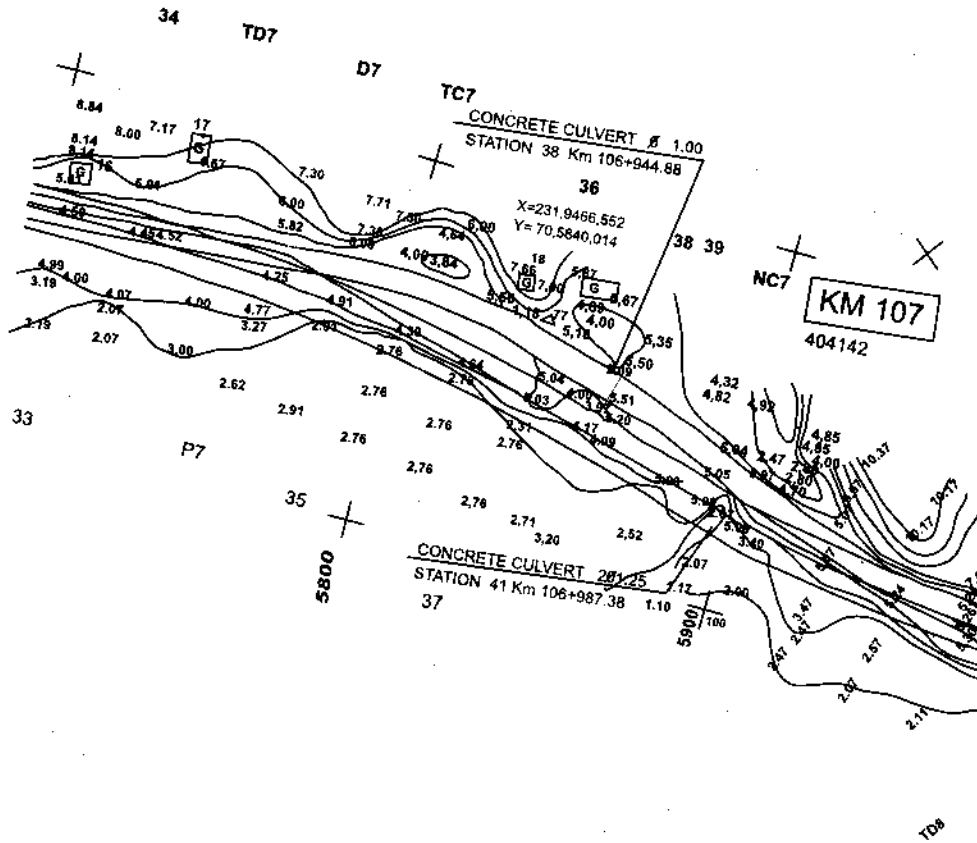
L. Edie (1961) đề nghị thêm vào lý thuyết II, yếu tố về khoảng cách không gian, hình thành lý thuyết III xe bám xe

GIA TỐC = $\frac{\text{HỆ SỐ NHẠY CẢM}}{\text{QUẢNG KHÔNG GIAN} \times \text{QUẢNG THỜI GIAN}}$ $\times$ TỐC ĐỘ TƯƠNG ĐỐI

và có biểu thức :

$$\ddot{x}_n = \frac{C \times \dot{x}_n}{(x_{n+1} - x_n)^2} \times (\dot{x}_{n+1} - \dot{x}_n) \quad (5-9)$$

Lần lượt tích phân 3 phương trình 5-7, 5-8, 5-9 và xác định các hằng số bằng các điều kiện biên, ta sẽ được 3 quan hệ cơ bản theo 3 lý thuyết xe bám xe.



RANH ĐOC (SIDE DITCH)		TRAM(LEFT)	PHAM(RIGHT)
DO ĐỐC THIẾT KẾ (GRADIENT)	1:381.38	F = -0.18%	
CAO ĐỘ THIẾT KẾ (FINISHED GRADE)	4.74	4.72	4.78
CAO ĐỘ THỰC NHẬN (GROUND LEVEL)	4.50	4.45	4.52
CỦ LY LỀ (DISTANCE)	10.49	30.00	19.40
CỦ LY CÔNG CỘNG (ACC. DISTANCE)	80.00	810.48	836.48
TÊN ĐỐC (STICK)	H8	34	157
LY TRÌNH (STATION)	H8		H9
ĐOẠN THANG, ĐOẠN CÔNG (HORIZONTAL ALIGNMENT)	A=180°10'32"R = 400.00 L=100 KT = 238.40 T = 128.85 P = 7.12 HT = 850.11 = 6%		



CÔNG TY KHẢO SÁT THIẾT KẾ GIAO THÔNG VẬN TẢI
Transport Engineering Design Inc.

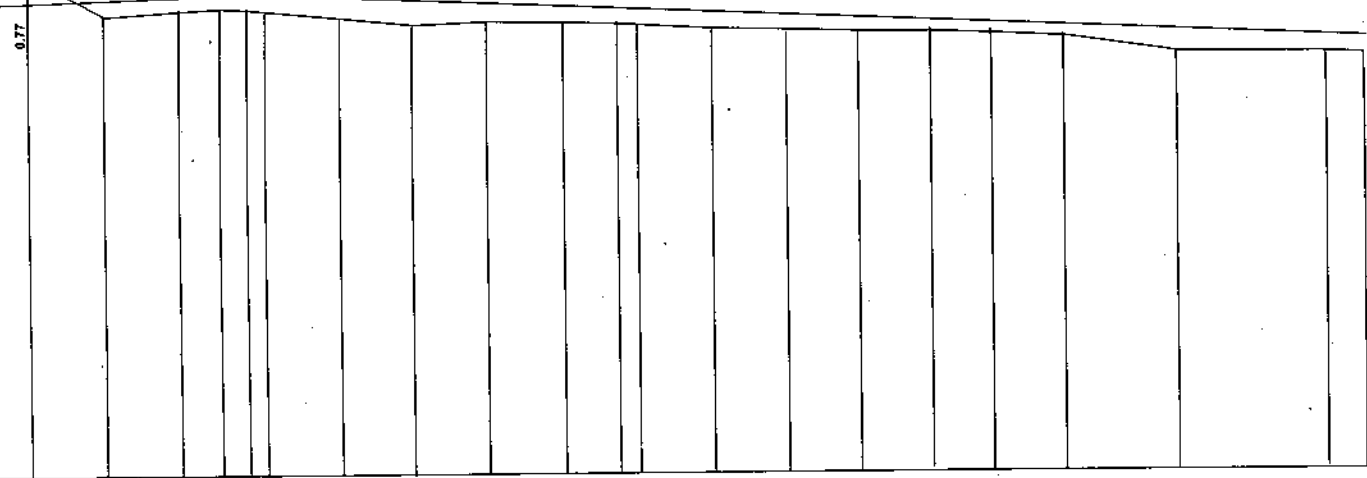
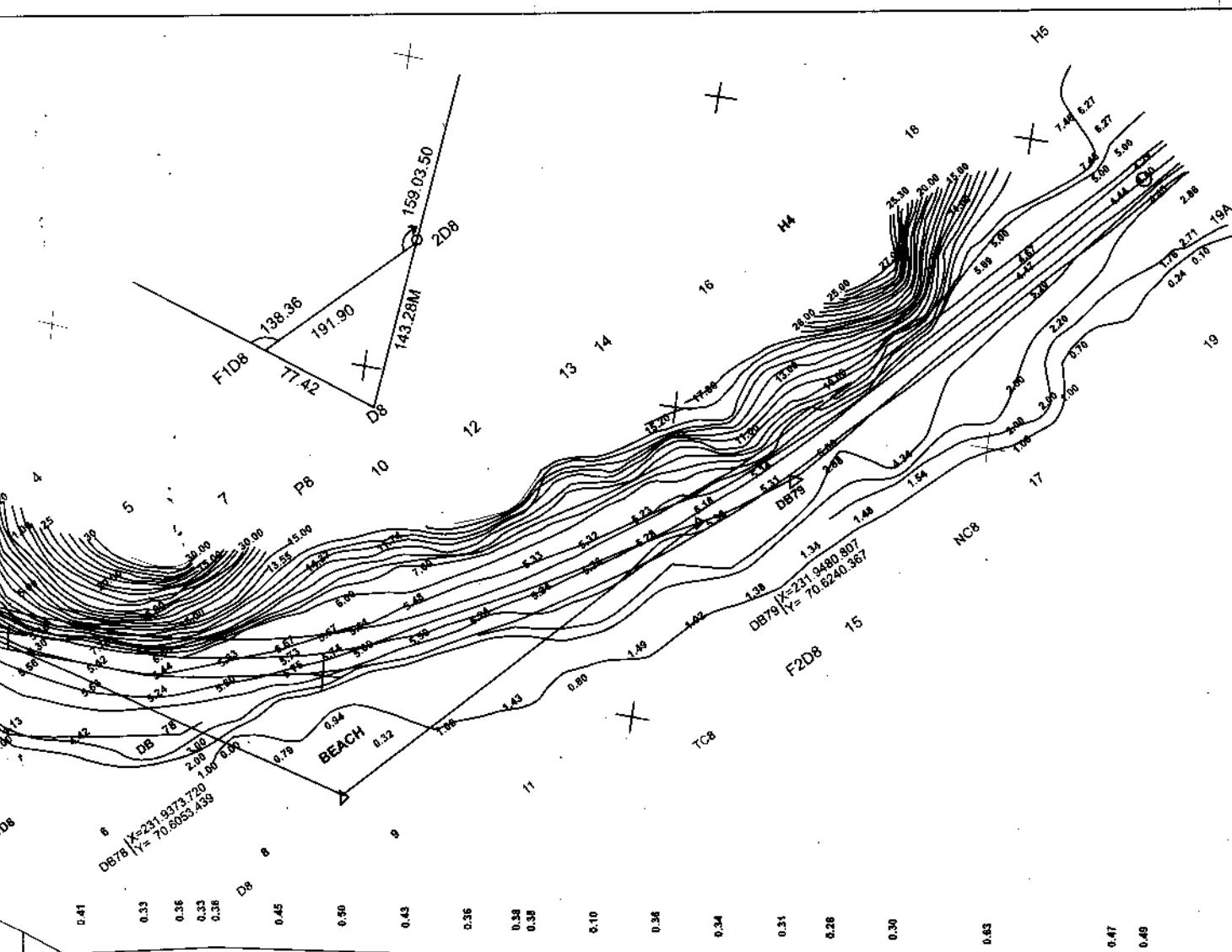
BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
Ministry of Transportation and Communications

TEDI

ĐỰA AN CẢI TẠO, NÂNG CẤP QUỐC LỘ 18
Highway No 18 improvement Project
KM 106+800 - KM 107+500

Đoạn : KM 103+380.00 - KM 119+048.80
Section :

BÌNH ĐỒ CẮT D
PLAN AND PROFILE
THIẾT KẾ KỸ THU
Technical Design



5.91	5.99	6.06	6.10	6.07	6.03	5.98	5.90	5.82	5.74	5.68	5.65	5.58	5.50	5.42	5.35	5.28	5.21	5.09	5.03	5.89
0.00	20.00	20.00	11.43	7.0	1.4	20.00	20.00	20.00	20.00	15.59	14	20.00	20.00	20.00	20.00	15.59	30.00	30.00	40.0	15.80
141.55	151.55	161.55	181.55	192.98	200.00	204.41	224.41	244.41	264.41	284.41	300.00	304.41	324.41	344.41	364.41	400.00	420.00	450.00	490.00	500.00
6	7	8	PP	HP9	H2	10	11	12	TC8	K3	13	14	15	16	HC8	H4	17	18	19	H5

$A = 117.40$ $R = 260.00$ $L = 100$
 $KT = 262.88$ $T = 298.16$
 $P = 45.73$
 $KT = 0.644 = 6\%$

115.99

NGƯỜI THIẾT KẾ Designed by	DO QUANG DAT	CHỦ NHIỆM ĐOÀN Project Manager	PHUNG MINH MO	CÔNG TY KHẢO SÁT THIẾT KẾ G.T.V.T. Transport Engineering Design Inc. (TEDI)	Ngày 16 tháng 10 năm 1995 Date : OCT 15th 1995	Bản vẽ số : Drawing No:	08
NGƯỜI SÓÁT checked by	NGUYEN VAN BICH	GIÁM ĐỐC Technical Director	BUI VAN LONG		Ký hiệu : Code No	18 - 8 - HD	
QUẢN LÝ THIẾT KẾ Design Manager	NGUYEN VAN BICH	CHỦ NHIỆM TỔNG THỂ Supervisor	PHAM TUAN LOC		Tỷ lệ : DAI : 1/1000 . CAO : 1/100 Scale : HORIZONTAL : 1/1000 . VETICAL : 1/100		

Ví dụ, xuất phát từ lí thuyết I, từ 5-7 ta tích phân một lần :

$$\dot{x}_n = C(x_{n+1} - x_n) + K$$

$\dot{x}_n = v_s$; $x_{n+1} - x_n = \Delta_s = \frac{1}{q}$ nên viết lại :

$$v_s = \frac{C}{q} + K.$$

Xét điều kiện biên khi $q = q'$; $v_s = 0$ xác định được :

$$K = -\frac{C}{q'} ; v_s = C \left(\frac{1}{q} - \frac{1}{q'} \right).$$

Thực hiện tương tự với lí thuyết II và III chúng ta được 3 phương trình xác định tốc độ không gian của dòng xe theo 3 lí thuyết :

$$\text{lí thuyết I} \quad v_s = C \left(\frac{1}{q} - \frac{1}{q'} \right) \quad (5-10)$$

$$\text{lí thuyết II} \quad v_s = C \ln \frac{q'}{q} \quad (5-11)$$

$$\text{lí thuyết III} \quad v_s = v_0 e^{-cq} \quad (5-12)$$

nhân (5-10, 5-11, 5-12) với q , ta được 3 quan hệ cơ bản theo 3 lí thuyết xe bám xe

$$\text{lí thuyết I} \quad N = C \left(1 - \frac{q}{q'} \right) \quad (5-13)$$

$$\text{lí thuyết II} \quad N = Cq \ln \frac{q'}{q} \quad (5-14)$$

$$\text{lí thuyết III} \quad N = v_0 q e^{-Cq} \quad (5-15)$$

Mô hình tương tự dòng dịch thể : Đây là một mô hình vĩ mô, các tác giả quan niệm liên tục hóa dòng xe (vốn là dòng rời rạc), và coi xe chạy trong 1 làn xe như 1 dịch thể chảy trong một ống dẫn, dùng phương trình tổng quát của dòng dịch thể :

$$\frac{dv}{dt} = -C^2 \cdot q^n \frac{\partial v}{\partial t} \quad (5-16)$$

Từ phương trình tổng quát này, nhiều nhóm tác giả có các đề nghị khác nhau : Greenberg (1959) nghiên cứu dòng xe ở hầm New York với $n = -1$, Greenshields (1934) nghiên cứu với $n = 0$; gần đây là R.D. Drew nghiên cứu với $n = 1$.

Sau khi tích phân lần lượt các phương trình ta có :

$$n = -1 \quad \rightarrow \quad N = C^2 q \ln \frac{q'}{q} \quad (5-17)$$

$$n = 0 \quad \rightarrow \quad N = C^2 q \left(1 - \frac{q}{q'} \right) \quad (5-18)$$

$$n = +1 \quad \rightarrow \quad N = C^2 q \left(1 - \sqrt{\frac{q}{q'}} \right) \quad (5-19)$$

Ta thấy nghiên cứu của Greenberg ($n = -1$) có kết quả trùng với lý thuyết II xe bám xe (5-14).

Mô hình thực nghiệm của Greenshields : Greenshields B.D. là người đầu tiên tiến hành nghiên cứu thực nghiệm (1934) trên đường ngoài thành phố ở bang Ohio, tìm ra quan hệ tuyến tính giữa tốc độ và mật độ dòng xe :

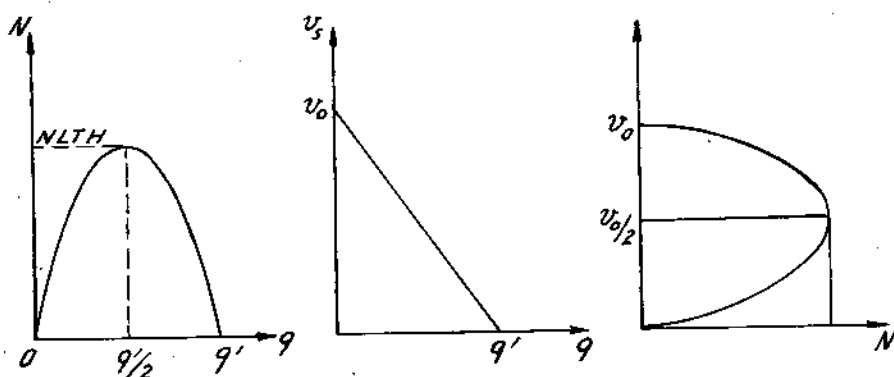
$$v_s = v_0 - v_0 \cdot q/q' \quad (5-20)$$

Từ quan hệ (5-20) ta lập được quan hệ giữa cường độ và mật độ :

$$N = q \cdot v_0 (1 - q/q') \quad (5-20')$$

và quan hệ giữa cường độ và tốc độ :

$$N = q' v_s - q v_s^2 / v_0 \quad (5-21)$$



Hình 5-8. Các quan hệ cơ bản theo mô hình Greenshields

Đồng thời cũng tìm được cường độ tối đa tức là năng lực thông hành :

$$N_{\max} = q' v_0 / 4 \quad (5-21')$$

cực trị này ứng với $q'/2$ và $v_0/2$.

Greenshields đã công bố kết quả thực nghiệm của mình là $v_0 = 74 \text{ km/h}$, $q' = 121 \text{ xe/km}$; $q_0 = 61 \text{ xe/km}$, và $N_{\max} = 2239 \text{ xe/h}$.

5.7. KHÁI NIỆM VẬN DỤNG LÝ THUYẾT XẾP HÀNG TRONG THIẾT KẾ ĐƯỜNG

Lý thuyết xếp hàng còn gọi là lý thuyết phục vụ đám đông do Kendal đề xướng khi nghiên cứu về sự phục vụ của điện thoại công cộng ở Đan Mạch. Để áp dụng, chúng ta có thể quan niệm một làn xe như một *thiết bị phục vụ*, như vậy khi đường có 1 làn xe là trạm có 1 kênh (thiết bị) phục vụ, khi đường có nhiều làn là một trạm có nhiều kênh phục vụ. Mỗi xe được coi như *một yêu cầu*, (hay một khách hàng) thông qua một mặt cắt (qua một thiết bị phục vụ) trong một *thời gian phục vụ* (thời gian thông qua một khối động học của xe). Thời gian phục vụ này có thể là đều hoặc ngẫu nhiên.

Khi xe (yêu cầu) bắt kịp một xe khác (thiết bị đang bận) có thể bám sau (chờ đợi) đến khi vượt được hoặc bỏ sang đường khác (từ bỏ).

Dòng xe tới (dòng yêu cầu) có thể là dòng Poisson (dòng tới giản) hay một dòng khác khi bị nhiễu (ví dụ tại ngã tư).

Khi dòng là dòng ngẫu nhiên, xác suất có x xe tới trong một thời gian t , đã biết suất dòng xe (λ xe/s) là :

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!} \quad (5-22)$$

Ví dụ cho một dòng xe tới theo quy luật Poisson có cường độ là 300 xe/h, tìm xác suất cho trong 2 giây không có xe, có một xe và có 3 xe. Tìm xác suất cho trong 10 giây không có xe.

Suất dòng xe là :

$$\lambda = \frac{300}{3600} = 0,083 \text{ xe/s}$$

Xác suất cho trong 2 giây không có xe :

$$P(0) = \frac{e^{-0,083 \cdot 2} \cdot (0,083 \cdot 2)^0}{0!} = e^{-0,166} = 0,847$$

Xác suất cho trong 2 giây có xuất hiện 1 xe :

$$P(1) = \frac{e^{-0,083 \cdot 2} \cdot (0,083 \cdot 2)^1}{1!} = e^{-0,166} \cdot 0,166 = 0,141$$

Xác suất cho trong 2 giây có xuất hiện 3 xe là :

$$P(3) = \frac{e^{-0,083 \cdot 2} \cdot (0,083 \cdot 2)^3}{3!} = \frac{e^{-0,166} \cdot 0,166^3}{6} = 0,0007$$

Xác suất cho trong 10 giây không có xe tức là có tồn tại một quãng trống thời gian là 10 giây để có thể thực hiện các thao tác như trộn dòng, cắt dòng trong ngã tư, có một ý nghĩa quan trọng, được xác định :

$$P(0) = \frac{e^{-0,083 \cdot 10} (0,083 \cdot 10)^0}{0!} = e^{-0,83} = 0,436$$

có nghĩa là trong dòng xe này còn một xác suất khá lớn để xe có thể thực hiện các thao tác trong nút giao thông.

Việc xác định quãng không gian (hay quãng thời gian) chấp nhận được để làm một thao tác nào đó phải tiến hành theo phương pháp thống kê trên hiện trường.

Trở lại công thức (5-22), $e^{-\lambda t}$ có thể triển khai thành :

$$e^{-\lambda t} = 1 - (\lambda t)^1/1! - (\lambda t)^2/2! - (\lambda t)^3/3! - \dots$$

Và tính được xác suất cho trong thời gian t không có xe là :

$$P(0) = \frac{(\lambda t)^0 \cdot e^{-\lambda t}}{0!} = e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t \quad (5-23)$$

các vô cùng nhỏ bậc cao hơn có thể bỏ qua.

Xác suất xuất hiện 1 xe trong thời gian t là :

$$P(1) = \frac{(\lambda t)^1 \cdot e^{-\lambda t}}{1!} = \lambda t \cdot \left(1 - \frac{(\lambda t)^1}{1!} - \frac{(\lambda t)^2}{2!} \dots \right) = \lambda t. \quad (5-24)$$

Thời gian phục vụ cũng tính theo suất phục vụ Q xe/s, có thể có phân bố đều hoặc phân bố ngẫu nhiên. Trường hợp phân bố ngẫu nhiên thì tương tự, trong thời gian t nhỏ, xác suất không có một xe nào được phục vụ xong là $1 - Qt$ xác suất có một xe được phục vụ là Qt .

Bài toán lí thuyết xếp hàng cho ta một số kết quả sau trong trường hợp thời gian phục vụ là phân phối theo hàm Poisson.

Trung bình số xe có mặt trong hàng chờ :

$$E(n) = \frac{\lambda}{Q - \lambda} \quad (5-25)$$

Trung bình số xe xếp hàng (kể cả xe đang được phục vụ) :

$$E(m) = E(n) - \lambda/Q \quad (5-26)$$

Trung bình thời gian chờ :

$$E(w) = \frac{\lambda}{Q(Q - \lambda)} \quad (5-27)$$

Trung bình thời gian xe có mặt trong hệ phục vụ :

$$E(f) = \frac{1}{Q - \lambda} \quad (5-28)$$

Các kết quả này có thể áp dụng để xác định số xe chờ ở bãi để xe, chờ ở chỗ trạm thu phí đường, chờ rẽ trái trong nút giao thông, số xe chờ để tính làn phụ dốc v.v...

5.8. CHỖ HẠN CHẾ VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA CHỖ HẠN CHẾ

Trên suốt dọc tuyến đường, chất lượng thường không được đồng đều. Các chỗ có năng lực thông hành thấp như bến phà, cầu hẹp, đèo cao, đường xấu... là các chỗ hạn chế, gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng toàn tuyến. Đầu tư vào cải tạo các chỗ hạn chế thường là có hiệu quả vì đầu tư có trọng tâm, vốn bỏ ít mà có hiệu quả cao.

Tại chỗ hạn chế, năng lực thông hành thấp hơn cường độ xe chạy thì chế độ chạy xe tốt nhất có thể có được là đảm bảo năng lực thông hành. Giả thiết là chấp nhận mô hình Greenshields (5-20') ta có $q_0 = q'/2$ và tính được năng lực thông hành chỗ hạn chế N_{hc} :

$$N_{hc} = q'v_{ohc}/4$$

Ở thượng lưu chỗ hạn chế, do chỉ thông qua lượng xe N_{hc} , nên chế độ chạy xe chỉ có thể thực hiện với tốc độ :

$$v_2 = \frac{v_{o2}}{2} \cdot (1 - \sqrt{1 - N_2/N_{hc}}) \quad (5-29)$$

Xem trên hình 5-9, ta thấy tại thượng lưu chỗ hạn chế, tốc độ xe chạy còn thấp hơn cả chỗ hạn chế trong một không gian nhất định.

Ví dụ : Trên đèo có tốc độ xe chạy tự do là 10 km/h ở chân đèo là 40 km/h, dòng xe có nhiều xe tải nên với mật độ 125 xe/km (xe cách nhau 8m) thì tắc xe. Xác định năng lực thông hành trên đèo và trước đèo :

$$N_{hc} = v_{ohc} \cdot q' / 4 = 10 \cdot 125 / 4 = 310 \text{ xe/h.}$$

$$N_2 = v_{o2} \cdot q' / 4 = 40 \cdot 125 / 4 = 1250 \text{ xe/h}$$

Tốc độ xe chạy ở ngay gần chỗ hạn chế tốc độ khi có cường độ lớn hơn 310 xe/h.

$$v_2 = \frac{40}{2} \cdot (1 - \sqrt{1 - 310/1250}) = 2,72 \text{ km/h}$$

Như vậy là ngay tại chân đèo, xe sẽ dồn lại và chạy với tốc độ chậm hơn cả trên đèo.

Lại giả thiết, cường độ xe $N_t > N_{hc}$, kéo dài trong một thời gian là t_1 . Xác định thời gian ảnh hưởng và vùng ảnh hưởng. Số xe bị tắc trước chỗ hạn chế là $(N_t - N_{hc}) \cdot t_1$. Qua thời gian đó thì $N_s < N_{hc}$, như vậy thời gian để giải thoát số xe khỏi ách tắc là $t_2 = \frac{N_t - N_{hc}}{N_{hc} - N_s} \cdot t_1$ và thời gian tắc xe tính được là :

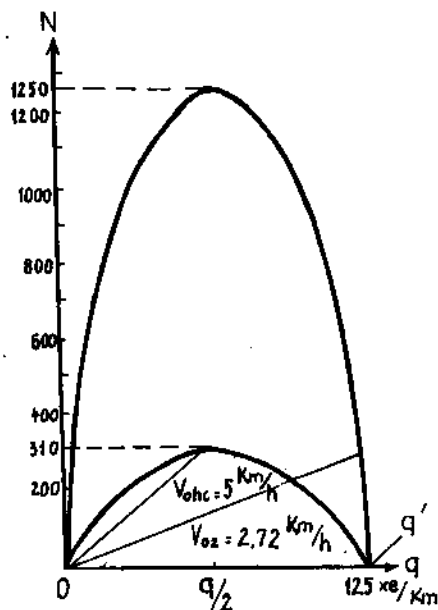
$$t_{tx} = t_1 t_2 = t_1 \cdot \frac{N_t - N_{hc}}{N_{hc} - N_s}$$

Giờ chờ xe tính bằng diện tích kẹp giữa các đường N_t , N_s và N_{hc} :

$$W = (N_t - N_{hc}) \cdot \frac{t_1 t_{tx}}{2}$$

và số xe trung bình bị ách tắc :

$$E(n) = \frac{W}{(t_1 t_{tx})} = (N_t - N_{hc}) \cdot \frac{1}{2}$$



Hình 5-9. Chế độ chạy xe ở chỗ hạn chế và ở thượng lưu kế cận.

CHƯƠNG 6

THIẾT KẾ CẢNH QUAN ĐƯỜNG Ô TÔ

6.1. MỤC ĐÍCH THIẾT KẾ CẢNH QUAN ĐƯỜNG Ô TÔ

Quan điểm thiết kế theo hệ, đường là một trong nhiều nhân tố có ảnh hưởng lẫn nhau như dòng xe, môi trường v.v... Cho tới đây, chúng ta đã xét đến những yêu cầu của xe đối với đường theo quan điểm cơ học, từ đó đã xác định được các yếu tố hình học cần thiết của đường để đảm bảo xe chạy an toàn êm thuận và kinh tế. Sâu hơn một bước, trong chương 5, ta lại xét ảnh hưởng lẫn nhau giữa các xe trong một dòng xe. Tiếp nữa, trong chương này chúng ta sẽ xét ảnh hưởng qua lại của đường với môi trường xung quanh.

Đường là một công trình to lớn, tồn tại hàng chục năm thậm chí hàng trăm năm, được hàng chục triệu người sử dụng. Vì vậy không thể quan niệm đơn giản đường là một không gian đủ để thông xe mà nó là môi trường lao động của bao nhiêu người lái, nơi nhìn ngắm cảnh của hàng chục triệu người. Thiết kế theo quy trình là không đủ mà phải tạo điều kiện lao động tốt cho người lái, không chống bị mệt mỏi, không chú quan đến mức dễ buồn ngủ, tạo hứng thú khi đi đường cho hành khách và cho người lái.

Công trình đường phải có tác dụng làm đẹp thêm cảnh quan của khu vực, tận dụng lại cân bằng môi sinh đã có. Làm được như vậy, theo kinh nghiệm thường làm cho công trình ổn định hơn và tiết kiệm hơn.

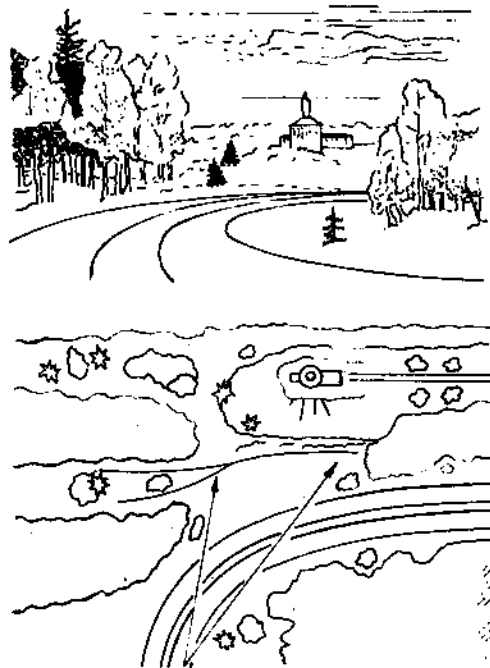
Có thể kể các nhiệm vụ sau đây của thiết kế cảnh quan :

1. Kết hợp hài hòa giữa các yếu tố của tuyến để đảm bảo cho xe chạy thuận lợi, an toàn với tốc độ cao.
2. Đảm bảo hướng nhìn đúng của người lái ; hướng đường phải nhìn thấy trên một đoạn dài, để người lái không bị bất ngờ trước các điều kiện bất lợi về đường và kịp thời thay đổi chế độ chạy xe. Đường và dải đất bên đường phải được thấy trước để báo kịp thời sự thay đổi hướng tuyến cho người lái.
3. Định tuyến và định các yếu tố của tuyến sao cho không sinh ra các chỗ sai lệch về quang học, làm cho người lái tránh được ảo giác là có các chỗ thay đổi gắt gao.
4. Đảm bảo tuyến kết hợp hài hòa với cảnh quan của địa phương để nâng cao sự thuận lợi, không phá hoại phong cảnh và sinh thái, không vi phạm các quy định về bảo vệ môi trường.

5. Bảo vệ các di chỉ lịch sử và văn hóa, các vùng đất nông nghiệp quý giá, hạn chế đến mức thấp nhất các ảnh hưởng xấu của đường tới môi trường như chấn động, bụi bặm, tiếng ồn.

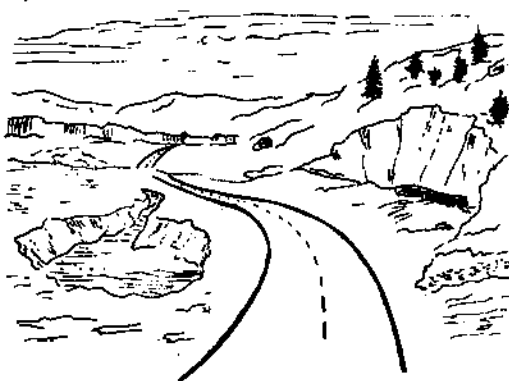
6. Bảo tồn và nâng cao cảnh quan địa phương bằng cách trồng cây và các bụi cây, làm công tác san lấp sau khi xây dựng. Đối với đường cấp cao có nhiều xe con chạy, nhiều khi phải chặt cây, san taluy đào để khách nhìn thấy cảnh đẹp (hình 6-1), tạo các hồ nước, trồng cây để che các thùng dầu, các hố đào v.v...

Các điểm 1 tới 3 đảm bảo sự đều hòa và điều kiện tâm lý của người lái, còn gọi là *sự hòa hợp nội bộ của tuyến*. Điểm 4, 5 và 6 có thể gọi là *sự hòa hợp ngoại vi của tuyến*.

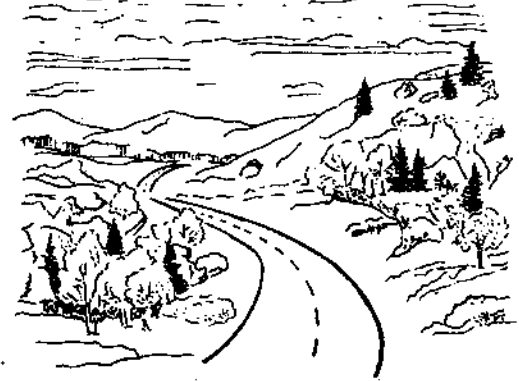


Hình 6-1. Phạt cây để nhìn thấy các công trình kiến trúc

a)



b)



Hình 6-2. Trồng cây để che thùng dầu
a - thùng dầu ở bên đường ; b - sau khi trồng cây để che.

6.2. SỰ KẾT HỢP GIỮA ĐƯỜNG VÀ CẢNH QUAN MÔI TRƯỜNG

6.2.1. Nguyên tắc chung về thiết kế cảnh quan : Cảnh quan thiên nhiên với vẻ đẹp của nó là một tài sản lớn của quốc gia phải được gìn giữ và tu tạo. Cảnh quan có thể tạm định nghĩa là tổng hợp các tác nhân điển hình về thiên nhiên xuất hiện nhiều lần trong khu vực chọn tuyến như cây cỏ, mặt nước, địa hình... có ảnh hưởng đến công việc chọn tuyến đường. Trên quan điểm chọn tuyến có thể phân ra các loại cảnh quan đặc trưng như sau :

Vùng I : Đồng bằng - thảo nguyên : trong đó có địa hình ít thay đổi kiểu bãi lầy, rừng lầy, ruộng đồng.

Vùng II : Đồi - địa hình bị chia cắt : các lưu vực sông.

Vùng III : Núi - chân núi : các lưu vực sông miền núi, các đoạn đèo trên miền núi cao.

Trong bất kì điều kiện địa hình nào và với bất kì cấp hạng kĩ thuật nào, nhiệm vụ của người thiết kế là đảm bảo cho tuyến trở thành một đường không gian đều đặn, êm thuận. Trong phối cảnh không gian, đường không bị bóp méo, không gây những sai lệch về thị giác, hướng tuyến phải rõ ràng về phía trước để người lái có thể chạy xe với tốc độ cao. Người lái đánh giá điều kiện xe chạy trên đường chủ yếu là qua sự thu nhận về thị giác của mình. Dùng các thiết bị đặc biệt gắn trên người của người lái, ta thấy sự chú ý của người lái luôn thay đổi từ điểm này sang điểm khác, chạy dọc hai bên đường để quan sát các điểm chuẩn xác định hành lang hoạt động của xe chạy. Các điểm chuẩn này thường là mép phần xe chạy, mép nền đường, cây xanh hai bên đường, các vạch kẻ trên đường (vạch giữa và các vạch định hướng)...

Vùng không gian các điểm chuẩn phụ thuộc vào tốc độ xe chạy. Khi xe chạy chậm, người lái quan sát một vùng gần nhưng rộng sang hai bên đường. Khi tốc độ cao, người lái quan sát xa hơn nhưng khoảng quan sát lại thu hẹp lại, (bảng 6-1 và hình 6-3).

Bảng 6-1

**Chiều dài tập trung và góc quan sát
của người lái phụ thuộc vào tốc độ xe chạy**

Tốc độ xe chạy (km/h)	Chiều dài tập trung (m)	Góc quan sát (độ)
40	180	100
96	600	40

Theo nghiên cứu của N.P. Ornatski, cự li tập trung sự chú ý quan sát của người lái xe phụ thuộc vào tốc độ như sau :

$$L = 15 \times 4,3V \quad (6-1)$$

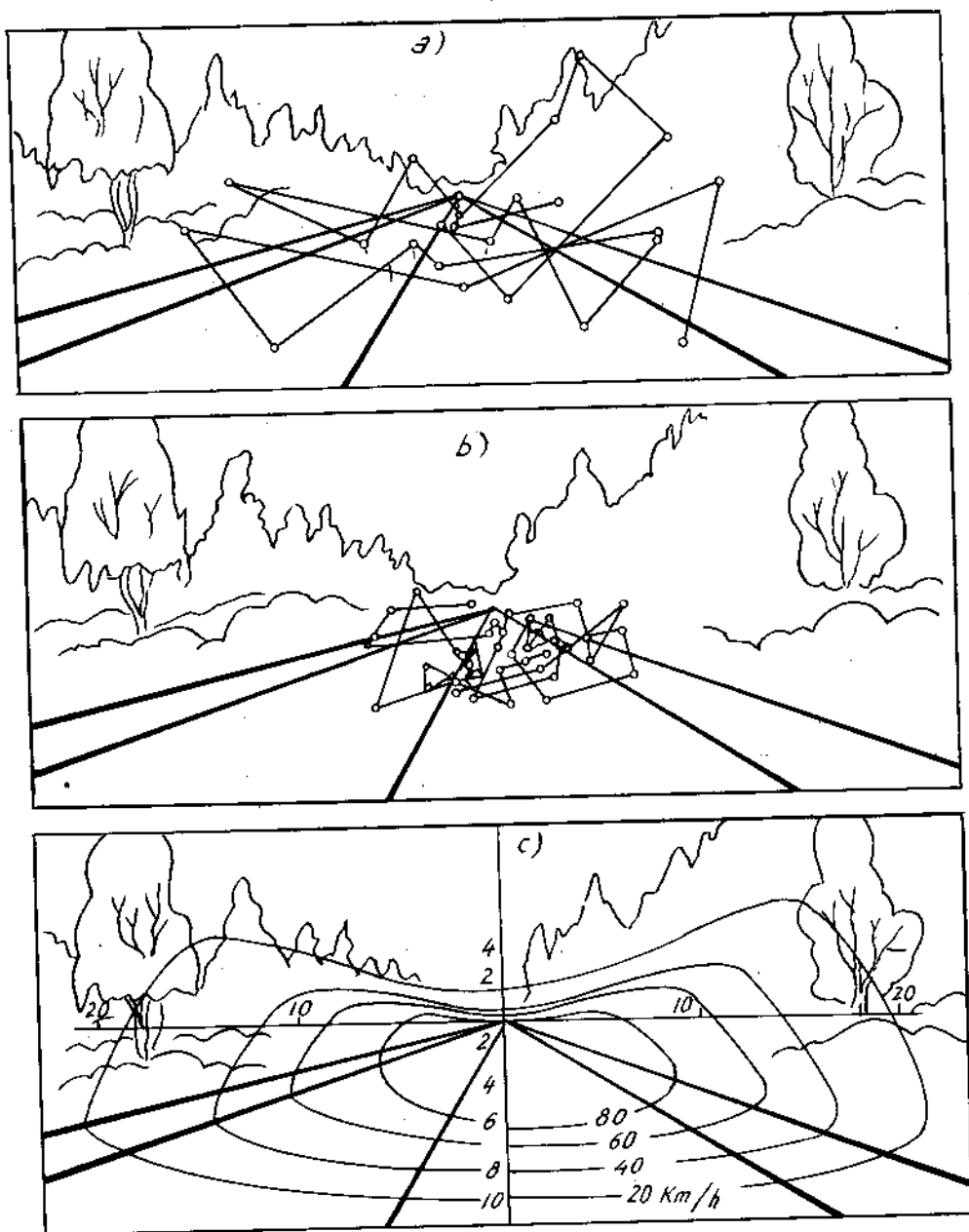
trong đó : L - cự li tập trung chú ý của người lái, m ;

V - tốc độ chạy xe, km/h.

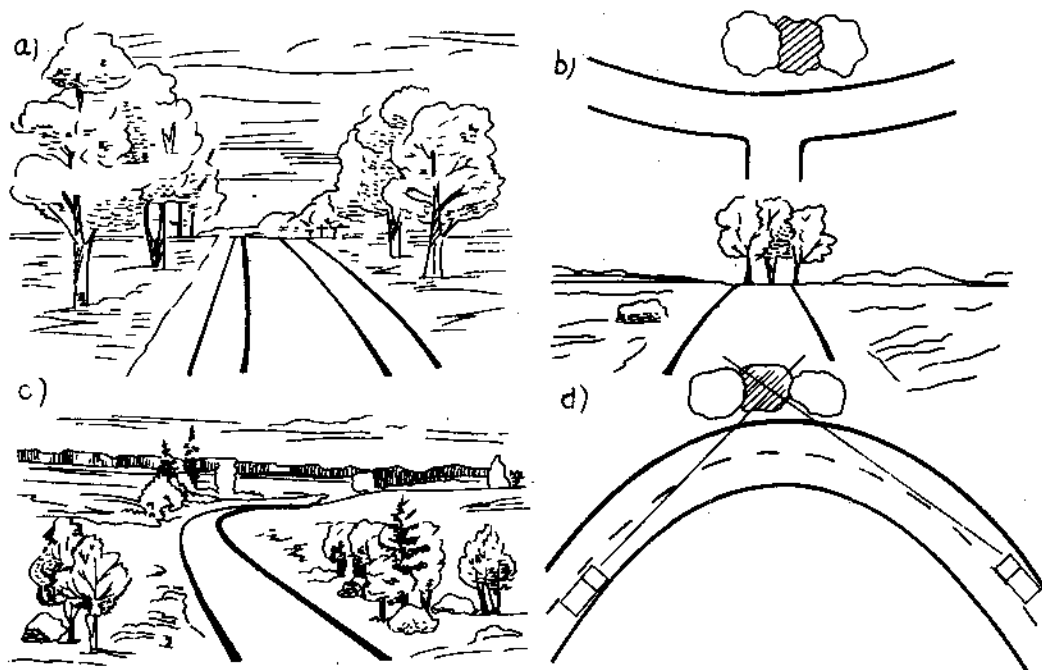
Khi tốc độ lớn, tầm nhìn tập trung càng xa thì khả năng bóp mép quang học càng lớn, vấn đề thiết kế quang học càng có ý nghĩa quan trọng.

Người lái là một trung tâm thu nhận thông tin, sau khi xử lí sẽ ra quyết định đúng đắn về thao tác. Khi thiếu thông tin, người lái phải giảm tốc ; khi thông tin không thay đổi, người lái dễ chủ quan đi đến buồn ngủ ; khi thông tin quá nhiều dễ bỏ qua các thông tin quan trọng và sinh ra bối rối trong xử lí. Thiết kế quang

học trên đường còn có nghĩa thông báo cho lái xe rõ tình huống trên đường với một lượng thông tin vừa phải. Khi thiếu thông tin, phải tìm cách bổ sung, hoặc bằng các biển báo trên đường, hoặc bằng cách trồng cây để báo trước hướng rẽ cho người lái (hình 6-4) ; trong thành phố, đôi khi người ta dùng gương để phản chiếu.



Hình 6-3. Vùng tập trung sự quan sát của người lái trong thời gian 3 phút (theo E. M. Lôbanôv) :
a - tốc độ 20 km/h ; b - tốc độ 80 km/h ; vùng quan sát của người lái.
Các con số trên lưới tọa độ chỉ góc lệch của tia nhìn so với hướng của tìm tuyến.



Hình 6-4. Các đỉnh ngọn cây báo trước hướng rẽ của tuyến.

- a - chỗ chuyển hướng sau đường cong đứng lồi ;
 b - báo trước có ngã ba ; c - các bụi cây dẫn hướng theo dọc tuyến ;
 d - báo trước đường cong có bán kính nhỏ.

6.2.2. Nguyên tắc di tuyến ở vùng đồng bằng và thảo nguyên

Đặc điểm của địa hình vùng này là điều hòa, không có những chỗ chênh lệch lớn về cao độ. Địa hình thoải, dốc nhẹ đổ xuống các thung lũng sông, các hồ lớn. Trong vùng không gặp các chướng ngại vật lớn về địa hình.

Một thời gian dài, người ta nghĩ rằng trong địa hình này, tuyến đi thẳng là tốt nhất, chiều dài tuyến ngắn nhất, không có những xử lý phức tạp về kỹ thuật.

Di những đoạn tuyến thẳng ở vùng này còn thuận lợi vì bám theo các công trình xây dựng, các kênh mương hay đi theo đường thẳng.

Theo dõi những năm gần đây, người ta thấy trên các đoạn tuyến thẳng dễ sinh đơn điệu, những người lái xe tải dễ sinh buồn ngủ, nhiều khi ngủ mà không biết (hiện tượng thuy miên : léthargie), những người lái xe con lại dễ chủ quan không làm chủ tay lái, rất dễ sinh tai nạn. Theo nghiên cứu của Iu.M. Sitnikôv, đoạn thẳng càng dài thì tốc độ ở cuối đoạn tuyến càng lớn.

Chiều dài đoạn thẳng, km	1	4	6,5	9
Tốc độ dòng xe trung bình tương đối	1	1	1,06	1,15

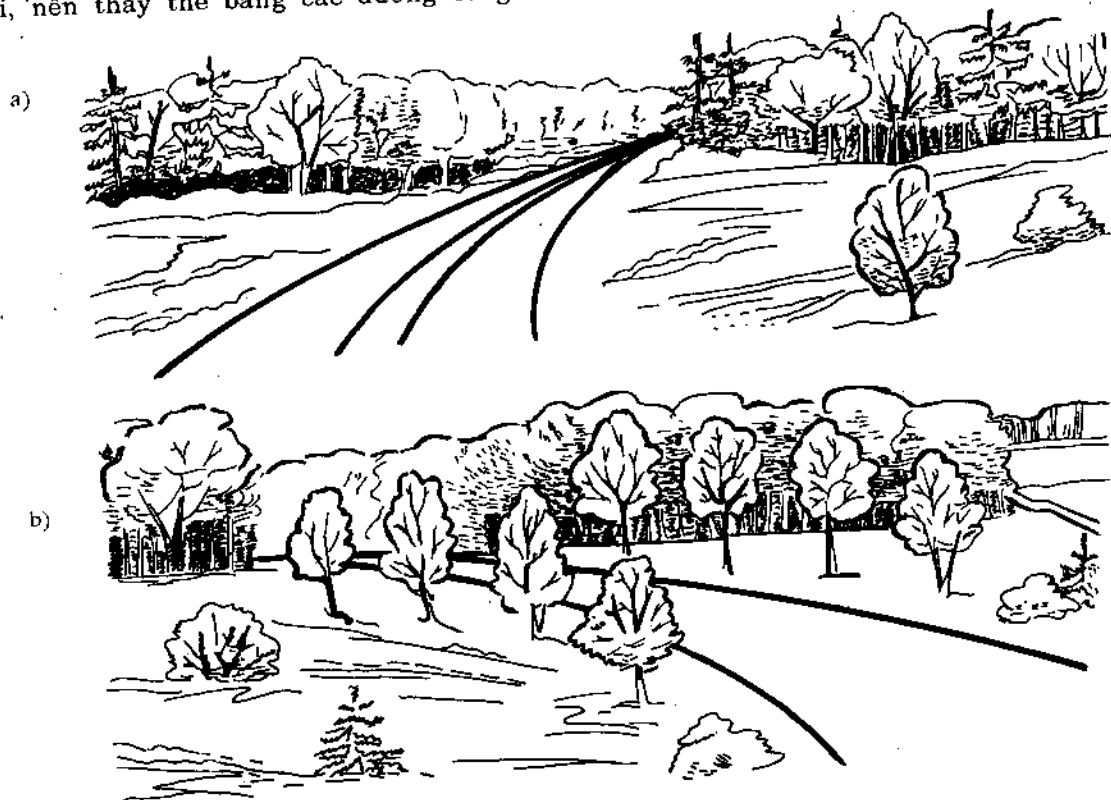
Trong đêm, các đoạn thẳng làm cho người lái bị chói mắt vì xe ngược chiều nên càng dễ sinh tai nạn.

Vì những lí do vừa trình bày, nhiều quy trình của nhiều nước đã quy định hạn chế chiều dài của đoạn thẳng. Thời gian xe chạy trên đường thẳng, theo quy trình Đức không quá 1 phút. Tức là tốc độ thiết kế 60 km/h không có đoạn thẳng dài quá 1 - 2 km, tốc độ thiết kế 120 km/h, không dài quá 2 - 4 km. Quy trình Hung quy định chiều dài đường thẳng không quá 100 lần chiều rộng nền đường. Tức là khi nền đường rộng 15 - 20 m thì đường thẳng không dài quá 1,5 ÷ 2,0 km. Trên thực tế, hầu như quy trình Pháp 1962 loại các đoạn thẳng dài mà thay bằng các đường cong 5000 - 10000 m, có giải phân cách trên trục ngang và không cần làm siêu cao.

Về mặt an toàn giao thông, tuyến đường thẳng càng dài thì số tai nạn càng tăng.

Chiều dài đoạn thẳng, km	dưới 3	5	10	15	20	trên 25
Số tai nạn tương đối	1	1.1	1.4	1.6	1.9	2.0

Tiêu chuẩn Việt Nam quy định trên đường cao tốc, chiều dài đoạn thẳng không được quá 4 km và trên đường ô tô không được quá 3 km. Trên các đoạn thẳng quá dài, nên thay thế bằng các đường cong nằm có bán kính lớn.



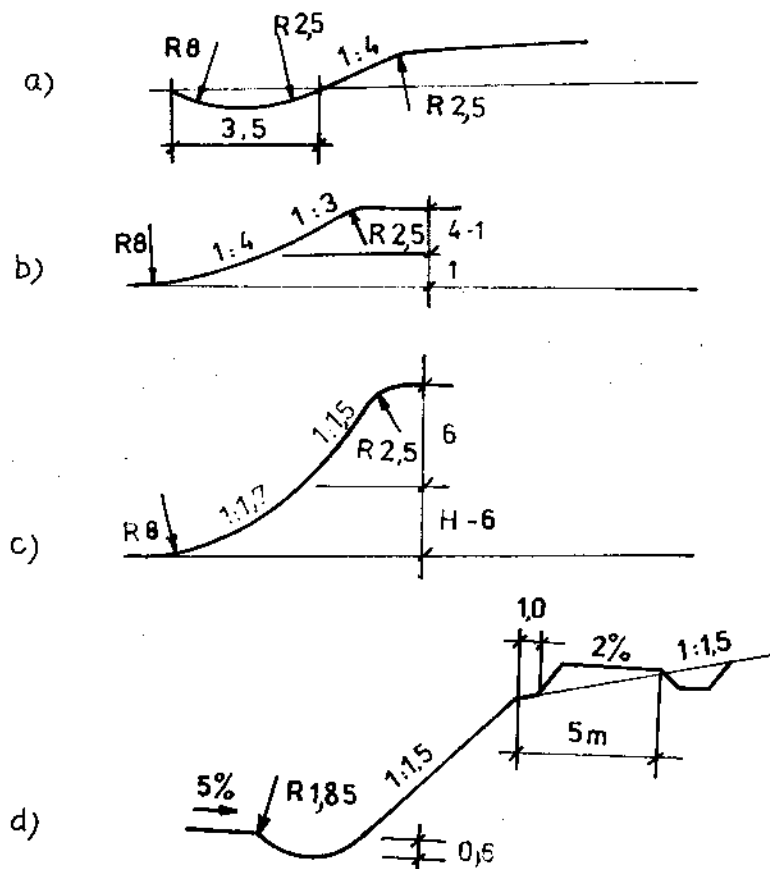
Hình 6-5. Đường đi qua rừng

a - bố trí đường cong bán kính lớn ở cửa vào; b - trồng thêm cây ở cửa vào.

Tuyến trong những điều kiện này không nên cắt nát địa hình, khi qua vùng có rừng nên tranh thủ đi theo bìa rừng, hoặc theo bờ hồ. Khi phải cắt qua rừng thì không nên đi thẳng, đầu vào và cửa ra nên dùng các bán kính lớn, (hình 6-5).

6.2.3. Đi tuyến trong vùng đồi

Vùng đồi có đặc điểm là địa hình có nhiều thay đổi nhẹ. Muốn giảm bớt khối lượng công tác, tuyến nên đi theo các đường cong lớn gần với địa hình. Tuyến đi tốt là gần được với các nét cơ bản và bỏ qua được các tiểu tiết. Tuyến đường có cấp hạng càng cao, chiều rộng nền đường càng lớn thì càng phải chú ý các nét đại quát mà bỏ các tiểu tiết.



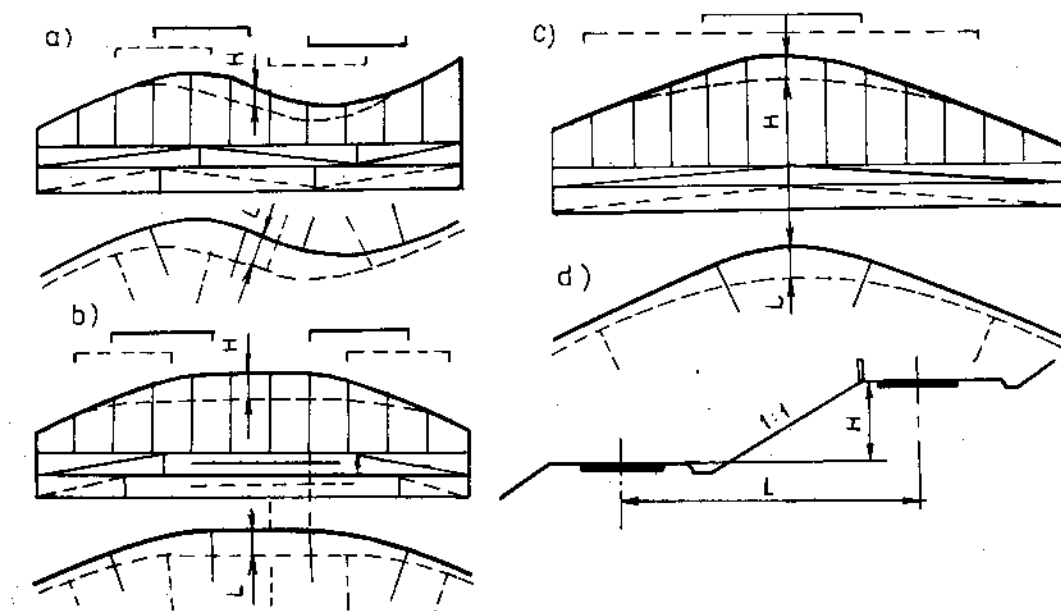
Hình 6-6. Mặt cắt ngang nền đường có ta luy thoải.

a - nền đắp thấp có rãnh dọc ; b - nền không có rãnh, làm ta luy thoải ;
c - nền đắp cao trên 2m ; d - nền đào có rãnh và mái dốc dạng uốn lượn

Những ta luy đào đắp nên có dạng thoải cong để tạo sự uốn lượn từ từ giữa nền đường và địa hình hai bên đường, (hình 6-6).

6.2.4. Đi tuyến trong vùng núi

Vùng núi là nơi cắm tuyến khó khăn, để tuyến phù hợp tốt nhất với thiên nhiên, đồng thời cũng đảm bảo tiết kiệm khối lượng đào đắp, khi cắm tuyến thường phải sử dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật tối thiểu, vẽ bình đồ cũng như vẽ mặt cắt dọc. Trong miền núi, nơi vốn ít các công trình xây dựng, tuyến đường trở thành một yếu tố trang trí rất lớn, mang dấu ấn bàn tay con người và thời đại xây dựng. Các

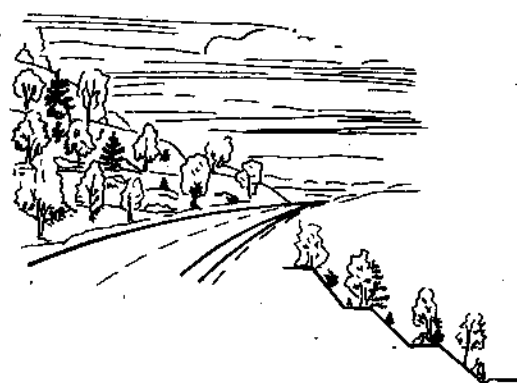


Hình 6-7. Thay nền đường đắp lớn bằng hai nền đắp dọc lập tiết kiệm khối lượng và tăng cường ổn định.
a, b, c - mặt cắt dọc và bình đồ các trường hợp khác nhau ; d - mặt cắt ngang.

yếu tố như đường con rấn, tường chắn, cầu, các cửa hầm, các công trình chống đỡ đặc biệt trở thành các tâm điểm thu hút sự chú ý của hành khách. Nó tạo nên các yếu tố mới của cảnh quan trong vùng.

Nền đường của đường cấp cao trong vùng núi có thể chia thành 2 nền riêng biệt, khối lượng tiết kiệm được nhiều, ổn định tốt hơn và cũng phù hợp cảnh quan hơn. Chú ý là hai nền không nên tách nhau quá xa, phải ít nhất là nằm trong tầm nhìn. Trường hợp không đảm bảo, người lái sẽ có cảm giác phần đường của mình là một nền có hai chiều xe chạy, do đó phần xe chạy không được sử dụng có hiệu quả (hình 6-7).

Các ta luy cao, nên chia bậc để trồng cây che, dù rằng biện pháp này có làm tăng khối lượng công trình (hình 6-8).

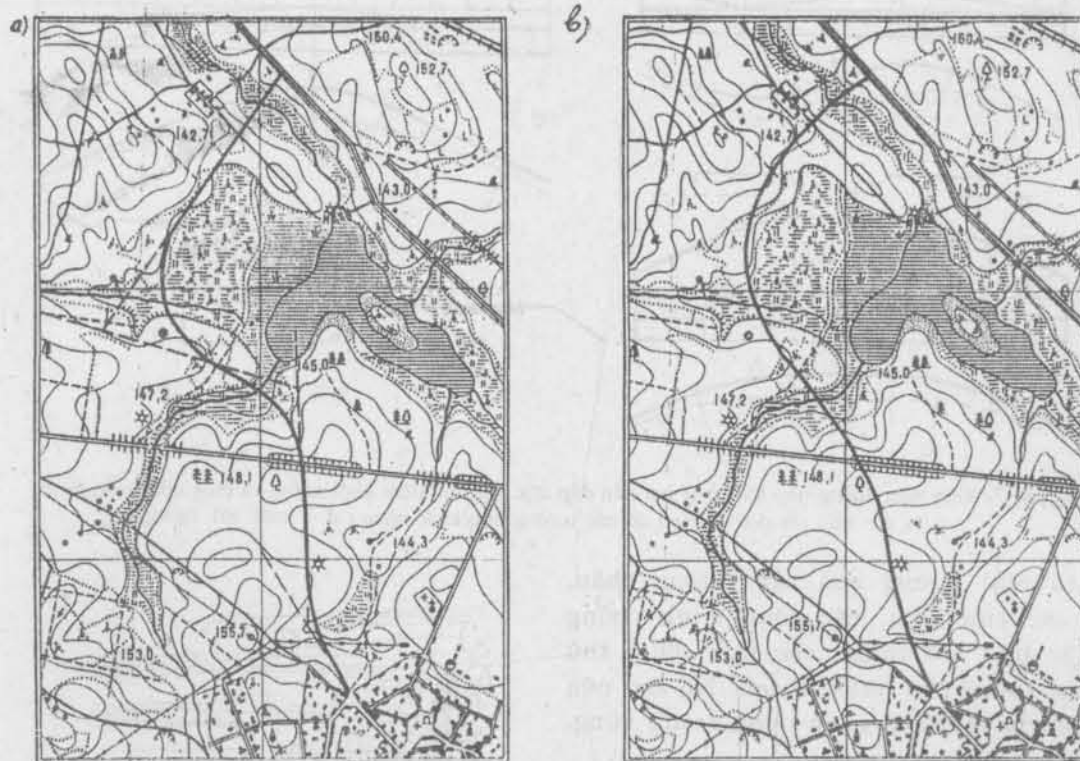


Hình 6-8. Ta luy đắp cao được phân bậc để trồng cây

6.3. DI TUYẾN THEO ĐƯỜNG TANG VÀ DI TUYẾN CLOTHOIDE

Theo truyền thống, dù ở văn phòng hay trên thực địa, để tránh các chương ngại vật, người đời thường định các đỉnh chuyển hướng, nối các đỉnh bằng các đường thẳng sau đó nối các đường thẳng (đường tang) bằng các đường cong tròn. Khi cần

thiết thì dùng các đường cong clothoide làm một yếu tố để chuyển tiếp từ đường thẳng sang đường cong và ngược lại. Một thói quen nữa là hay áp dụng các chỉ tiêu kĩ thuật tối thiểu, bán kính cong nằm tối thiểu, độ dốc dọc tối đa nên tuyến đường thường cứng, ít ăn nhập với địa hình, lại tốn khối lượng, (hình 6-9).



Hình 6-9. Tuyến thiết kế.
a - theo đường tang ; b - theo đường clothoide.

Phương pháp đi tuyến clothoide là khác về nguyên tắc. Tuyến gồm nhiều đường cong clothoide, đường cong này được coi như một yếu tố cơ bản của tuyến, thông số lớn hơn nhiều so với trước đã nói ở chương 3 vì không phải xuất phát từ giới hạn độ tăng gia tốc li tâm mà xuất phát sao cho tuyến uốn lượn đều hòa. Để thỏa mãn yêu cầu này, chiều dài đường cong chuyển tiếp không nhỏ hơn $1/4$ chiều dài đường cong tròn, thông số của đường cong trong phạm vi từ $0,4R$ đến $1,4R$ ($0,4R < A < 1,4R$). Khi góc chuyển hướng nhỏ, nên dùng các thông số A lớn hơn các trị ghi trong bảng 6-2.

Bảng 6-2

Trị số thông số A của đường cong chuyển tiếp
ứng với các góc chuyển hướng
(Đơn vị tính bằng mét)

Góc chuyển hướng α , độ	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7
Thông số A	≥ 1400	1000 - 1400	700 - 1000	500 - 700	600

Tiêu chuẩn nhà nước TCVN 5729 : 1997 cũng khuyên chọn thông số A theo hai trường hợp :

Thông thường là $R \geq A \geq R/2$.

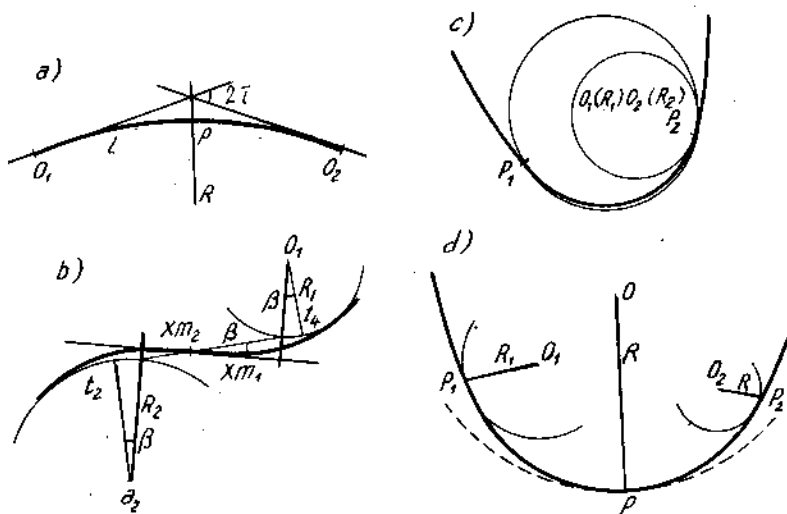
Khi bán kính cong nằm rất lớn $R \geq A \geq R/3$

Nói chung thông số A không được nhỏ hơn : khi tốc độ tính toán 160 km/h là 300m, tốc độ 100 ÷ 120 km/h là 200m, tốc độ 60 ÷ 80 km/h là 100m.

Tổng chiều dài đường cong chuyển tiếp theo quan điểm mới có thể chiếm trên 60% chiều dài của tuyến và nhiều chỗ có thể nối trực tiếp với nhau mà không cần đường cong tròn.

Tuyến đường sẽ trở nên mềm mại, gắn bó với địa hình, giảm bớt khối lượng công tác (hình 6-9b).

Có thể có các tổ hợp như sau : hai đường cong clothoide nối với nhau không có cung tròn (hình 6-10a), nối 2 đường cong ngược chiều bằng 2 đường cong clothoide (hình 6-10b), nối 2 đường cong cùng chiều bằng 1 đường cong clothoide (hình 6-10c) nối 2 đường cong cùng chiều bằng 2 đường cong clothoide (hình 6-10d).

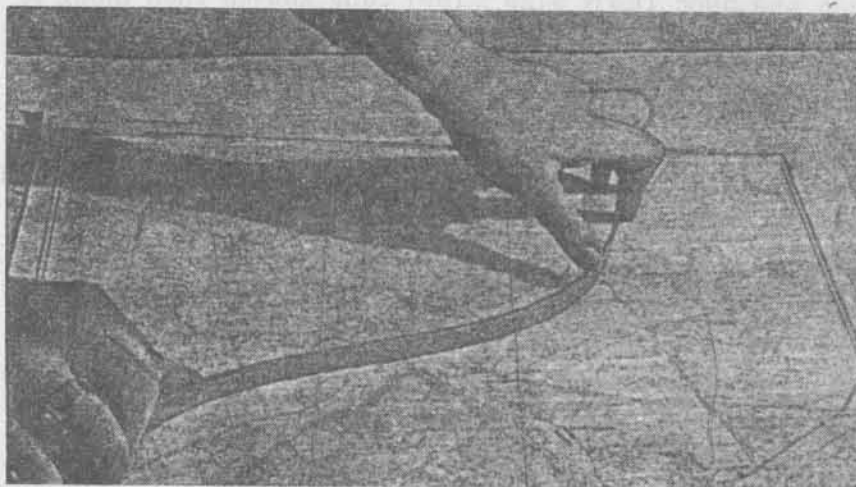


Hình 6-10. Các trường hợp vận dụng đường cong clothoide.

Việc thiết kế tuyến đường theo đường cong clothoide được tiến hành theo các trình tự như sau :

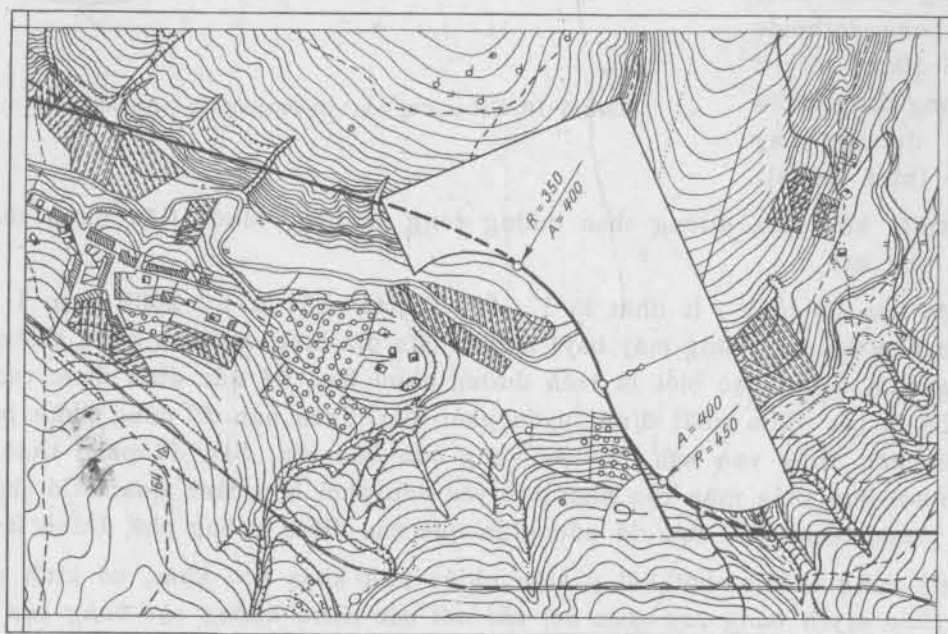
1. Trên bản đồ tỉ lệ : ít nhất là 1 : 10000 (tốt nhất là 1 : 2000 hoặc 1 : 3000 (hay trên bản đồ chụp bằng máy bay) nghiên cứu địa hình và cảnh quan thiên nhiên của vùng cấm tuyến đặc biệt là trên đường chim bay, để xác định được các điểm khống chế là các điểm nhất định tuyến phải qua. Trên bản đồ cũng phân biệt các vùng địa chất, thủy văn bất lợi, các vùng cần bảo tồn. Sau đó phác thảo tuyến đường nhằm làm thỏa mãn cao nhất các yêu cầu phối hợp cảnh quan. Có thể dùng một cái thước bằng chất dẻo để uốn lượn qua các điểm khống chế, (hình 3-11).

Tác giả cũng thống nhất với ý kiến nhiều nhà khoa học khác, có kinh nghiệm là phác thảo tuyến bằng tay, dựa nét chì nối các điểm khống chế bằng các đường mềm mại, sau đó mới căn lại bằng thước và đường cong thì tuyến hầu như bám tốt với địa hình.



Hình 6-11. Phác họa tuyến trên bản đồ có đường đồng mức bằng 1 chiếc thước dẻo bằng nhựa.

Khi đã có dạng sơ bộ của đường thiết kế, chọn các bán kính cong tròn cho phù hợp. Tiếp theo là nối các đường cong tròn này bằng các đường cong clothoide có thông số thích hợp. Để công việc tiến hành dễ dàng, người ta dùng các thước mẫu bằng nhựa trong. Hiện nay bộ thước mẫu được sản xuất với các thông số từ 150 tới 1000m và với tỉ lệ bản đồ 1 : 10000. Khi tỉ lệ bản đồ thay đổi thì các trị số A và R phải thay đổi tùy theo tỉ lệ các loại bản đồ với nhau. Ví dụ, thực hiện trên bản đồ 1 : 25000 thì các thông số A và R trên thước mẫu phải tăng 2,5 lần, trên bản đồ 1 : 5000 thì tăng lên 0,5 lần.

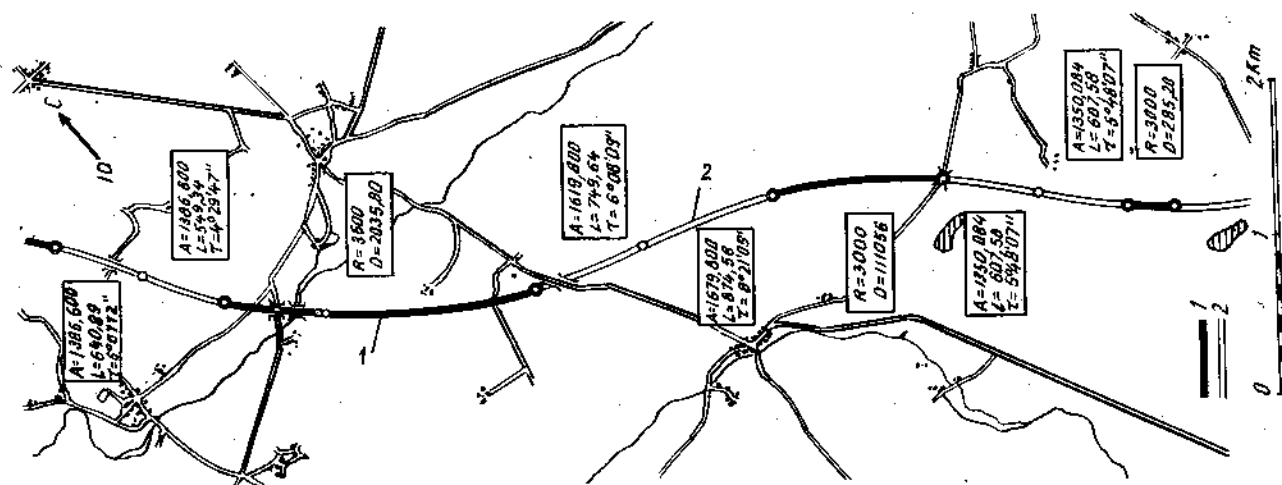


Hình 6-12. Thước mẫu các đường cong clothoide (đang đặt trên bản đồ địa hình).

Trên hình 6-12 là thước mẫu, các đường thẳng là tiếp tuyến với đường cong tròn hoặc đường thẳng. Các đường clothoide có các thông số khác nhau và thẳng góc với các đường cong này là các bán kính cong trong đó bán kính cong ở điểm góc là có trị số vô cùng (đường thẳng).

2. *Nghiên cứu phối hợp các yếu tố của tuyến* : bình đồ, mặt cắt dọc sao cho tuyến là một đường không gian đều đặn, không bị bóp méo về quang học. Sự phối hợp về vị trí và trị số các yếu tố này sẽ được trình bày tiếp ngay trong chương này.

3. *Định vị lần cuối*, xác định các lí trình cơ bản và trị số các yếu tố như điểm đầu, điểm cuối, các điểm bắt đầu và kết thúc các đường cong chuyển tiếp và đường cong tròn, các cọc 100m, cọc km. Tất cả các yếu tố xác định được chuyển thành các bản vẽ bình đồ và mặt cắt dọc theo quy cách. Những nơi cần thiết phải lập phối cảnh để kiểm tra hiệu quả không gian.



Hình 6-13. Thí dụ một tuyến clothoide điều hòa (đường Paris đi Lyon).
1 - các đường cong tròn ; 2 - các đoạn clothoide.

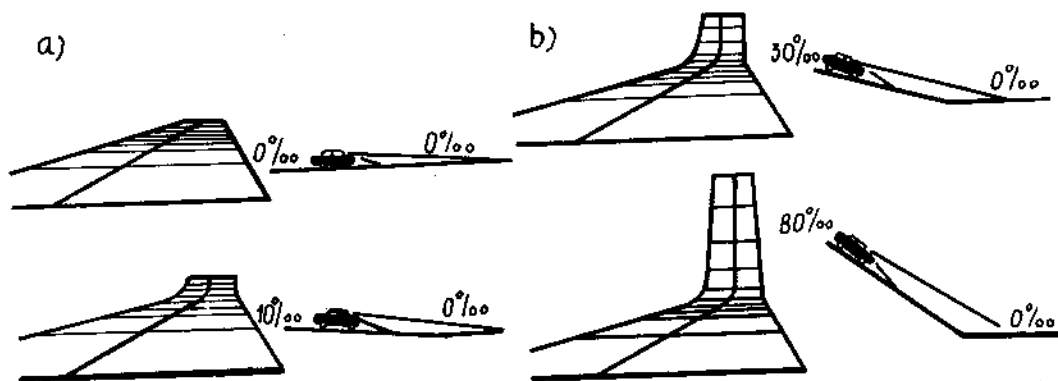
Thiết kế tuyến theo phương pháp clothoide thường có dạng mềm mại, trong nhiều trường hợp tỉ lệ đường cong tròn và đường clothoide rất cao so với chiều dài đoạn thẳng. Trên hình 6-13, là tuyến đường ô tô từ Paris đi Lyon được thiết kế theo phương pháp clothoide. Các đường cong tròn với bán kính rất lớn (trên 3000m) được liên kết bằng các đường cong clothoide có thông số A trên 1350m, không thấy có các đoạn thẳng.

6.4. ĐẢM BẢO MỘT TUYẾN ĐƯỜNG ĐIỀU HÒA TRONG KHÔNG GIAN

Muốn đảm bảo cho người lái có thể chạy xe với tốc độ cao, người thiết kế phải đảm bảo trước hết là tầm nhìn, sau đó phải tạo một tuyến đường đều đặn, không bị bóp méo quang học, không gây các ảo giác, làm cho người lái yên tâm không tự nhiên giảm tốc.

Phải quan niệm người lái nhìn con đường từ một độ cao mắt 1,20m hoàn toàn khác với ta nhìn bản đồ. Khi nhìn xa, dưới một góc nhỏ, đường càng biến dạng.

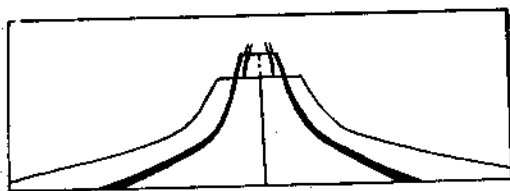
Hình tròn trên bình đồ biến thành đường elíp, mặt đường như hẹp hơn, dốc thoải cũng trở nên dốc hơn, giữa hai đoạn thẳng dài, đường cong như nhỏ hơn, tất cả những điều đó làm cho người lái hiểu sai tình huống, giảm tốc không cần thiết và trường hợp hình 6-14b lại tăng tốc để lấy động năng một cách sai lầm dễ gây tai nạn. Tốc độ càng cao, tầm quan sát càng xa, ảo giác càng lớn càng phải chú ý thiết kế quang học. Vì vậy khác với ngày trước, các tiêu chuẩn mới TCVN 5729 : 1997 và 4054 : 1998 đều đề cập đến vấn đề phối hợp các yếu tố của tuyến.



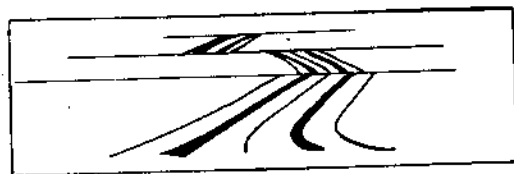
Hình 6-14. Ảo giác khi leo dốc.
a - đường bằng tưởng đường dốc; b - dốc nhỏ tưởng dốc lớn.

Để tránh các sai lệch về thị giác trong khi thiết kế nên theo các chỉ dẫn như sau :

1. Số lượng các đường cong đứng và đường cong nằm nên bố trí bằng nhau : Trên đường đối, thường làm đường thẳng trên bình đồ, mặt cắt dọc lại cố gắng đi bao nên đường cong đứng nhiều hơn đường cong nằm, tuyến sẽ nhấp nhô có nhiều chỗ không đảm bảo tầm nhìn, không rõ hướng đi tiếp tục của tuyến, (hình 6-15). Tuyến đường có quá nhiều đường cong trên bình đồ tạo cảm giác đi quanh co, lái xe không an tâm phải giảm tốc (hình 6-16).



Hình 6-15. Tuyến lượn sóng do có quá nhiều đường cong đứng, nhiều chỗ không đảm bảo tầm nhìn.



Hình 6-16. Tuyến quanh co do có quá nhiều đường cong nằm.

2. Đảm bảo một tỉ lệ giữa chiều dài đoạn thẳng và chiều dài đoạn cong : Đường cong ngắn nằm giữa hai đoạn thẳng dài và góc chuyển hướng càng nhỏ thì trị số bán kính cong sử dụng lại càng phải lớn (bảng 6-3).

Bảng 6-3

**Bán kính đường cong nằm nên lấy
tùy thuộc vào góc chuyển hướng
(Đơn vị tính bằng mét)**

Góc chuyển hướng, độ		1	2	3	4	5	6	8
Bán kính (m)	Khi tốc độ tính toán 100 km/h	20000	14000	8000	6000	4000	2000	1500
	Còn lại	10000	6000	4000	3000	2000	1000	800

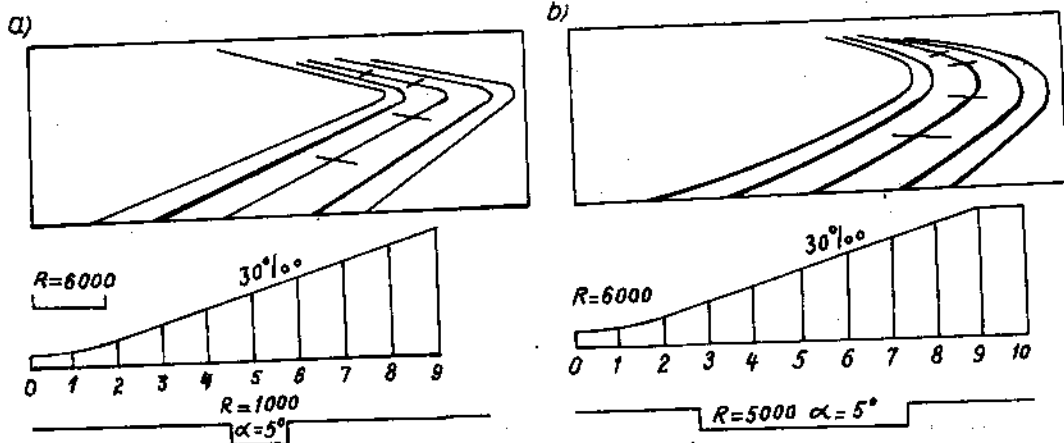
Ngoài kinh nghiệm ghi trong bảng 6-3, nên thỏa mãn các lời khuyên trong tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5729 : 1997.

Tốc độ tính toán km/h	120	100	80	60
Phân cự, m	2,0	1,75	1,5	1,00
Chiều dài đường cong, m	$1400/\alpha$	$1200/\alpha$	$1000/\alpha$	$700/\alpha$

Khi góc chuyển hướng nhỏ hơn 0,5 độ thì không cần làm đường cong vì tuyến thực sự thay đổi rất ít.

Một đoạn thẳng ngắn chêm vào giữa hai đường cong ngược chiều sẽ tạo cảm giác gãy khúc, nhất là khi đoạn thẳng này là một cái cầu. Có thể chữa bằng cách nối lại bằng hai đường cong chuyển tiếp ngược chiều. Trường hợp không thể được thì chiều dài đoạn thẳng chêm không dưới 200m.

Đoạn thẳng ngắn chêm giữa hai đường cong cùng chiều cũng nên tránh, (hình 6-17), phải nâng lên tối thiểu 300 - 400m trên đường tốc độ cao.



Hình 6-17. Hiệu quả thiết kế không gian.
a - đường cong bán kính nhỏ kẹp giữa hai đoạn thẳng dài ;
b - hiệu quả sau khi nâng bán kính lên 5000m.

3. Muốn tuyến đồ quanh co, tốt nhất là nên lẩn các đường cong : bằng cách bố trí đường cong đứng và đường cong nằm trùng nhau. Hai đỉnh không lệch nhau quá $1/4$ chiều dài đường cong ngắn nhất và tốt nhất là trùng nhau. Chiều dài đường cong nằm nên phủ ngoài đường cong đứng một chiều dài là $50 \div 100m$ (đối với đường cấp I ÷ III) (hình 6-18).

Không nên bố trí đường cong đứng lồi có bán kính nhỏ trên một đoạn thẳng dài hoặc trên đường cong nằm có bán kính lớn. Tốt nhất là bán kính đường cong đứng lồi không nhỏ hơn 6 lần bán kính đường cong nằm.

Cần nêu lên hai trường hợp kết hợp không tốt : điểm cuối đường cong nằm

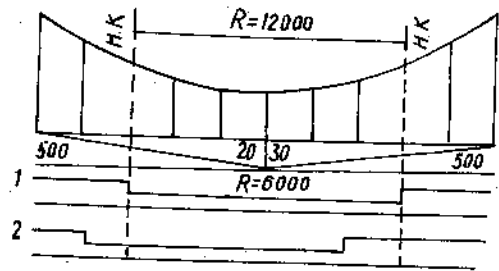
tiếp với điểm đầu đường cong đứng lồi sẽ làm cản trở tầm nhìn không rõ hướng đường phía trước và tiếp với đầu đường cong đứng lồi, sẽ làm hạn chế tầm nhìn ban đêm.

4. Các yếu tố kế cận nhau không nên thay đổi đột ngột gây nên bất ngờ khi chạy xe, các chỗ tốc độ thay đổi nhiều chính là các chỗ hay xảy ra tai nạn nhất. Các yếu tố tối thiểu cố gắng tập trung vào một chỗ, có biển báo đường hoàng. Các bán kính cạnh nhau không nên có trị số vượt quá $1 : 1,4$. Sau một đoạn thẳng dài không bố trí bán kính nhỏ mà trước đó nên có một bán kính lớn hơn bao ngoài cả hai phía.

5. Các tiêu chuẩn cực hạn chỉ áp dụng trong những trường hợp không thể tránh được. Tốc độ thiết kế được nhiều nước hiệu là tốc độ cực hạn dùng trong những trường hợp khó khăn nhất. Trong mọi điều kiện khuyến khích tạo điều kiện tốt nhất cho xe chạy.

6. Tự đặt mình vào điều kiện người lái trên đường để kiểm tra. Người lái bao giờ cũng định hướng nhờ các vật chuẩn như phần xe chạy, trước hết là làn xe với các vạch phân cách, dải dẫn hướng lan can phòng hộ, dải cây xanh...

Tập hợp các điểm chuẩn sẽ định hướng đường cho người lái an tâm, trong trường hợp không đảm bảo phải có các biện pháp thông tin bổ sung như làm biển báo, trồng cây định hướng...



Hình 6-18. Phối hợp đường cong nằm và đường cong đứng.
1 - nền làm ; 2 - cho phép.

6.5. DÙNG PHỐI CẢNH ĐỂ KIỂM TRA SỰ ĐỀU DẶN CỦA TUYẾN ĐƯỜNG

Những điều phân tích trên chưa đủ để đảm bảo có một tuyến điều hòa trong không gian và kết hợp tốt với cảnh quan. Nó phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm và trình độ thẩm mĩ của người thiết kế. Nhiều tác giả cố tìm các chỉ tiêu định lượng để hướng dẫn những người ít kinh nghiệm nhưng kết quả chưa rõ ràng. Phương pháp tốt nhất là dựng các mô hình hoặc dựng phối cảnh của đường để đánh giá. Các mô hình có thể dựng bằng giấy, bằng các tấm cao su để thể hiện phần

xe chạy trong không gian. Nhưng khác với các công trình xây dựng, đường là một công trình trải dài theo tuyến, dọc tuyến địa hình thay đổi nên khó dùng mô hình để kiểm tra. Người ta hay dùng cách dựng phối cảnh, nhất là từ khi phát triển máy tính, có thể dựng các phối cảnh động trên suốt tuyến, sau đó sửa chữa hoàn toàn trên máy, (hình 6-19).

Khi tính toán thủ công, tốt nhất là dựng hình phối cảnh trên mặt phẳng vuông góc, và dùng tọa độ Descartes. Phương pháp như sau :

O là mắt người lái, từ đó có các tia nhìn và tia nhìn vuông góc với mặt phẳng chiếu được gọi là *tia nhìn chính*. Từ điều kiện đồng dạng giữa một vật thực trong không gian với ảnh trong mặt phẳng chiếu, ta có liên hệ :

$$l = \frac{ahn}{z} \quad (6-2)$$

trong đó : l - độ lớn của ảnh trên mặt phẳng chiếu ;

h - độ lớn của vật trong không gian ;

z - khoảng cách từ mắt người lái xe tới vật ;

n - tỉ lệ để vẽ phối cảnh, thường là 1 : 100 ;

a - khoảng cách từ mắt người lái xe tới mặt phẳng chiếu. Khoảng cách này thường lấy 100 hay 200m.

Khi đã chọn tỉ lệ dựng phối cảnh là 1 : 100 thì công thức 6-1 có thể viết lại :

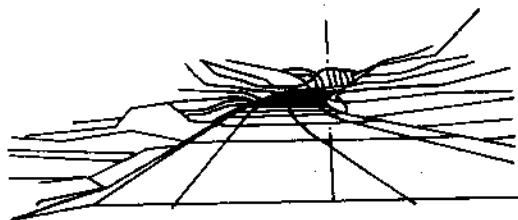
$$y' = \frac{ay}{z} \quad (6-3)$$

$$x' = \frac{ax}{z} \quad (6-4)$$

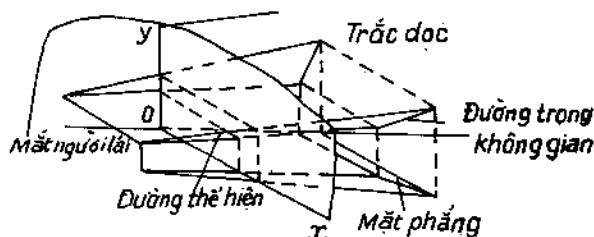
Trong đó, y và x là chiều đứng và chiều nằm của vật tính bằng mét ; y' và x' là tung độ và hoành độ của ảnh tính bằng cm, a và z là cự li từ mắt người lái tới mặt phẳng chiếu và tới vật, cũng tính bằng mét.

Các công thức 6-2 và 6-3 là 2 công thức cơ bản để định kích thước của ảnh khi biết các yếu tố của bình đồ và mặt cắt dọc của đường (y, x và độ xa z). Vấn đề còn lại là chọn điểm nhìn như thế nào và tia nhìn nào.

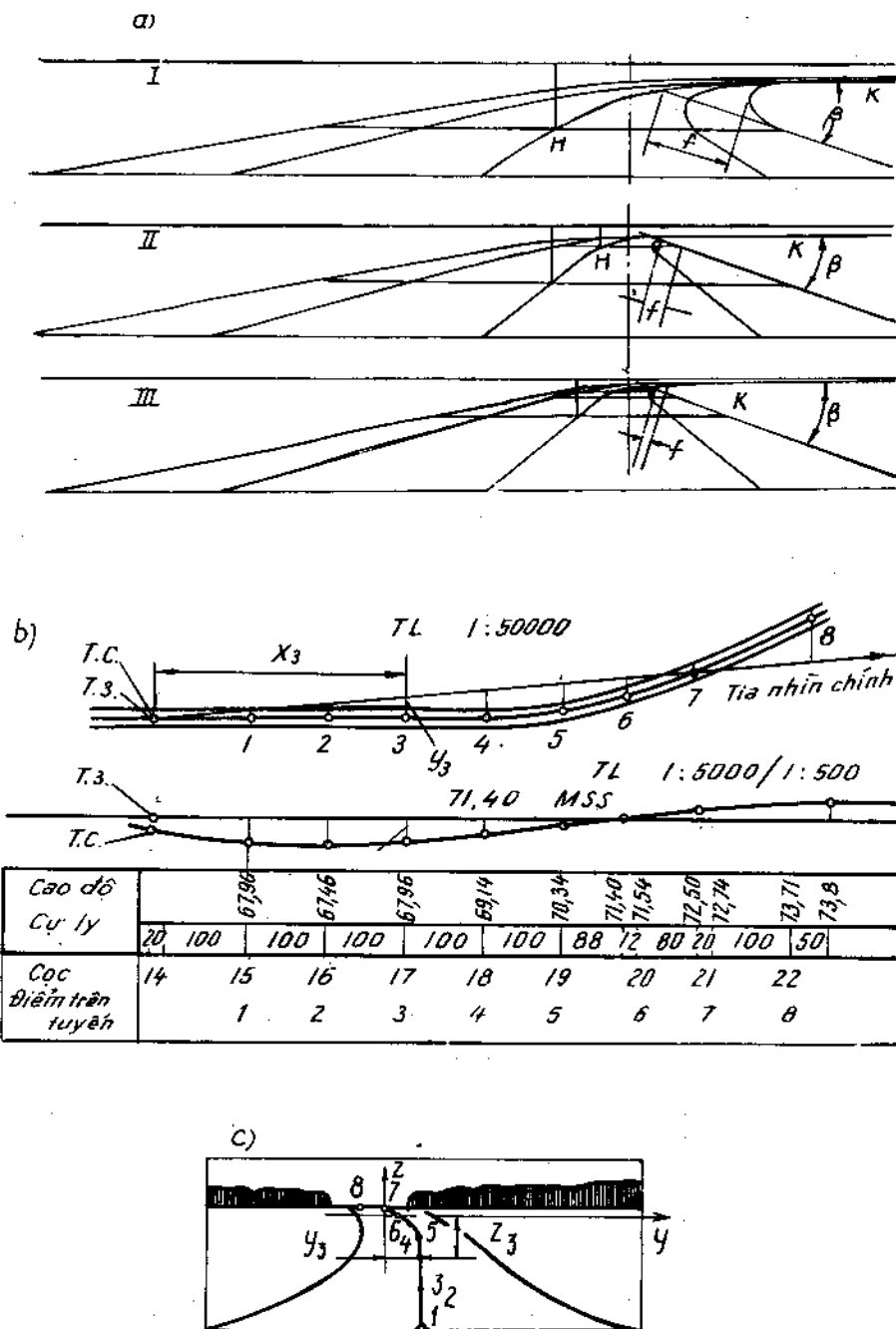
1. Khi dùng máy tính để dựng phối cảnh : thì việc chọn điểm sẽ ít ý nghĩa vì người ta có thể thể hiện trên màn ảnh, hình phối cảnh khi xe liên tục chuyển động trên đường. Khi dựng bằng tay, vì khối lượng công việc mà ta phải hạn chế các điểm nhìn ở các điểm đặc biệt rất hạn chế. Các điểm này phải thể hiện điều kiện



Hình 6-19. Mô hình 1 đoạn đường dựng bằng máy tính.



Hình 6-20. Nguyên tắc dựng phối cảnh trên mặt phẳng chiếu xOy.



Hình 6-21. Chọn tia nhìn.

a - trên bình đồ ; b - trên mặt cắt dọc ; c - phối cảnh dựng được.

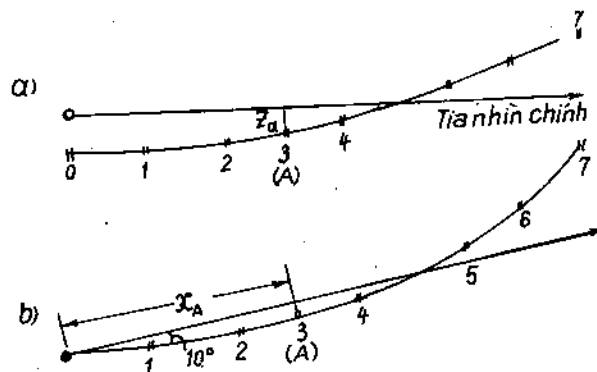
bất lợi nhất về quang học của người lái để kiểm tra tình huống trên đường. Với mỗi điểm được chọn thường chỉ vẽ được một phối cảnh. Điểm nhìn nên chọn trên đường phân thủy, cách chỗ khuất một cự ly bằng tầm nhìn vượt xe. Chiều cao của mắt là 1,5m với xe tải và 1,2m với xe con.

Trên mặt cắt ngang, điểm nhìn cách mép phần xe chạy 1,5 - 2,0m nếu đường 2 làn xe, ở tim đường nếu là đường một làn xe, trên đường có dải phân cách thì cách dải phân cách 2,0m.

2. Tia nhìn trên đường có độ dốc dọc nhỏ (dưới 20%) thì lấy nằm ngang, trên những dốc dài và lớn (trên 20%) thì lấy bằng độ dốc trung bình của quãng đường nghiên cứu hoặc bằng độ dốc của đường tại chính điểm nhìn.

Trên bình đồ, ở những đoạn thẳng, tia nhìn song song với tim đường. Nếu trong phạm vi quan sát có đường cong thì tia nhìn chính phải dịch đi : gọi điểm nhìn là 1, lấy điểm 2 cách điểm nhìn 1 tầm nhìn theo sơ đồ 2, nối hai điểm 1 và 2 và tia nhìn sẽ hợp với đường 1 ; 2 một góc 10 độ.

Đây là tia nhìn chính của phối cảnh (hình 6-22).



Hình 6-22. Phương pháp chọn tia nhìn.
a - mặt cắt dọc; b - bình đồ.

3. Ta gọi góc nhìn là góc hợp thành giữa tia nhìn chính và tia chiếu trên vật. Khi góc nhìn dưới 1,0 + 1,5 độ thì quan sát rõ nhất, khi góc nhìn 5 ÷ 6 độ, còn có thể quan sát rõ các chi tiết của vật, còn những vật nằm ngoài góc nhìn 10 độ thì không quan sát rõ các chi tiết và màu sắc. Lúc đó muốn nhìn rõ, người lái phải quay đầu. Thời gian đó tối thiểu là 0,5 giây và làm phân tán sự chú ý của người lái trên đường và cũng là nguyên nhân gây ra tai nạn trên đường.

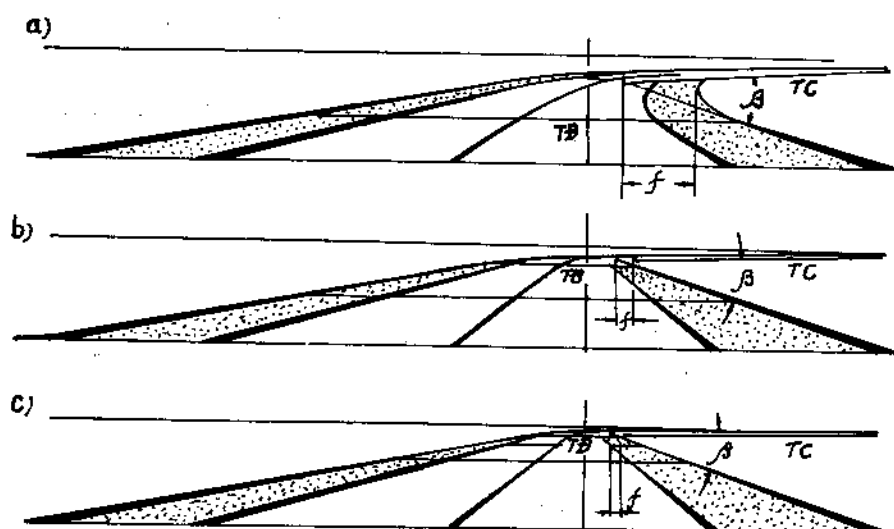
Bởi vậy, khi lập phối cảnh, góc nhìn rõ không quá 10 độ và trong góc nhìn đó phải thấy các công trình chủ yếu trước mặt. Về độ xa, các vật nằm cách mắt từ 100 đến 200m thường bị nhòa, nên không vẽ trong phối cảnh.

4. Các điểm đặc trưng : thường vẽ trong phối cảnh là tim đường, mép phần xe chạy, mép nền đường và các đường nét của rãnh, chân taluy đào đắp, các nét đặc trưng bên đường như mép hố, bla rừng...

Khi đã lập xong phối cảnh nên quan sát hình lập được với quãng cách 1m hay 2m tùy theo lúc lập chọn a là 100 hay 200m. Qua đó phát hiện các điểm không bình thường : các điểm uốn bất thường, các điểm gãy khúc, méo mó, biến dạng, sau đó phát hiện ra nguyên nhân và tìm cách sửa chữa về bình đồ, mặt cắt dọc, về sự phối hợp các yếu tố và kiểm tra lại hiệu quả của việc sửa chữa. Các công việc như vậy làm không tốn nhiều công sức trên máy tính, việc đối thoại giữa người và máy không lâu công và thể hiện hình sửa chữa, khối lượng công việc đào đắp luôn trên màn hình. Nhưng khi làm bằng thủ công thì phải có kinh nghiệm và người ta cố gắng để ra các chỉ tiêu để đánh giá sự đều đặn của tuyến đường.

Khi lập phối cảnh với $n = 100$ và $a = 100m$ thì các chỉ tiêu được đề nghị :

Với đường cong nằm trên bình đồ (hình 6-23) : Độ đều đặn được đánh giá qua f, cự li giữa tiếp tuyến ở điểm giữa của đường cong với đỉnh đường cong. Đường



Hình 6-23. Chỉ tiêu đánh giá sự đều đặn của đường cong nằm
a - đều ; b - gầy ; c - rất gầy.

cong được coi như đều đặn nếu $f \geq 10mm$, đường cong gầy khi $4 < f < 10mm$, đường cong gầy khúc khi $f \leq 4mm$. Các trị số f là tương ứng với phân cự trong thực tế ghi trong bảng 6-4.

Bảng 6-4

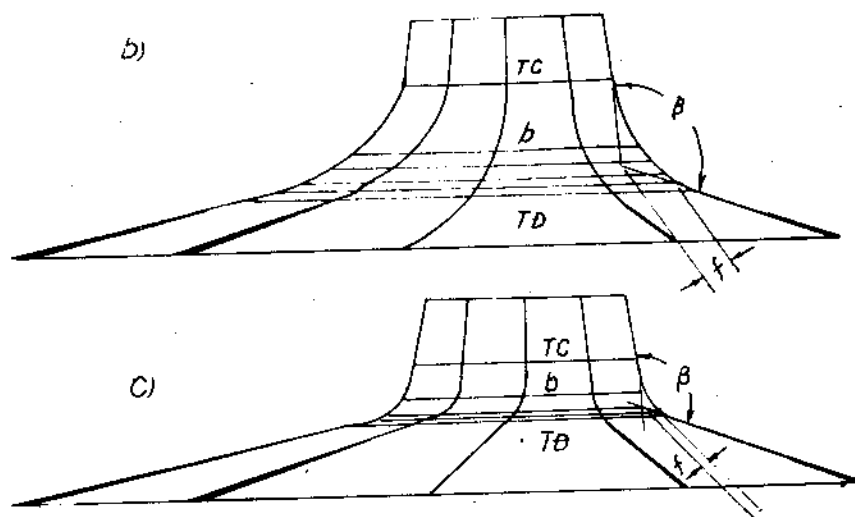
Trị số phân cự trong thực tế, P, m

Cự li tới đỉnh (m)	Đường cong đều	Đường cong gầy	Đường cong gầy khúc
550	5,5	2,2 + 5,5	2,2
500	5,3	2,0 + 5,0	2,0
300	3,0	1,2 + 3,0	1,2
250	2,5	1,0 + 2,5	1,0
200	2,0	0,8 + 2,0	0,8

Đường cong có $f \leq 4mm$ nên tránh dùng.

Với đường cong đứng trên mặt cắt dọc (hình 6-24) : Trên đường cong lõm, độ đều đặn được đánh giá qua góc giữa hai tiếp tuyến và trị số của f (như đối với đường cong nằm). Đường cong được đánh giá là đều đặn khi góc dao động từ 110° đến 165° và $f \geq 4mm$.

Với đường cong đứng và đường cong nằm trùng nhau : Yêu cầu với đường cong đứng lồi là phải nhìn thấy hướng tuyến ở phía sau đường cong lồi. Nếu $f \geq 4mm$ thì thỏa mãn yêu cầu này. Với đường cong đứng lõm, đường được coi là đều đặn khi trong phối cảnh không có những điểm uốn và các điểm dị thường khác.



Hình 6-24. Đánh giá sự đều đặn của đường cong lôm.

6.6. VÍ DỤ VỀ CÁCH DỰNG PHỐI CẢNH VÀ ĐÁNH GIÁ SỰ ĐỀU DẶN CỦA TUYẾN ĐƯỜNG

Cho bình đồ, mặt cắt dọc và mặt cắt ngang của tuyến đường từ $km\ 4 + 020$ đến $5 + 100$. Yêu cầu dựng phối cảnh, đánh giá sự đều đặn và chỉnh lại tuyến nếu cần thiết.

Bài giải : Chọn điểm nhìn : Mắt người lái đặt ở lí trình $km\ 4 + 020$, cách mép phần xe chạy $1,5m$ (chiều cao tầm mắt người lái xe tải), tức là ở cao độ $158,09 + 1,5 = 159,59m$.

Độ dốc dọc của tia nhìn : Tia nhìn song song với mặt đường, có độ dốc bằng độ dốc trung bình của đoạn đường thiết kế từ $km\ 4 + 020$ đến $km\ 4 + 830$.

Độ dốc trung bình tính được :

$$i = \frac{158,09 - 146,18}{4830 - 4020} = 0,015$$

Cao độ của tia nhìn theo dọc tuyến thay đổi theo :

$$H_T = 159,59 - 0,015z$$

Nhắc lại là z - cự li từ điểm nhìn tới điểm đang xét. Trong điều kiện đã cho, tính toán có thể thực hiện theo các cọc đối dốc mà không cần tính ở các cọc trăm mét trừ điểm số 3 vì cự li giữa 2 điểm lân cận quá dài.

Bảng 6-5 : tập hợp các cao độ của các điểm đặc trưng trên mặt cắt dọc H_A , cự li tính từ điểm nhìn z_A , khoảng cách giữa đường đỏ và tia nhìn là h_A . Tọa độ của tim đường trên bình đồ để vẽ hình phối cảnh xác định theo đường chuẩn trùng với tim đường của đoạn thẳng của các cọc đầu. Trị số h_A được tính theo công thức :

$$h_A = H_A - H_T$$

Bảng 6-5

Điểm tính	Cột lý trình (100m)	x_A (m)	H_A (m)	$-0.015z$ (m)	H_i (m)	h_A (m)
0	40 + 20	0	158,09	0	159,59	-1,50
1	41 + 00	80	156,98	-1,19	158,40	-1,42
2	41 + 86	166	156,21	-2,49	157,10	-0,89
3	43 + 50	330	153,33	-4,80	154,79	-1,47
4	44 + 83	460	150,92	-6,90	152,69	-1,77
5	45 + 80	500	149,12	-8,40	151,19	-2,07
6	46 + 30	610	148,28	-9,15	150,44	-2,16
7	47 + 00	680	147,38	-10,20	149,39	-2,08
8	47 + 70	750	146,60	-11,25	148,84	-1,74
9	48 + 30	810	146,18	-12,85	147,34	-1,26
10	49 + 40	920	145,88	-13,80	145,79	+0,09
11	51 + 50	1080	146,52	-16,20	143,39	+3,13

Các yếu tố của đường cong chuyển tiếp được thiết kế trên đường này $L = 1200m$; $x_0 = 119,96$; $y_0 = 2,40m$ và đường cong tròn $R = 1000m$. $\alpha = 55''$ và tọa độ các điểm trung gian được ghi trong bảng 6-6 ở cột thứ (3) và (4). Trong bảng này các trị số của cột 6 tính bằng tổng giá trị ghi trong cột 3 với cột 5 đối với những điểm trên đường cong chuyển tiếp. Còn trong phạm vi đường tròn thì lấy bằng giá trị của y_A tại cuối đường cong chuyển tiếp ($y_A = 0,90m$) cộng với giá trị ghi trong cột 4.

Bảng 6-6

Điểm tính	Lý trình	Khoảng cách (m)			Trị số
		Từ tim đường tới đường cong chuyển tiếp	Từ cuối đường cong chuyển tiếp đến cung tròn	Từ tim đường tới tia nhìn	
0	40 20	-	-	-1,50	-1,50
1	41 00	-	-	-1,50	-1,50
2	41 86	-	-	-1,50	-1,50
3	43 50	-	-	-1,50	-1,50
4	44 80	-	-	-1,50	-1,50
5	45 80	-	-	-1,50	-1,50
6	46 30	0	-	-1,50	-1,50
7	47 00	0,30	-	-1,50	-1,20
8	47 70	2,40	0	-1,50	0,90
9	48 30	-	1,60	-1,50	2,50
10	49 40	-	24,10	-1,50	25,00
11	51 00	-	53,96	-1,50	54,86

Theo các công thức (6-2 và 6-3) xác định tọa độ ảnh của tim đường trên mặt phẳng chiếu y' và x' . Ví dụ tại điểm 1 lý trình 41 00 có $z = 80m$, $y = -1,5m$ và $x = -1,42m$ ta có tọa độ ảnh :

$$y' = \frac{200 \cdot (-1,5)}{80} = -3,75cm$$

$$x' = \frac{200 \cdot (-1,42)}{80} = -3,53cm$$

Tương tự ta tính các tọa độ của các điểm 2,3 cho tới 11 kết quả ghi vào bảng 6-7 (cột 6 và 7).

Tọa độ các ảnh của mép mặt đường và mép nền đường có thể lấy sang hai bên tim đường một chiều rộng bằng $1/2$ mặt đường ($7 : 2 = 3,5m$) và nửa chiều rộng nền đường ($11 : 2 = 5,5m$) sau khi đã nhân với hệ số hiệu chỉnh : $a_n/z_A = 200/100.z_A = 2/z_A$.

Vậy tại điểm 1, khoảng cách từ tim đường tới mép mặt đường là :

$$3,5.2/80 = 0,0875 = 8,75cm$$

khoảng cách từ tim tới mép nền đường là :

$$5,5.2/80 = 0,1375 = 13,75cm.$$

Tính tương tự như vậy cho các điểm còn lại và kết quả ghi ở các cột 8 và 9 trong bảng 6-7.

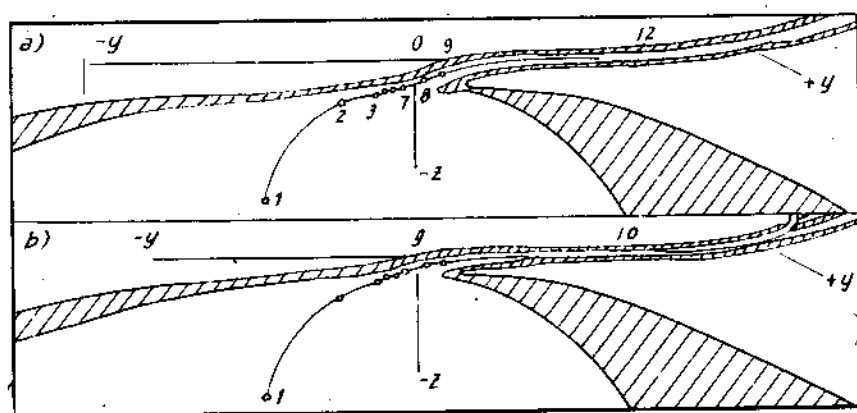
Bảng 6-7

Điểm tính	Lí trình	Cự li (m)	y (m)	x (m)	y' (m)	x' (m)	Khoảng cách đến	
							Mép mặt đường (cm)	Mép nền đường (cm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	40 20	0	-1,50	-1,50	-	-	-	-
1	41 00	80	-1,50	-1,42	-3,75	-3,53	8,75	13,75
2	41 86	166	-1,50	-0,89	-1,82	-1,08	4,24	6,65
3	43 50	330	-1,50	-1,47	-0,90	-0,88	2,10	3,30
4	44 86	460	-1,50	-1,77	-0,66	-0,78	1,54	2,42
5	45 80	560	-1,50	-2,07	-0,54	-0,75	1,26	1,98
6	46 30	610	-1,20	-2,06	-0,50	-0,71	1,15	1,82
7	47 00	680	-1,20	-2,06	-0,35	-0,60	1,02	1,60
8	47 70	750	0,90	-1,74	0,24	-0,47	0,95	1,49
9	48 30	810	2,50	-1,26	0,63	-0,32	0,88	1,38
10	49 40	920	25,00	0,09	5,00	0,02	0,70	1,10
11	51 00	1080	54,86	3,13	9,33	0,53	0,60	0,94

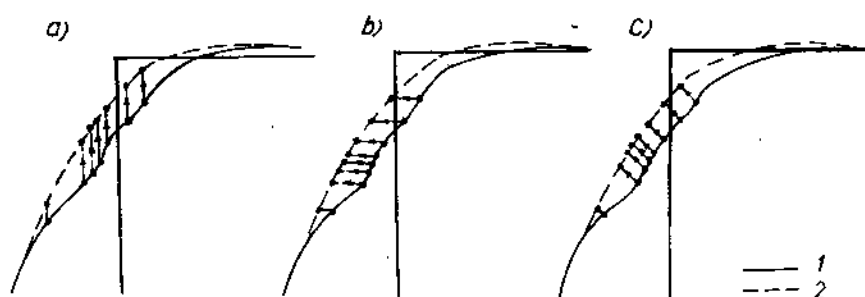
Dựa theo các trị số trong bảng ta dựng được phối cảnh của đoạn đường từ $km\ 4 + 020$ tới $km\ 5 + 100$ (hình 6-25).

Phân tích trên hình phối cảnh thì thấy đoạn đường thiết kế không thỏa mãn yêu cầu về sự đều đặn. Trên hình, từ điểm 2 tới điểm 7 bề mặt phần xe chạy bị sụt hẫng, và trên đoạn từ điểm 4 tới điểm 8 tim đường bị gãy đột ngột.

Để sửa lại đoạn tuyến này, ta xây dựng sơ đồ hiệu chỉnh có tỉ lệ chiều đứng lớn hơn chiều ngang 4 lần nhằm dễ dàng nhận thấy nơi bị gãy, (hình 6-26). Trên hình vẽ, nét liền là tim tuyến cũ, nét đứt là tim tuyến đã hiệu chỉnh. Tùy điều kiện, có thể sửa chữa tuyến bằng cách chỉnh mặt cắt dọc còn bình đồ giữ nguyên (hình 6-26a) hoặc chữa lại bình đồ còn mặt cắt dọc giữ nguyên (hình 6-26b) hoặc sửa cả mặt cắt dọc và bình đồ (hình 6-26c). Để lựa chọn, ta có thể lập ra một số phương án sửa chữa và tiến hành so sánh kinh tế kĩ thuật.



Hình 6-25. Hình phối cảnh của đoạn đường từ km 4 + 020 đến km 5 + 100.



Hình 6-26. Các phương pháp sửa chữa hình phối cảnh.

a - sửa mặt cắt dọc ; b - sửa bình đồ ; c - sửa cả mặt cắt dọc và bình đồ.

Trong ví dụ này, từ điểm 4 đến điểm 8 tuy có hơi bị gầy song không lớn, có thể coi là đạt yêu cầu về mặt bình đồ. Bởi vậy chỉ cần sửa lại cao độ đường do thiết kế trên mặt cắt dọc như trên hình 6-26a. Theo hình 6-26a ta có thể tính các trị số cao độ của các mặt cắt dọc trên hình phối cảnh đã điều chỉnh. Sau đó tính đối về điều kiện thực (H_A) và xác định trị số cần hiệu chỉnh. (Cột thứ 6 trên bảng 6-8). Kết quả tính toán được ghi trong bảng 6-8.

Bảng 6-8

Điểm	y'		y		Hiệu số (m)	Cao độ sau khi hiệu chỉnh (m)
	Chưa sửa	Đã sửa	Chưa sửa	Đã sửa		
2	-1,08	-1,01	-0,89	-0,83	0,06	156,27
3	-0,88	-0,95	-1,47	-1,36	0,11	153,43
4	-0,78	-0,65	-1,77	-1,48	0,29	151,21
5	-0,75	-0,62	-2,07	-1,72	0,35	149,47
6	-0,71	-0,60	-2,16	-1,82	0,34	148,02
7	-0,60	-0,56	-2,06	-1,93	0,13	147,46
8	-0,47	-0,41	-1,74	-1,52	0,22	146,82
9	-0,32	-0,32	-1,26	-1,26	0,00	146,18

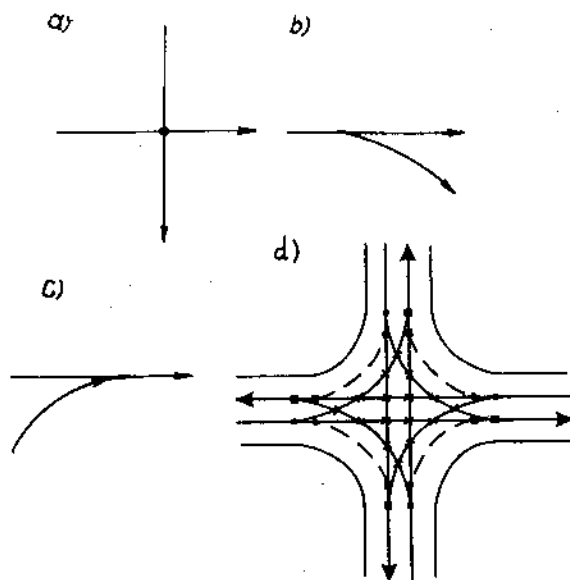
CHƯƠNG 7

NÚT GIAO THÔNG

7.1. NÚT GIAO THÔNG VÀ CÁC XUNG ĐỘT

Nút giao thông là nơi giao nhau giữa nhiều đường ô tô hoặc đường ô tô với đường sắt, tại đó xe có thể chuyển hướng để đi theo hành trình mong muốn. Vì vậy nút giao thông là điểm tập trung, tại đó trong một không gian thường là chật hẹp, trong một thời gian không nhiều, người lái xe đồng thời phải thực hiện nhiều thao tác : quan sát nút để hiểu cách tổ chức trong nút, quan sát các xe đang hoạt động trong nút, sau đó phải gia tốc, giảm tốc, chuyển luồng, cắt luồng... Cũng do vậy mà nút giao thông là nơi làm giảm năng lực thông hành của tuyến, là nơi tập trung nhiều tai nạn giao thông và ách tắc xe cộ.

Tương quan vị thế giữa các luồng xe trong nút tạo ra các xung đột, đây là các tiềm năng gây ra tai nạn. Người ta có thể phân ra 3 loại xung đột : chỗ nhập dòng, chỗ tách dòng và chỗ cắt dòng (ta quy ước gọi tất cả là chỗ nhập, chỗ tách và chỗ cắt). Trong 3 loại xung đột, có thể thấy chỗ cắt là xung đột nguy hiểm nhất. Quan niệm cũ cho chỗ nhập nguy hiểm hơn chỗ tách với lý do là ở chỗ nhập xe phải chiếm 1 chỗ trong dòng chính, còn ở chỗ tách xe rời làn nên không gây sự cố. Gần đây, nhiều tác giả đã quan sát thấy ở chỗ nhập, xe ở dòng phụ và dòng chính dễ quan sát và hiểu ý đồ nhập dòng nên ít gây ra tai nạn. Chỗ tách dòng, xe sau ít hiểu ý đồ của xe trước nên hay xô vào xe trước. (hình 7-1). Trong cùng một loại xung đột, tiềm năng tai nạn lại còn phụ thuộc vào tầm



Hình 7-1. Các xung đột trong nút giao thông.
a - chỗ cắt ; b - chỗ tách ; c - chỗ nhập ;
d - các xung đột trong một ngã tư đơn giản ;
16 điểm cắt (kí hiệu x) ;
8 điểm tách (kí hiệu o) ;
8 điểm nhập (kí hiệu □)

nhìn, góc giao nhau giữa các luồng (giao đối đầu thì nguy hiểm hơn giao xuôi chiều...) cường độ các luồng, mật độ các điểm đột v.v... Vấn đề đánh giá mức độ nguy hiểm của nút là phức tạp nhưng cũng có thể nghị đánh giá một cách đơn giản, bằng một thang điểm, điểm cắt 5 điểm, điểm nhập 3 điểm và điểm tách 1 điểm. Mức độ phức tạp tính theo cách đó là :

$$M = 5n_c + 5n_n + n_t \quad (7-1)$$

trong đó : n_c - số điểm cắt ; n_n - số điểm nhập và n_t - số điểm tách dòng.

Tổng số M càng lớn chứng tỏ nút càng phức tạp.

Khi số luồng xe nhiều thì số điểm xung đột càng tăng. Khi cường độ trong luồng tăng thì tiềm năng xung đột càng lớn. Biện pháp coi như triệt để để giải tỏa các xung đột là làm các công trình, cầu hoặc hầm, để giao các luồng xe. Lúc đó ta có *nút giao khác mức*. Nút giao khác mức có thể triệt để, tức là các xung đột đều qua công trình, hoặc không triệt để, lúc đó các xung đột không nguy hiểm, ít tiềm năng tai nạn thì cho phép giao bằng. Các xung đột còn có thể giải trừ bằng phân cách về thời gian, có thời gian (một pha) thì cho một số luồng qua và cấm các luồng khác và ngược lại. Lúc đó ta sẽ có các *nút điều khiển bằng đèn*. Nút có thể loại trừ xung đột cắt vốn là loại nguy hiểm nhất bằng cách thay thế bởi các điểm tách và nhập nhờ bố trí một đảo trung tâm lớn ở giữa. Lúc đó ta sẽ có *nút giao hình xuyên*. Các trường hợp còn lại của *nút giao cùng mức* khi xung đột còn cho phép tồn tại được có thể gồm các hình thức sau : vì xe rẽ trái là nguy hiểm nhất nên để xe đỗ chờ rẽ trái từ đường chính và xe đã rẽ trái từ đường phụ được an toàn, người ta làm *nút có làn trung tâm*. Khi lượng xe rẽ không nhiều thì chỉ cần định vị các đường rẽ, ta làm các nút có *đảo hình giọt nước* trên đường phụ. Khi lượng xe thấp hơn thì chỉ cần làm các nút đơn giản, có kiểm tra tầm nhìn tới các điểm xung đột. Các loại hình của nút có thể xem trên các hình vẽ trong chương này.

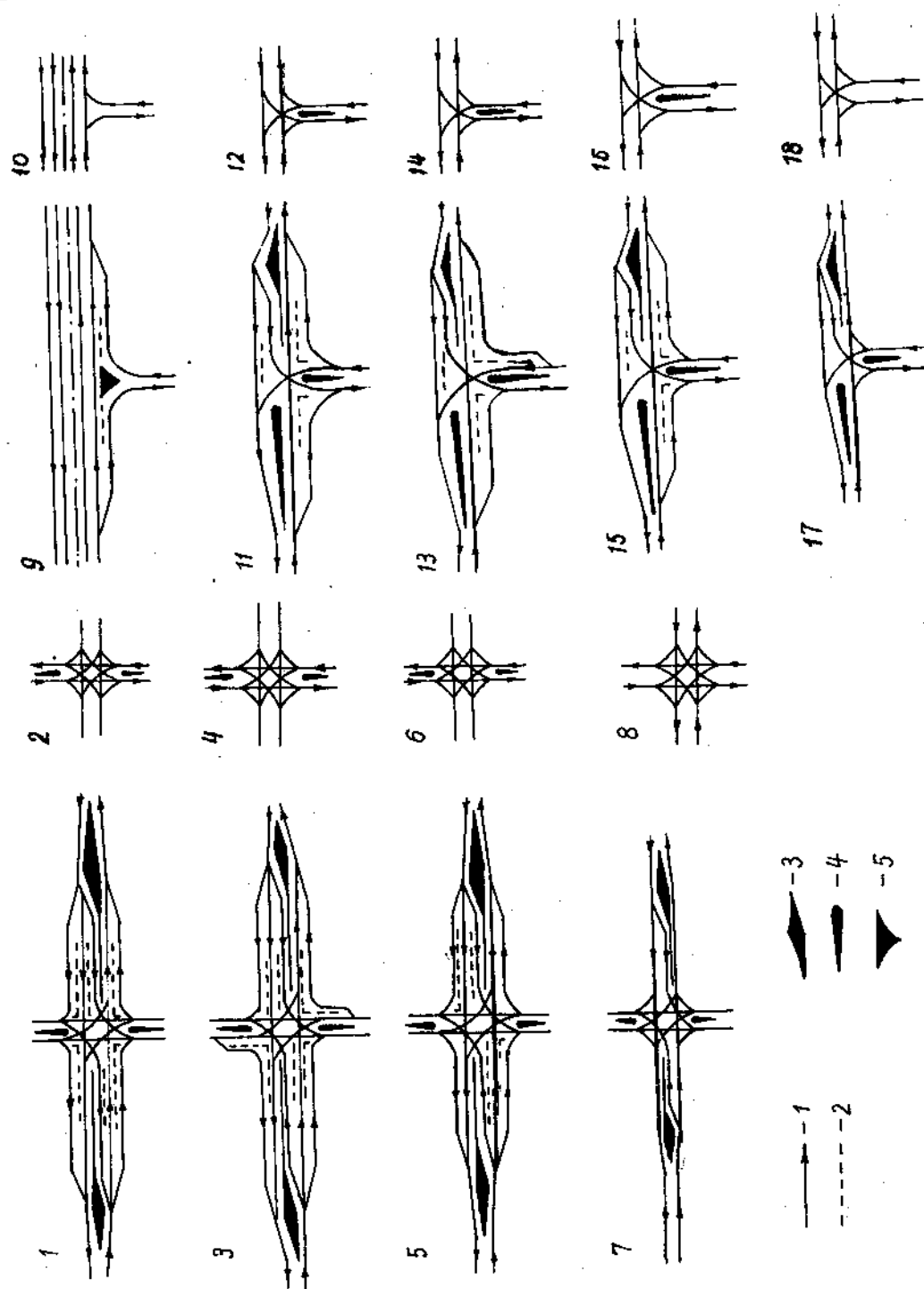
Việc lựa chọn hình thức nút cho thích hợp được thực hiện trên cơ sở phân tích kinh tế kĩ thuật. Trong khi tính chi phí vận doanh, khác với bài toán đường trường, chi phí chờ xe và chi phí cho tai nạn chiếm một vị trí rất quan trọng không bỏ qua được.

Bảng 7-1

Phạm vi sử dụng các loại nút giao thông cùng mức
(TCVN 4054 : 1998)

Lưu lượng xe thiết kế trên đường chính, xeqđ/nđ	Lưu lượng xe thiết kế trên đường phụ, xeqđ/nđ			
	Nút đơn giản	Nút có đảo trên đường phụ, có mở rộng	Nút có đảo và làn rẽ trái trên đường chính	Các loại hình khác
≤ 1000	≤ 500	500 ÷ 1000	-	-
≤ 2000	≤ 500	500 ÷ 2000	-	-
≤ 3000	≤ 450	450 ÷ 1000	1000 ÷ 1700	≥ 1700
≤ 4000	≤ 250	≤ 250	250 ÷ 1200	≥ 1200
≤ 5000	-	-	≤ 700	≥ 700
> 5000	-	-	≤ 400	≥ 400

Chúng ta dùng quy định của TCVN 4054 : 1998, (bảng 7-1) và có thể tham khảo kinh nghiệm của Phân viện thiết kế đường ở Kiev công bố năm 1982 mà chúng tôi giới thiệu trong bảng 7-2. Kèm theo bảng là hình các loại nút chọn lựa được giới thiệu trong hình 7-2.



Hình 7-2. Các sơ đồ nút theo bảng kiến nghị của Phân viện đường bộ Kiev ;
1 - các làn xe ; 2 - các giải phân cách trên đường cấp II và cấp III ;
3 - đảo dẫn hướng ; 4 - đảo giọt nước ; 5 - đảo tam giác.

Bảng 7-2

Lựa chọn các sơ đồ nút giao thông cùng mức

Cấp hạng đường chính	Cường độ xe chạy trên đường chính <i>xe/ngày đêm</i>	Cường độ xe chạy giữa đường chính và đường phụ (<i>xe/ngày đêm</i>)							
		Ngã tư				Ngã ba			
		Cấp hạng đường phụ							
		III		IV, V		III		IV, V	
I	$\frac{-*}{7000}$	-		-		-		bằng và trên 25 (H. 9)	nhỏ hơn 5 (H. 10)
II	$\frac{8000*}{3000}$	-		bằng và hơn 50 (H. 1)	nhỏ hơn 50 (H. 2)	+		bằng và hơn 50 (H. 11)	nhỏ hơn 50 (H. 12)
III	1000	bằng và hơn 100 (H.3)	nhỏ hơn 100 (H. 4)	bằng và hơn 100 (H. 5)	nhỏ hơn 100 (H. 6)	bằng và hơn 100 (H. 13)	nhỏ hơn 100 (H.14)	bằng và hơn 100 (H. 15)	nhỏ hơn 100 (H.16)
IV	200	-		bằng và hơn 1000 ^{**} (H.7)	nhỏ hơn 1000 ^{**} (H.8)	-		bằng và hơn 1000 [*] (H.17)	nhỏ hơn 1000 [*] (H.18)

* - cường độ xe ở tử số là đối với ngã tư, ở mẫu số là đối với ngã ba.

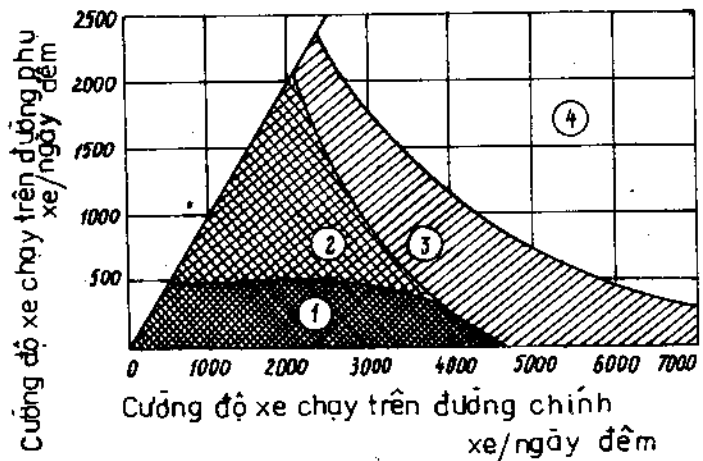
** - là tổng cường độ xe chạy theo cả 2 đường, xe/ngày.

Các sơ đồ nút theo hình 7-3.

Độc giả có thể tham khảo một kiến nghị khác của E.M. Lôbanôv thể hiện bằng đồ thị trên hình 7-3.

Việc lựa chọn loại hình cụ thể cho một nút tiến hành như sau :

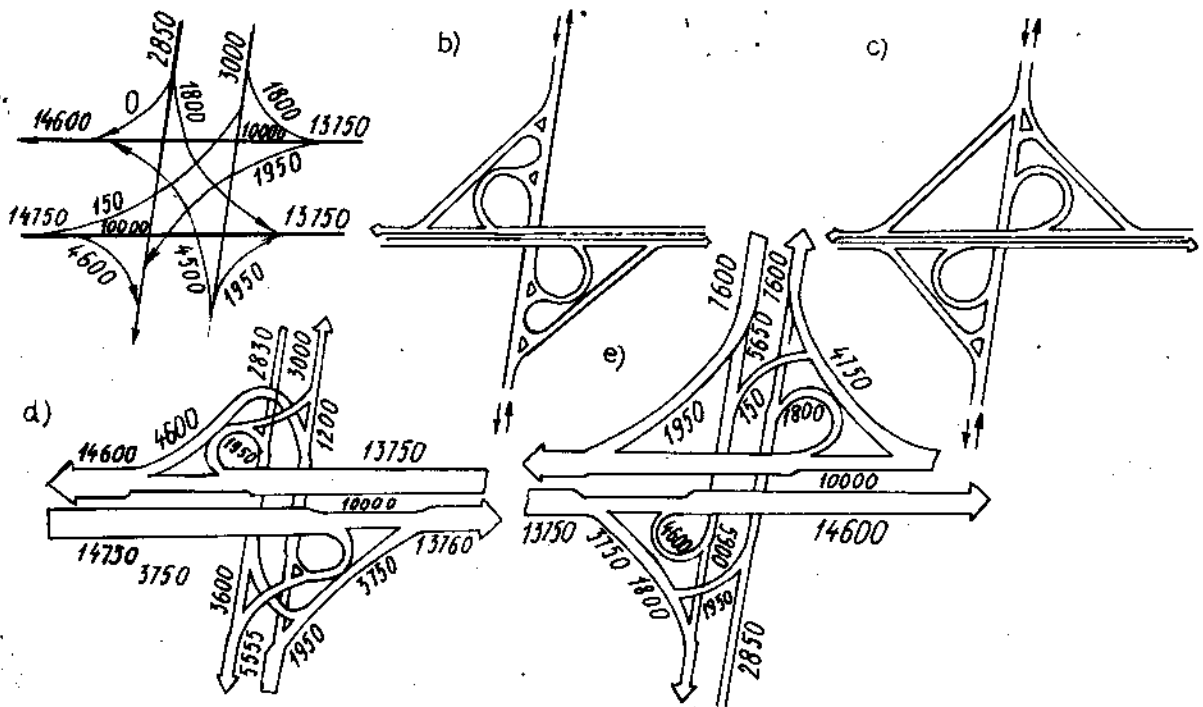
- Điều tra về tầm quan trọng của tuyến để hiểu được ý nghĩa của nút trong mạng lưới đường. Trường hợp nút quá phức tạp có thể nghĩ tới biện pháp san sẻ sang các nút lân cận và các tuyến song song. Các nút trong lưới đường nên cách nhau trên 2km và các nút lân cận nên có cùng một trình độ trang bị và tiêu chuẩn kĩ thuật thống nhất.



Hình 7-3. Đồ thị chọn loại hình nút giao thông theo E. M. Lôbanôv.

- 1 - nút đơn giản ;
- 2 - nút có đảo trên đường phụ ;
- 3 - nút có làn trung tâm trên đường chính ;
- 4 - nút giao khác mức.

- Điều tra về yêu cầu giao thông, thường là giờ cao điểm của năm tương lai (với nút cải tạo và làm mới là tương lai không quá 20 năm, với nút thiết kế tổ chức giao thông thường không quá 3 năm). Cường độ giao thông được phân tích theo thành phần của xe (xe tải các loại, xe buýt, xe con, xe hai bánh...) và lập thành các ma trận các luồng xe rẽ hoặc lập thành sơ đồ rẽ xe (hình 7-4a). Khi phác thảo các phương án, có thể lập các sơ đồ các luồng xe theo các phương án (hình 7-4b và c). Qua các sơ đồ luồng xe này, phân tích các luồng theo các ưu tiên.



Hình 7-4

a - sơ đồ các luồng xe ; b - phương án I ; c - phương án II ;
d - sơ đồ các luồng xe theo phương án I ; e - sơ đồ các luồng xe theo phương án II.

- Điều tra về địa hình (bản đồ không nhỏ hơn 1 : 500) và tự nhiên của khu vực : địa chất, thủy văn, hướng thoát nước... Địa hình sẽ có ảnh hưởng lớn đến tầm nhìn trong nút cùng mức và cách bố trí công trình vượt trong nút giao khác mức.

- Cấu tạo chi tiết nút : bình đồ, mặt cắt dọc, mặt cắt ngang, các công trình vượt, công trình thoát nước, công trình chống đỡ.

- Thiết kế tổ chức giao thông và biển báo, đánh giá mức độ an toàn của nút.

- Lập luận chứng kinh tế kỹ thuật để chọn phương án.

Chúng tôi tạm đề ra các yêu cầu khi thiết kế một nút giao thông ; phải là một phương án thỏa hiệp một cách tốt nhất những yêu cầu sau đây :

- An toàn giao thông, đánh giá bằng ước đoán lượng tai nạn xảy ra trên 10^6 xe/km hoặc số tai nạn trong 1 năm.

- Tổ chức giao thông đơn giản mạch lạc dễ hiểu. Khi đánh giá phải đứng vào địa vị người lái trong hiện trường, không thể biến nút giao thông thành một mê cung mà tránh mọi trường hợp người lái khó nhận phương hướng và chọn giải pháp.

- Về mỹ quan, tạm thống nhất lấy đơn giản mạch lạc làm chỉ tiêu chính, sau đó không phá vỡ cảnh quan khu vực là tạm đủ.

7.2. NÚT GIAO THÔNG CÙNG MỨC

7.2.1. Nút nên giao nhau càng gần với góc vuông càng tốt và dễ bố trí, dễ quay xe, dễ đảm bảo tầm nhìn. Trong nhiều trường hợp nên cải tuyến để tuyến giao nhau với góc không nhỏ hơn 75° .

Vì trong ngã ba, số lượng các điểm xung đột nhỏ hơn hẳn trong ngã tư, còn phương án có thể đổi một ngã tư thành 2 ngã ba, (hình 7-5).

Nút giao nhau đặt ở chỗ trũng thì dễ quan sát nhưng khó thoát nước. Nút đặt ở đỉnh đường cong đứng thì dễ thoát nước nhưng khó quan sát cho người lái.

7.2.2. Mục tiêu chủ yếu khi cấu tạo nút là có một khả năng thông hành hợp lý và an toàn giao thông tốt. Để tính chiều rộng các làn xe rẽ, khi không có gì đặc biệt xe thiết kế được dùng là xe tải. Khi lượng xe con lớn hơn 60% số xe con quy đổi, có thể dùng xe con làm xe thiết kế và khi lượng xe kéo móc lớn hơn 20% thì dùng xe kéo móc làm xe thiết kế.

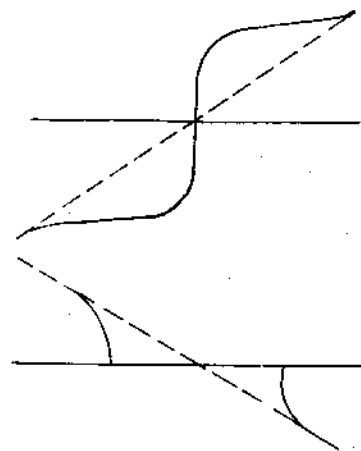
Tốc độ rẽ xe được quy định : khi rẽ phải tốc độ không quá 60% tốc độ đường trường và khi rẽ trái được phân ra 2 trường hợp : thiết kế tối thiểu 15 km/h ; thiết kế nâng cao không quá 40% tốc độ đường ngoài nút.

Hệ số lực ngang được phép dùng 0,25. Các đường cong rẽ phải nên làm đường cong 3 cung tròn (xem trong chương này). Trong đường thành phố, bán kính đá vĩa rẽ phải trong quảng trường là 12m, tại phố chính là 8m, các phố cải tạo là 3m (quy trình Liên Xô cũ).

Một biện pháp đơn giản là nút được mở thêm một làn xe bên phải để tăng cường cho xe rẽ phải và đi thẳng. Biện pháp thì đơn giản nhưng năng lực thông hành có thể tăng lên được 30%.

7.2.3. Nút giao thông đường chính, đường phụ và nút giao thông ưu tiên tay phải

Đây là những loại hình đơn giản nhất, áp dụng cho một đường phụ (trong thành phố có thể là một ngõ phố, một cửa ra vào một cơ quan xí nghiệp...) phần ưu tiên trong bất kì tình huống nào đều thuộc về đường chính.



Hình 7-5. Cải tuyến trong nút giao thông cùng mức xiên.

a - nắn tuyến cho vuông góc ;

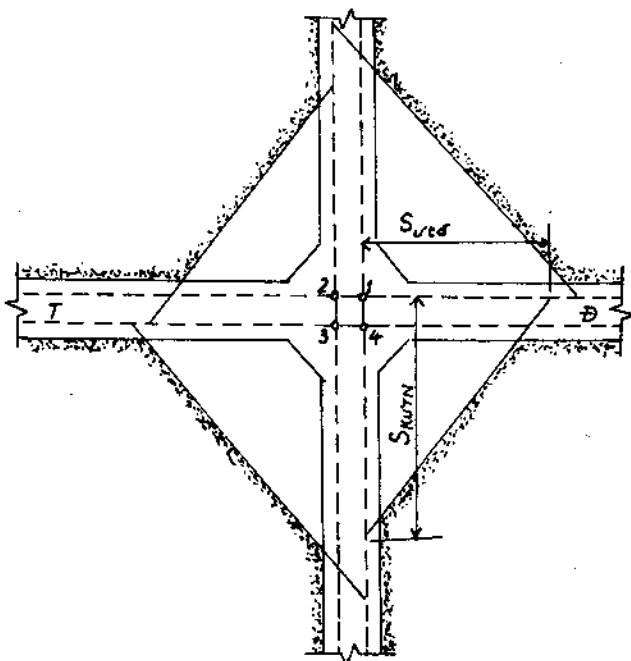
b - chia một ngã tư thành 2 ngã ba.

Trên đường phụ, có thể cấm hoặc làm biến những đường (biển 108, điều lệ báo hiệu đường bộ) hoặc biến dừng lại (biển 222, DLBHĐB).

Trường hợp đầu, xe trên đường phụ phải đi chậm và quan sát, chỉ trong điều kiện thuận lợi mới được nhập hoặc cắt đường chính.

Trường hợp sau, trong bất kì tình huống nào, người lái phải dừng xe, sau khi quan sát mới được tiếp tục hành trình.

Khi tầm quan trọng hoặc cường độ giao thông theo hai đường dẫn không quá chênh nhau thì dùng phương pháp tổ chức giao thông ưu tiên tay phải. Tại các điểm xung đột, xe phải nhường ưu tiên cho các xe xuất hiện ở bên tay phải của mình. Trường hợp này phải tính toán đảm bảo tầm nhìn như sau :



Hình 7-6. Sơ đồ đảm bảo trong nút giao thông ưu tiên tay phải.
1, 2, 3, 4 tên các xung đột ;
--- quỹ đạo mắt lái xe.

Giả thiết mắt người lái đặt cách mép trên xe chạy là 1,5m, trong một ngã tư đơn giản có 4 điểm cắt cần xét và ta xét điểm 1. Trong hình 7-6, người lái trên 2 hướng Nam (N) và Đông (Đ) đều phải quan sát được. Trong 2 người lái, hướng N là hướng không ưu tiên, nếu có chướng ngại tại đó, xe N phải quan sát thấy với tầm nhìn không ưu tiên, S_{kut} , bằng chiều dài tầm nhìn theo sơ đồ 1.

$$S_{IN} = \frac{V_N}{3,6} + \frac{kV_N^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0 \quad (7-2)$$

(các kí hiệu, ý nghĩa xin đọc lại trong chương 2).

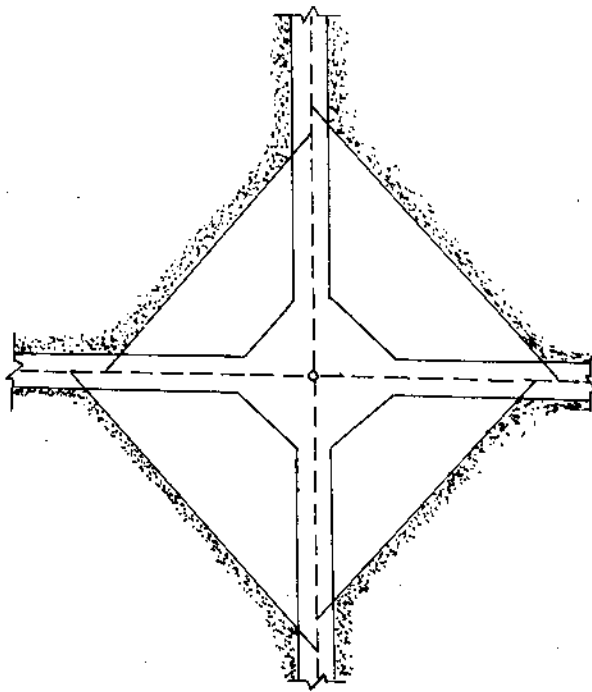
Xe N phải quan sát được xe Đ, xe ưu tiên ở cách điểm xung đột 1 một tầm nhìn có ưu tiên S_{utD} , tính bằng tốc độ không thay đổi v_D và thời gian S_{kutN}/v_N , tầm nhìn tính được là :

$$S_{utD} = S_{kutN} \cdot v_D / v_N \quad (7-3)$$

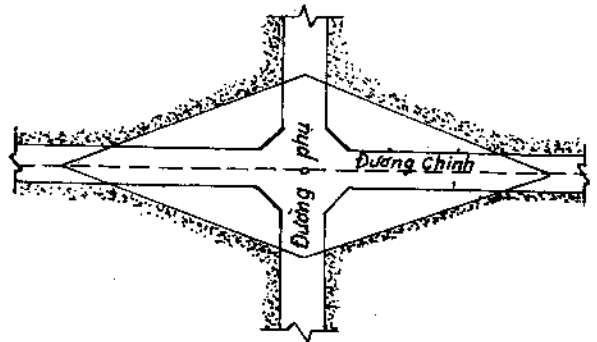
Nói lại, xem hình 7-6, chúng ta được tầm giác nhìn thứ nhất ; ở trong phạm vi của tam giác nhìn không được tồn tại các vật làm trở ngại cho tầm nhìn như biển báo, cây cối, nhà cửa, quán kiốt, ... Gặp các trường hợp không di chuyển được, vì lí do kinh tế, lí do lịch sử thì phải tính lại tầm nhìn tuyến ít quan trọng hơn và trên đó đặt biển báo hạn chế tốc độ.

Lần lượt làm với 4 điểm xung đột 1, 2, 3, 4 ta sẽ xác định được các phạm vi đảm bảo tầm nhìn trong nút giao thông ưu tiên tay phải. Với nút có đường dẫn

nhỏ hơn 7m, có thể giả thiết mắt của người lái đặt ở tâm đường, 4 điểm xung đột rút lại còn 1 điểm và bài toán trở thành đơn giản hơn (hình 7-7).



Hình 7-7. Sơ đồ bảo đảm tầm nhìn khi phần xe chạy < 7m.



Hình 7-8. Sơ đồ bảo đảm tầm nhìn trong nút giao thông : "ĐƯỜNG CHÍNH - ĐƯỜNG PHỤ".

Với nút đường chính đường phụ, ưu tiên luôn thuộc về đường chính, trên đường phụ luôn là các tầm nhìn S_{kut} , các tầm nhìn S_{ut} luôn nằm trên đường chính, bài toán cũng ở dạng đơn giản.

Với nút có cấm biển STOP trên đường phụ, thì trước hết tính t_v là thời gian xe trên đường phụ cắt vào đường chính sau khi dừng xe gồm có : 1 giây để phản ứng và khởi động, sau đó chạy xe với tốc độ 2 m/s (7,2 km/h), vậy :

$$t_v = (1 + B/2)$$

$$S_{ut} = (1 + B/2) \cdot v_{ut} \quad (7-4)$$

Cách bố trí tham khảo hình 7-8.

7.2.4. Nút có đảo hình giọt nước trên đường phụ

Đảo giọt nước có tác dụng bảo hộ cho xe từ đường phụ chờ rẽ trái để nhập vào đường chính, và có tác dụng định vị xung đột của luồng xe rẽ trái.

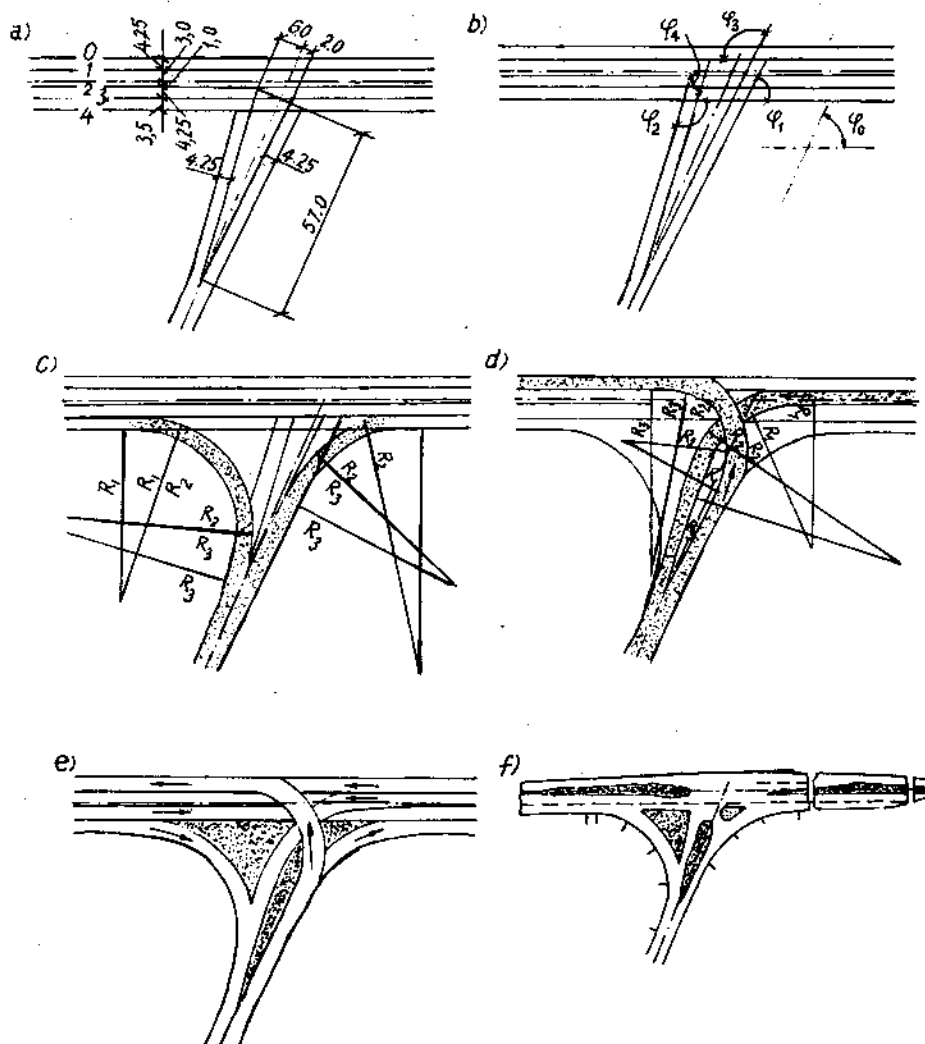
E.M. Lôbanôv đề nghị một phương pháp cấu tạo đảo giọt nước như sau :

Khi cần thì phải mở rộng thành đường 4 làn xe, trên đó, góc giao nhau giữa đường phụ và đường chính được gọi là góc φ_0 . Từ điểm B trên đường phụ, cách giao điểm 57m, vẽ 2 đường BC và BD ; C cách giao điểm 6m và D cách 2m.

Xác định các góc rẽ xe : φ_1 - góc rẽ phải từ đường phụ; φ_2 - góc rẽ phải từ đường chính, φ_3 - góc rẽ trái từ đường phụ và φ_4 - góc rẽ trái từ đường chính. Cấu tạo chiều rộng các làn rẽ xe với chiều rộng (cả mở rộng) là 4,25m.

Cấu tạo lần lượt 2 làn rẽ phải từ đường phụ và đường chính. Sau đó là 2 đường rẽ trái từ đường phụ và đường chính. (Áp dụng đường cong 3 cung tròn, ngay sau đây sẽ có giải thích).

Tổng hợp các làn rẽ xe, còn lại là diện tích các đảo. Sau khi gọt đảo, ta được hình dạng của nút giao thông. Xin đọc giả xem thể hiện trên hình 7-9.



Hình 7-9. Trình tự thiết kế nút giao có đảo hình giọt nước trên đường phụ
a - xác định phạm vi nút ; b - xác định các góc rẽ xe ;
c - xác định các làn xe rẽ phải ; d - xác định các làn xe rẽ trái ;
e - tổng hợp các diện tích dùng để rẽ xe ; f - dạng chung của nút.

Đường cong 3 cung tròn : Đường cong 3 cung tròn là một dạng giản hóa của đường cong chuyển tiếp clothoide nhằm làm cho xe vào đường cong nhỏ và ra khỏi đường cong đó dễ dàng, không bị lấn sang làn xe trái chiều.

Kinh nghiệm cho ta các trị số bán kính và góc chuyển hướng như trong bảng 7-3.

Bảng 7-3

Kinh nghiệm cấu tạo đường cong 3 cung tròn

Góc chuyển hướng (độ)	Đường cong vào		Đường cong cơ bản R_2 , m	Đường cong ra	
	R_1 , m	α_1 , (độ)		R_3 , m	α_3 , (độ)
dưới 44	—	—	50	—	—
từ 44 tới 74	60	16	30	90	10
- 75 - 112	50	20	25	75	12
- 113 - 149	40	27	20	60	16
- 150 - 180	35	34	15	60	21

Xác định các tiếp tuyến tổng hợp AO và BO, sau đó lần lượt cấu tạo các đường cong theo hình 7-9 và theo các công thức sau :

$$\alpha_2 = \varphi - (\alpha_1 + \alpha_3) \quad (7-5)$$

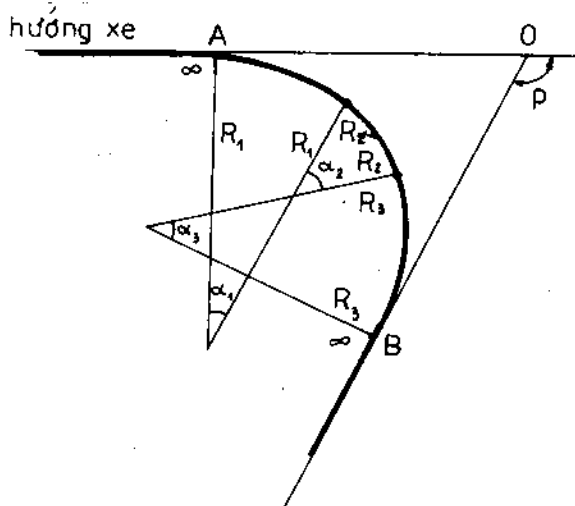
$$AO = (R_1 - R_2)\sin\alpha_1 + \frac{R_2 + \Delta R_3}{\cos(\varphi - 90^\circ)} + (R_2 + \Delta R_1)\tan(\varphi - 90^\circ) \quad (7-6)$$

$$BO = (R_3 - R_2)\sin\alpha_3 + \frac{R_2 + \Delta R_1}{\cos(\varphi - 90^\circ)} + (R_2 + \Delta R_3)\tan(\varphi - 90^\circ) \quad (7-7)$$

trong đó : $R_1 = (R_1 - R_2)(1 - \cos\alpha_1)$

$R_3 = (R_3 - R_2)(1 - \cos\alpha_3)$

7.2.5. Nút có làn trung tâm cho xe chờ rẽ trái và đón xe rẽ trái



Hình 7-10. Đường cong 3 cung tròn.

Trong nút giao cùng mức, khi xe không có điều kiện rẽ trái thì phải đỗ ở làn xe tạt trong cùng bên trái. Khi xe đông và lượng xe rẽ nhiều, phải tính chuyển bảo vệ cho xe chờ rẽ trái bằng cách làm làn trung tâm. Đối với xe rẽ trái từ đường phụ, khi luồng chính đông xe thì phải chờ, cũng phải có làn trung tâm để đón xe, (hình 7-10).

Chiều rộng của làn trung tâm, vì xe đỗ hoặc di chuyển với tốc độ rất chậm nên không lớn hơn làn xe thông thường (3,50m). Chiều rộng này lấy trong dải phân cách, nếu đường không có dải phân cách thì phải mở rộng để trong phạm vi của nút có chiều

rộng không nhỏ hơn 4,5m để có 1 gờ phân cách tối thiểu 1,0m về phía tay trái. Phía tay phải, phân cách bằng đường liền kề kí hiệu L. L 1.1. (theo điều lệ biển báo hiệu đường bộ) để cấm xe đi thẳng xâm phạm vào đường đứt kí hiệu 1.5.

Đường đứt cho phép xe đi vào làn trung tâm, đường liền để phân cách xe, trường hợp xe đông có thể thay thế bằng đá vĩa. Chiều dài đường liền là chiều dài cần thiết để đỗ xe chờ rẽ, theo bảng 7-4.

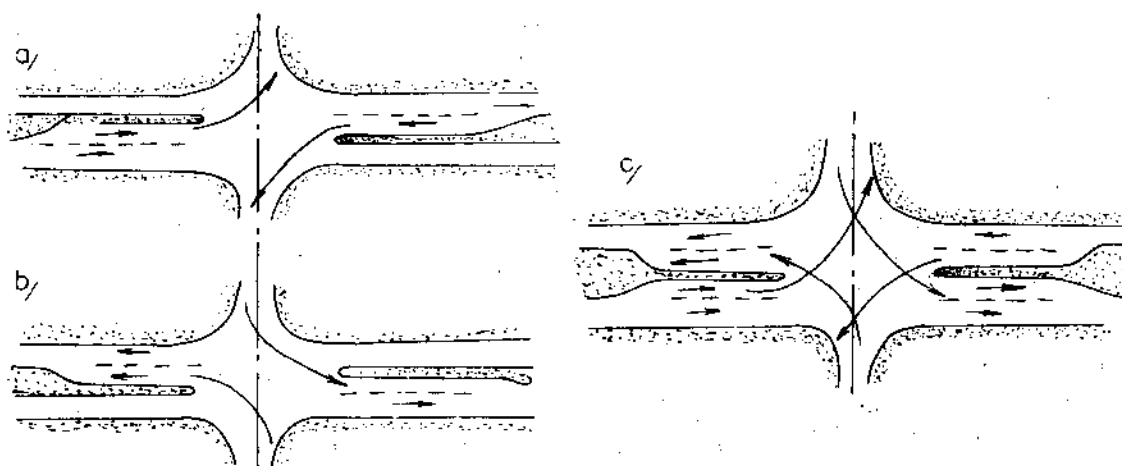
Bảng 7-4

Chiều dài đỗ xe trên làn trung tâm

Cường độ lưu lượng rẽ trái (xe/h)	30	40	50	200
Chiều dài làn trung tâm theo quy trình Mỹ. (m)	7,5	15	30	52,5

Khi lượng xe rẽ dưới 30 xe/h thì không cần bố trí làn trung tâm và khi trên 200 xe/h thì nên chọn loại hình khác.

Đầu của mũi đá vĩa phân cách phía tay trái, được định hình bằng quỹ đạo của xe hoặc đơn giản gọt tròn với đường kính bằng chiều rộng còn lại của dải phân cách.



Hình 7-11. Cấu tạo của làn trung tâm.

a - để bảo hộ xe rẽ trái từ đường chính; b - để đón xe rẽ trái từ đường phụ;
c - kết hợp cả hai nhiệm vụ a và b.

7.2.6. Đảo trong nút giao thông

Trong nút giao thông, đảo là một cấu tạo rất quan trọng có các mục đích :

- Phân cách và định vị các xung đột.
- Ấn định trước góc xung đột.
- Xóa các diện tích mặt đường không cần thiết.
- Sắp xếp các ưu tiên, tạo thuận lợi cho các luồng ưu tiên và tạo khó khăn cho các hướng ít ưu tiên và nhất là các hướng cấm (tốt hơn là dùng biển báo).

- Bảo hộ cho bộ hành.
- Bảo hộ cho các xe chờ rẽ và chờ cắt.
- Nơi để đặt các biển báo hiệu và các trang thiết bị điều khiển giao thông.

Về loại hình có thể phân ra các loại đảo (hình 7-10).

Đảo định hướng : nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho các xe đi đúng hướng mong muốn. Loại đảo thường gặp nhất là đảo tam giác cho xe rẽ phải, đảo giọt nước trên đường phụ cho xe rẽ trái từ đường phụ, đảo trên làn trung tâm để bảo hộ xe chờ rẽ trái từ đường chính và đón xe rẽ trái vào đường chính.

Đảo phân cách : phân cách các luồng xe cùng chiều hoặc trái chiều.

Đảo trú chân : thuận lợi và an toàn cho bộ hành vượt qua nút.

Về kích thước, quy trình Mỹ 1990 phân ra các loại :

Đảo lớn : là đảo có ít nhất một chiều lớn hơn 30m.

Đảo nhỏ : đảo có diện tích nhỏ hơn $9,00 m^2$, trường hợp khó khăn, trong thành phố đảo không nhỏ hơn $4,50 m^2$ và đường ngoài thành phố không nhỏ hơn $6,75 m^2$.

Đảo vừa : trung gian giữa 2 loại trên.

Đảo tam giác nên có chiều dài một cạnh không nhỏ hơn 3,60m ; nên làm dài 4,50m (không kể các chỗ gọt tròn). Các đảo kéo dài và các đảo phân cách có chiều rộng không nhỏ hơn 1,2m và chiều dài không nhỏ hơn (6,0 ÷ 7,5)m. Trong trường hợp hạn chế, các chiều rộng này có thể rút xuống nhưng không nhỏ hơn 0,5m.

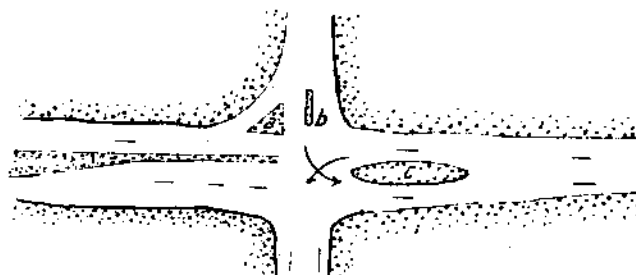
Về cấu tạo, đảo có thể thực hiện bằng các cách : *làm nổi và bao bằng đá vôi*. Trên đường ngoài thành phố, khi tốc độ cao hoặc khi trên suốt tuyến không làm đá vôi thì không nên áp dụng hình thức này. Nếu phải dùng trên một nút cô lập, thì chiều dài của đảo ít nhất không bé hơn 30m. Trong thành phố thì nên dùng đảo bao đá vôi. Chiều dài đảo khuyến khích cho trường hợp này là 10,0m. Nếu không đủ, có thể kéo dài bằng cách làm mặt đường gập ghềnh, làm thanh chắn nhẹ... Trong thành phố nên phổ biến dùng đảo bao đá vôi, *đảo phân cách bằng vạch kẻ trên đường, bằng danh, bằng các thanh chắn nhẹ*. Trong thành phố có thể dùng loại hình này khi lượng xe ít, đất đai chật hẹp. Đường ngoài thành phố thì áp dụng khi tốc độ xe chạy cao (không sợ đâm vào đá vôi) hoặc tốc độ chậm nhưng đảo nhỏ, khi làm độ dật thì diện tích không còn bao nhiêu.

Đảo đất : thường áp dụng cho đường ngoài thành phố, không phủ mặt đường.

Khi đảo lớn, nhất là đảo tròn hình xuyến, mặt đảo có thể trồng cỏ, trồng cây nhỏ. Trong thành phố, giữa đảo có thể có tượng đài, cột đồng hồ, vòi phun nước... để tô điểm cho thành phố.

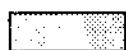
Khi đảo có bao đá vôi, diện tích mặt đường không được sử dụng hết, xe dễ đâm vào các đầu đảo nên phải bố trí các *độ dật* hoặc lùi vào so với mép của vệt xe chạy. Chi tiết bố trí mép đảo có độ dật trong trường hợp bao đá vôi và trường hợp làm lề đường xin xem trên hình 7-13 và 7-14.

Nguyên tắc chung về bố trí đảo : Chúng ta đã thấy công dụng của đảo và một số cách cấu tạo. Nhưng không phải có thể sử dụng đảo một cách tùy tiện, nhiều

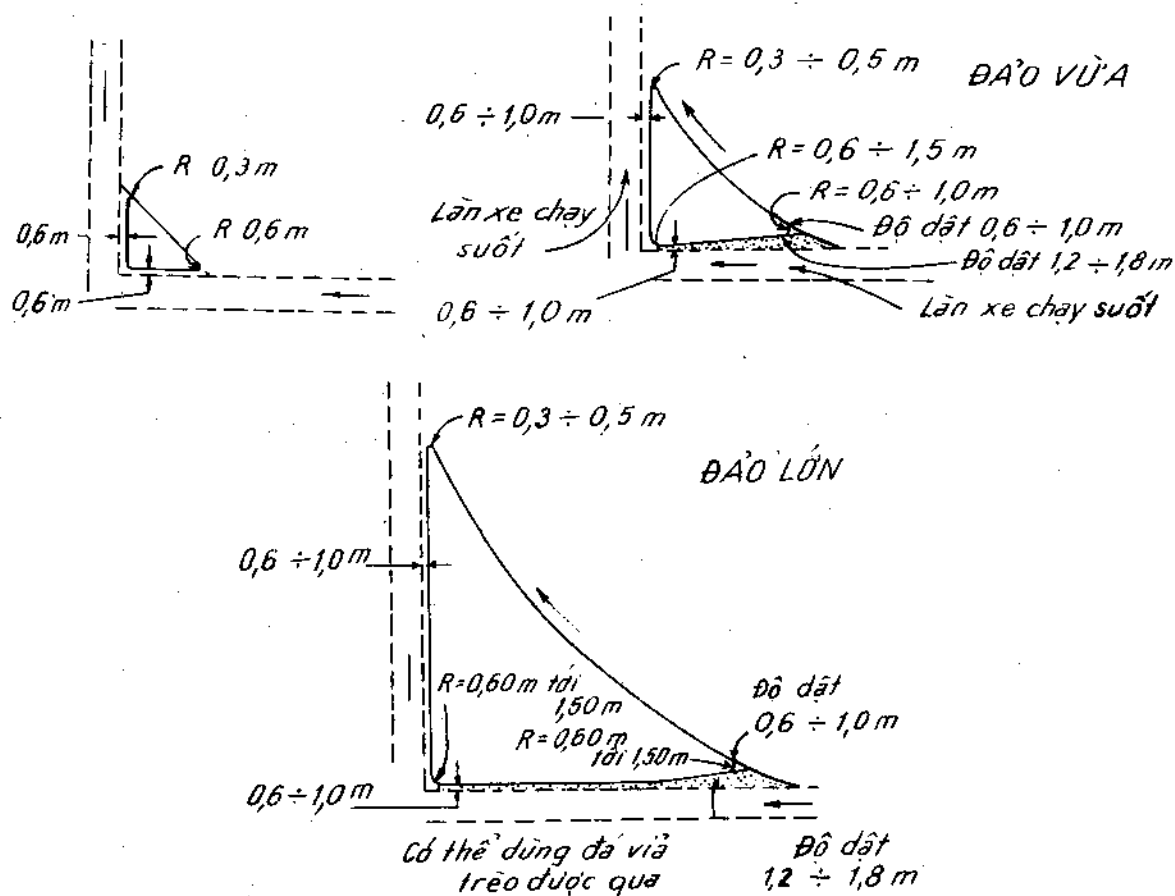


Hình 7-12. Chức năng đảo.

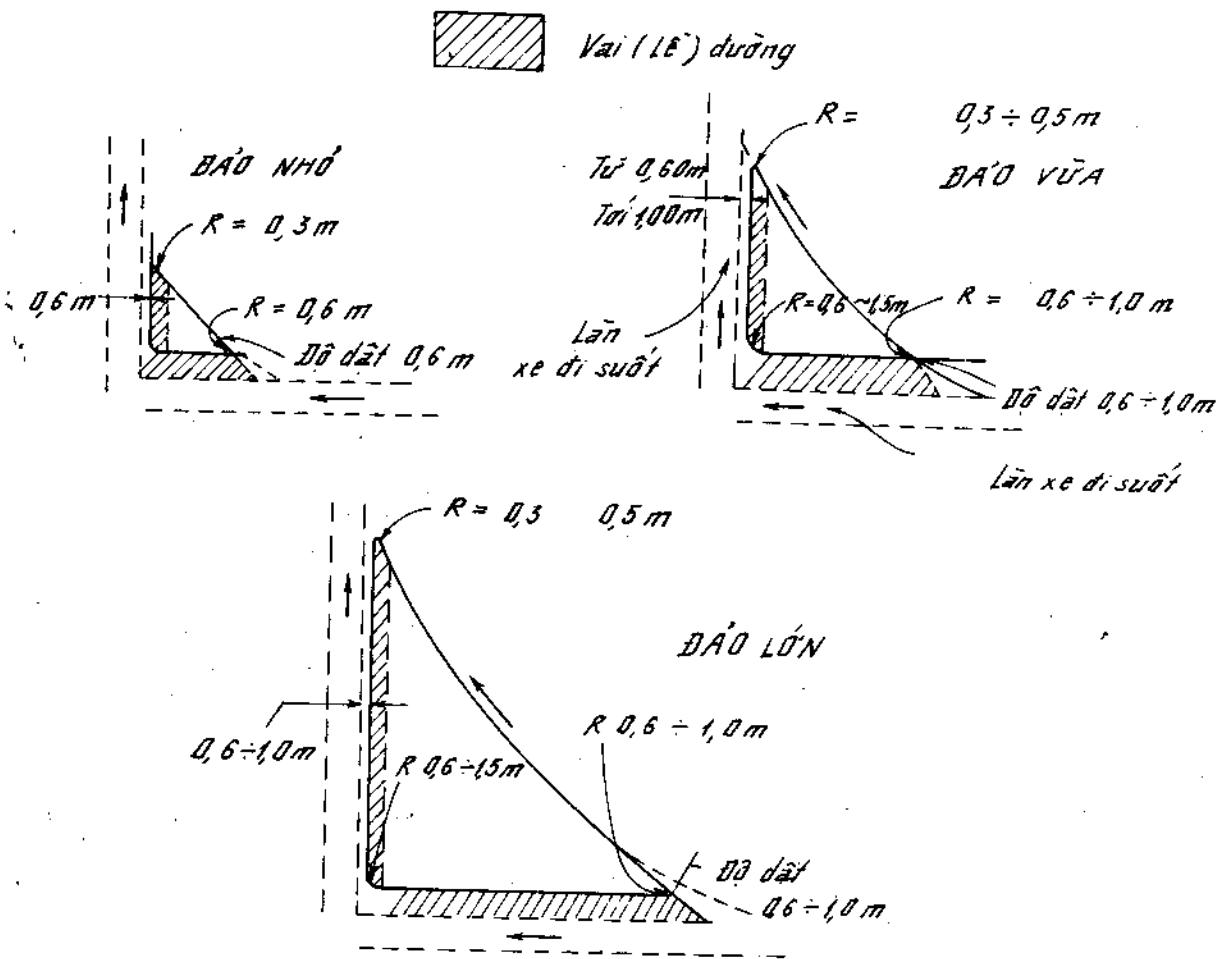
a - đảo tam giác rẽ phải làm nhiệm vụ đảo trừ chân ; b - đảo phân cách ; c - đảo giọt nước làm nhiệm vụ đảo trừ chân.



Vạch kẻ sơn, màu tương phản



Hình 7-13. Chi tiết mép đảo có bao đá vỉa, đường không có lề đường (có vỉa hè).



Hình 7-14. Chi tiết mép đảo có bao đá vữa, đường có lề đường (không có vỉa hè)

trường hợp đảo gây trở ngại cho giao thông, chứng có là nhiều đảo làm xong là bị xe đâm vỡ vì vị trí bất hợp lý của nó.

Để chắc chắn, trước khi cấu tạo chính thức, người ta làm các đảo tạm, giới hạn bằng các thanh chắn di chuyển được, sau đó theo dõi sự vận động trong thực tế, điều chỉnh lại trước khi xây cố định. Đây cũng là một biện pháp tốt.

Nguyên tắc chung khi bố trí đảo trong nút là :

- Làm ít đảo hơn là làm nhiều đảo.
- Làm đảo lớn hơn là làm đảo nhỏ.
- Tạo thuận lợi cho hướng ưu tiên, hạn chế và gây khó khăn cho các hướng không khuyến khích và hướng cấm trước khi cần biển báo cấm.
- Tạo thành một nút giao thông càng đơn giản càng tốt để người lái xe dễ nhận đường.

7.3. NÚT GIAO THÔNG HÌNH XUYẾN

Nút giao thông hình xuyên là một loại hình đặc biệt, có một đảo lớn ở trung tâm, trong nút tất cả xe cộ đều chạy ngược chiều kim đồng hồ trên phần xe chạy quanh đảo trung tâm. Đặc điểm cơ bản của loại hình này là trong nút, tất cả các điểm cắt đều chuyển thành các điểm nhập và tách (hình 7-12).

Nút giao hình xuyên có đặc điểm đầu tiên là an toàn, ít cần cảnh sát theo dõi và điều khiển. Nút rất thích hợp cho các tuyến giao có lượng xe gần cân bằng. Khi một tuyến ít xe thì nên dùng đèn điều khiển mà không nên làm dạng hình xuyên. Nút cũng thích hợp khi phải nối nhiều đường, các ngã năm, ngã sáu. Đặc biệt là quảng trường ngôi sao ở Paris đã nối 12 tuyến bằng 2 phần xe chạy song song.

Nút hình xuyên gây nhiều trở ngại cho xe thô sơ vì đường rẽ trái kéo quá dài. Sau đó là diện tích đất đai chiếm quá lớn, vì vậy ít dùng trong khu vực nội thành, trừ các nút lịch sử (làm trong đầu thế kỉ 20) phần nhiều là các quảng trường lớn có bốn hoa, đài phun nước, tượng đài...

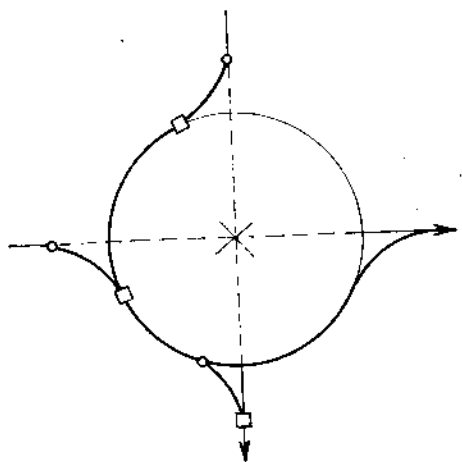
Vì phải bám theo quanh đảo và phải xếp hàng nên tốc độ xe chạy trong nút không cao. Trong thành phố, thường lấy từ 25 đến 50 km/h. Trên đường ngoài thành phố, khi tốc độ thiết kế của tuyến dẫn từ 50 đến 70 km/h thì tốc độ trong nút lấy từ 40 đến 60 km/h. Khi tốc độ thiết kế trên tuyến dẫn vượt quá 100 km/h thì nên chọn loại hình khác cho thích hợp.

Một chi tiết quan trọng cần chú ý là phải đảm bảo chiều dài đoạn chuyển làn, vì không đảm bảo chiều dài này có nghĩa là vẫn tồn tại giao cắt. Người ta thấy khi xe sàng ngang 1m, mất thời gian là 1 giây. Vậy chuyển ngang 1 lần xe cần :

$$l_{cl} = (3 \sim 4)v$$

trong đó : v là tốc độ xe chạy, m/s.

Chiều dài đoạn chuyển làn còn phụ thuộc vào số xe cần chuyển làn, khi xe đông thì chiều dài cần để chuyển làn lớn. Như vậy ngoài yêu cầu theo (7-8) thể hiện trong bảng 7-5. ta còn phải thỏa mãn yêu cầu trong bảng 7-6.



Hình 7-15. Nguyên tắc chuyển đổi điểm cắt thành điểm nhập và tách trong nút hình xuyên.

Bảng 7-5

Chiều dài đoạn chuyển làn, m

Tốc độ xe chạy trong vòng xuyên, km/h	42	48	56	64
Chiều dài tối thiểu của đoạn chuyển làn, m	45	54	63	82

Khả năng chuyển làn của xe

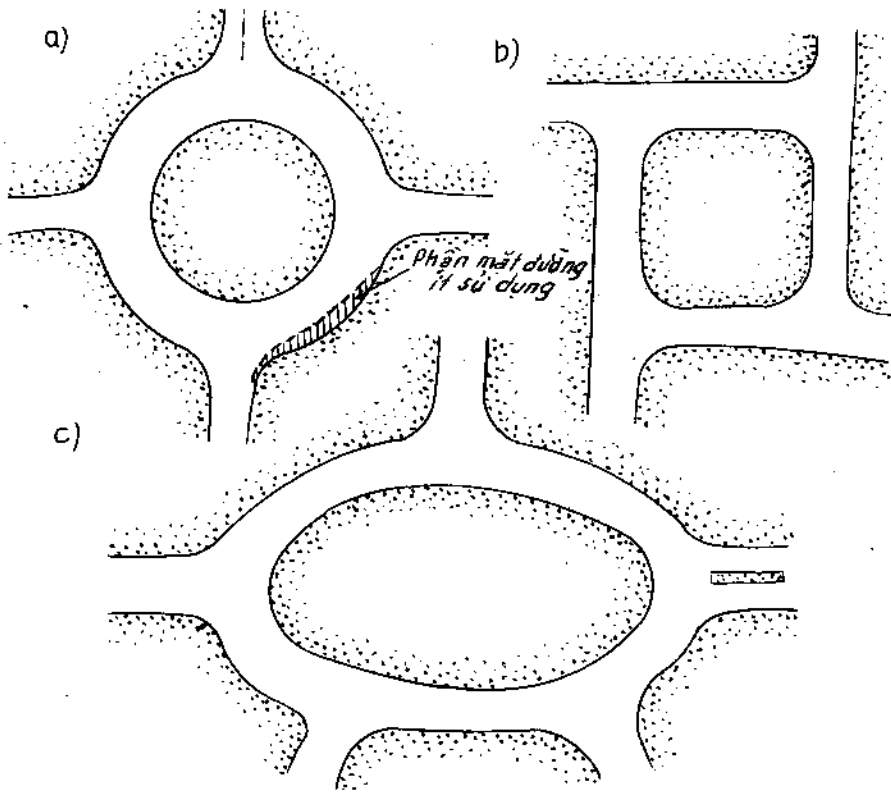
Chiều dài đoạn chuyển làn, m	30	60	90	120	150	180
Số xe có thể sang ngang với tốc độ 48 km/h	750	1100	1350	1600	1750	1800
64 km/h	350	600	750	900	1050	1200

Như vậy kích thước đảo trung tâm trong thực tế không phải do tốc độ xe chạy quyết định, mà chủ yếu là do chiều dài đoạn chuyển làn và số xe có thể chuyển làn được quyết định.

Khi lựa chọn sơ bộ, có thể theo hướng dẫn của quy trình Liên Xô cũ (bảng 7-6).

Về hình dáng của đảo trung tâm, đảo có thể có hình tròn, hình vuông, hình thoi, hoặc là hình elip, trục dài hướng dọc theo luồng xe ưu tiên, (hình 7-13).

Trong đảo hình tròn, trên thực tế có nhiều diện tích xe không sử dụng tới (phần gạch chéo trên hình 7-16a). Vì vậy hợp lý là dùng hình 7-16b. Trong thành phố có thể dùng dạng hình vuông, hình chữ nhật 7-16b. Loại này hợp lý vì hạn chế tốc độ xe vào nút để tăng cường an toàn và tăng tốc độ xe chạy ra khỏi nút. Trong thành phố, đôi khi cho phép xe diện đặc biệt cắt qua đảo trung tâm.



Hình 7-16. Một số đảo trung tâm trong nút giao thông hình xuyên.
a - đảo tròn ; b - đảo vuông ; c - đảo elip.

Về đường dẫn, thường thêm vào đường dẫn ngoài nút 1 làn xe, nhưng tổng chiều rộng của đường dẫn không quá 4 làn xe. Thường tuyến dẫn tới là 2 làn xe. Một số tác giả Nga chủ trương ở cửa vào làm bán kính nhỏ cho xe phải giảm tốc. Nhưng người Anh lại khuyến cáo, góc giao 90° và bán kính nhỏ thì xe sẽ bị giảm tốc và xe sau dễ đâm vào xe trước. Điều này còn tồn nghi. Nhưng dù sao, họ cũng đề nghị bán kính xe vào nút không lớn hơn 100m để xe không vào nút với tốc độ cao.

Phần xe chạy giữ nguyên theo đường dẫn tới đa và không lớn hơn 15m. Để dễ thoát nước, làm dốc từ tâm đảo ra ngoài, như vậy cũng hợp với hướng của các siêu cao. Khi phần xe chạy rộng có thể xét làm trắc ngang hai chiều, lúc đó chân đảo phải có hàm ếch thu nước.

7.4. NÚT GIAO THÔNG KHÁC MỨC

Nút giao thông khác mức là nút giao thông trong đó các xung đột được hóa giải bằng các công trình cầu hay hầm. Sự lưu thông giữa các hướng được giải quyết bằng các đường nhánh nối.

Các nút giao thông khác mức không nên bố trí gần nhau vì cần khoảng cách cấu tạo (trộn dòng, bố trí báo hiệu, tăng giảm tốc).

Khoảng cách tối thiểu giữa các nút giao thông khác mức liên thông (có đường nhánh nối) là 4 km, nên là từ 15 km đến 25 km. Nếu ở các khu công nghiệp quan trọng có thể cách nhau từ 5 km đến 10 km.

Các nút khác mức liên thông phải cách cửa hầm ít nhất từ 1,5 đến 4 km, cách các bãi nghỉ lớn dọc tuyến 3 đến 5 km.

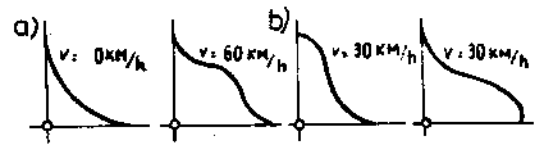
Khi các nút giao thông khác mức liên thông cách nhau quá 30 km thì phải thiết kế các chỗ quay đầu xe, tại đó có người quản lý để xe đỡ nhầm, hoặc xe cứu hộ quay đầu xe.

Công trình : Việc lựa chọn cho tuyến nào đi trên công trình, tuyến nào đi trên nền tự nhiên phụ thuộc vào địa hình, sau đó phụ thuộc vào cường độ hoặc tương quan tầm quan trọng giữa các tuyến. Tuyến có tầm quan trọng lớn hơn được ưu tiên có trắc dọc thuận lợi về sức kéo (không phải leo dốc) và có tầm nhìn tốt. Trụ và mố cầu cố gắng đảm bảo tầm nhìn, đầm nền dùng đầm mút thừa và mố thoải.

Công trình thường là đặt trên một đường cong đứng lồi, nhiều khi lại kết hợp với đường cong bình đồ nên công trình cầu thuộc loại khó cấu tạo, phải làm cao siêu cao, mở rộng như yêu cầu của tuyến và thường dùng phương pháp đổ bê tông tại chỗ. Để rút ngắn chiều dài công trình, tranh thủ áp dụng dốc dọc tối đa, nhưng khi có xe thô sơ thì nghĩ tới 2 phương án, làm thoải dưới 2,5% hoặc làm dốc và xe phải dắt.

Nhánh nối : Chiều rộng của nhánh nối thường là hai làn xe, khi lưu lượng xe ít, có thể làm phần xe chạy một làn xe với điều kiện lề đường có gờ hoặc bao bằng đá vữa thấp, vượt qua được (vì phải tính đến trường hợp một xe chết, xe khác vượt qua lề hoặc trèo qua đá vữa). Khi bao bằng đá vữa cao thì phải làm 2 làn xe.

Các nhánh nối rẽ phải thường nằm trong một góc phần tư, cấu tạo không khó khăn. Tùy theo tốc độ thiết kế, tùy theo địa hình và tùy theo khả năng kết hợp với các nhánh nối rẽ trái có thể chọn một trong các cấu tạo trong hình 7-17.

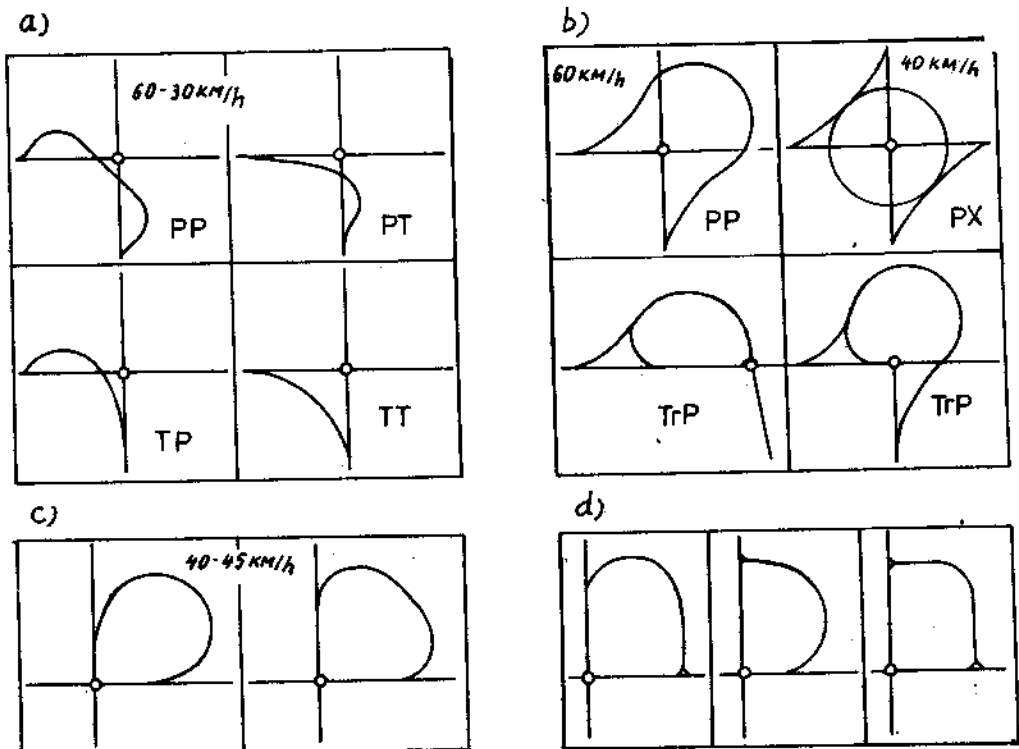


Hình 7-17. Nhánh nối rẽ phải.

- a - nối đường cấp cao với đường cấp cao ;
b - nối đường cấp thấp với đường cấp cao.

Các nhánh nối rẽ trái phức tạp hơn, thường gây nhiều khó khăn khi cấu tạo. Tùy theo yêu cầu của giao thông rẽ trái,

người ta có thể chọn các đường nhánh nối rẽ trái trực tiếp, không vượt qua điểm giao (hình 7-18a), rẽ trái bán trực tiếp, xe vượt qua điểm giao và quay xe 90° (hình 7-18b) rẽ trái gián tiếp, xe phải quay một góc 270° và tạo nên một vòng nối (hình 7-18c). Các kí hiệu trên hình vẽ có ý nghĩa như sau, chữ đầu chỉ hình thức tách dòng, chữ thứ hai là hình thức nhập dòng. P là tay phải, T là tay trái. Hình thứ nhất trong hình 7-18a ghi chữ PP có nghĩa là đường nhánh nối này, khi tách khỏi dòng cũ, xe rẽ về tay phải, khi nhập dòng mới, xe nhập vào phía phải như vậy an toàn hơn nhiều so với hình thứ tự kí hiệu TT, tách dòng và nhập dòng đều



Hình 7-18. Nhánh nối rẽ trái.

- a - nhánh nối rẽ trái trực tiếp ; b - rẽ trái bán trực tiếp ; c - rẽ trái gián tiếp ;
d - nhánh nối giữa đường cấp cao với đường cấp thấp còn tồn tại một nút cùng mức
($v = 25 + 30 \text{ km/h}$) (P : phải ; T : trái ; Tr : trực tiếp ; X : xuyên).

không bình thường (về phía tay trái). Loại rẽ trái trực tiếp thường phải làm nút giao 3 tầng, trong khi các loại khác yêu cầu giao 2 tầng.

Hình nhỏ thứ hai trong hình 7-18b kí hiệu PX là tách dòng tay phải sau đó chạy theo vòng xuyên.

Hai hình nhỏ trong hình 7-18c là đường nhánh nối quen thuộc trong nút giao thông điển hình, nút giao hoa thị.

Loại đường nhánh rẽ trái gián tiếp được xét để sử dụng khi lượng xe rẽ trái nhỏ hơn 500 xeqd/h, đường nhánh rẽ trái bán trực tiếp khi lượng xe rẽ trái lớn hơn 500 xeqd/h và loại đường nhánh rẽ trái trực tiếp được xét khi lượng rẽ trái trên 1500 xeqd/h.

Tốc độ để tính toán trong các đường nhánh rẽ được quy định trong bảng 7-7, tùy theo tốc độ xe chạy trên đường chính ngoài nút.

Bảng 7-7

Tốc độ tính toán các đường nhánh rẽ
(Đơn vị tính bằng km/h)

Tốc độ tính toán lớn nhất trong các đường	Đầu và cuối đường nhánh có làn chuyển tốc		Đầu và cuối đường nhánh không có làn chuyển tốc		Tốc độ tính toán của đường vòng nối
	Tốc độ tối thiểu nên dùng	Tốc độ tối thiểu tuyệt đối	Tốc độ tối thiểu nên dùng	Tốc độ tối thiểu tuyệt đối	
120	90	80	80	60	50
100	80	70	70	50	45
80	65	55	55	40	40
60	50	40	40	30	30

Nhắc lại là trong nút giao thông, hệ số lực ngang được phép dùng là 0,25.

Mặt cắt ngang của các đường nhánh rẽ khi dài dưới 80 m được thiết kế một làn xe, khi dài hơn 80 m, có thể làm 1 làn xe nhưng phải bố trí lề gia cố cho phép xe vượt một xe tải đỗ trên đường (trường hợp xe hỏng).

Sau khi phân tích giao thông để lựa chọn loại hình đường nhánh nối, phân tích địa hình và đất đai có thể triển khai nút, tạo nên rất nhiều hình thức phong phú đáp ứng nhu cầu giao thông.

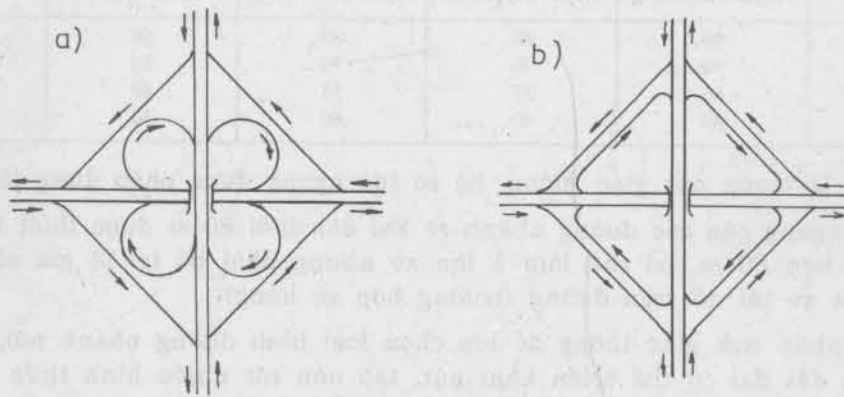
Nút giao hoa thị. Nút giao hoa thị là loại hình rất kinh điển. Hai tuyến đường chính giao nhau nhờ công trình cầu hay hầm. 4 đường nhánh nối rẽ phải và 4 đường nhánh nối rẽ trái gián tiếp đảm bảo thông thoát mọi yêu cầu chuyển hướng của xe, (hình 7-19). Một lợi thế của loại hình này là nó đã trở nên quen thuộc với nhiều lái xe.

Loại hình này thích hợp khi hai đường chính tương đương giao nhau, lượng xe rẽ trái không nhiều, toàn dùng các đường nhánh nối rẽ trái gián tiếp. Hai đường nhánh nối, rẽ phải và rẽ phải còn có thể nhập lại thành một phần xe chạy hai chiều để tiết kiệm đất và công trình, (hình 7-20).

Trường hợp một hướng rẽ trái nào đó có lượng xe lớn, thí dụ hướng BC ta có thể có nút hoa thị với một đường rẽ trái bán trực tiếp (hình 7-21a), hoặc một đường rẽ trái trực tiếp (hình 7-21b) hay (7-21c).



Hình 7-19. Nút giao kiểu hoa thị hoàn chỉnh.



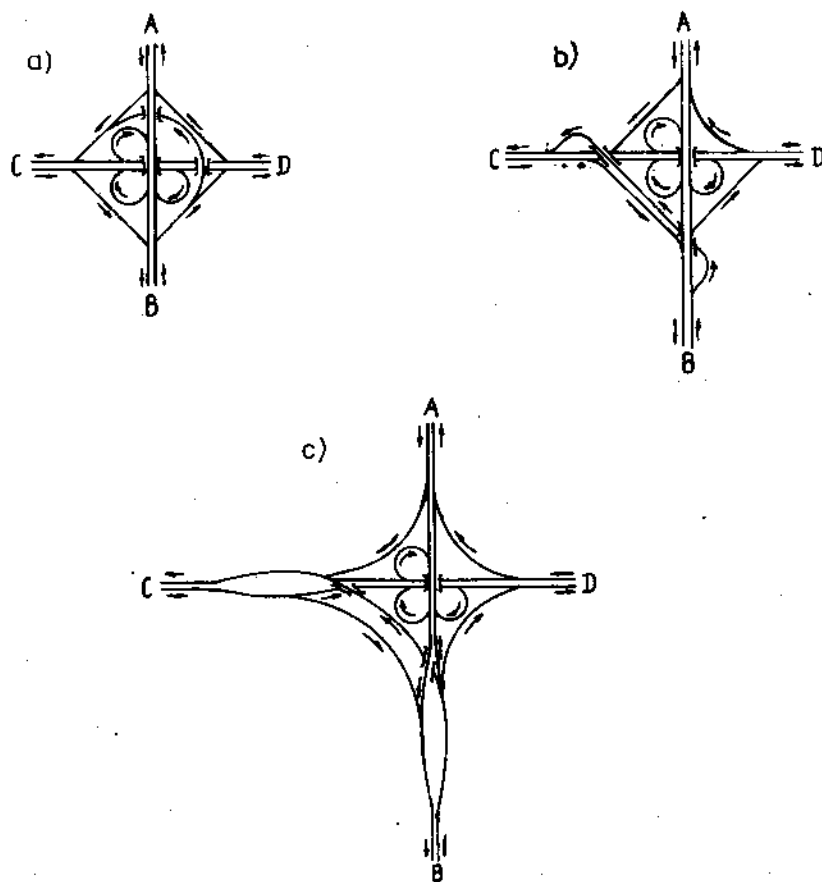
Hình 7-20. Nút hoa thị.

a - có 8 đường nhánh nối ; b - đã kết hợp lại còn 4 đường nhánh nối 2 chiều.

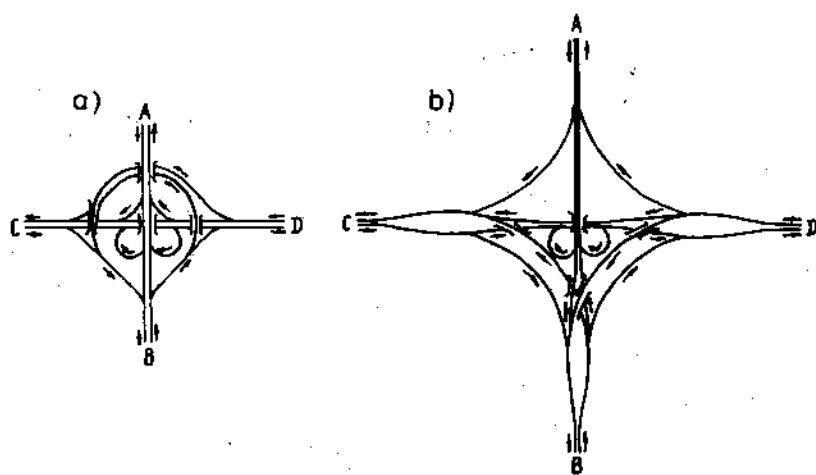
Độc giả có thể tham khảo các cấu tạo điển hình khi có hai yêu cầu rẽ trái lớn BC và DB (hình 7-22a bán trực tiếp và hình 7-22b trực tiếp) và hai yêu cầu rẽ trái lớn BC và AD (hình 7-23a, trực tiếp và hình 7-23b bán trực tiếp).

Chúng ta có thể gặp nhiều nút cấu tạo đa dạng nhưng tựu trung cũng không ngoài sự phân tích theo phương pháp nói trên và các đặc điểm về địa hình.

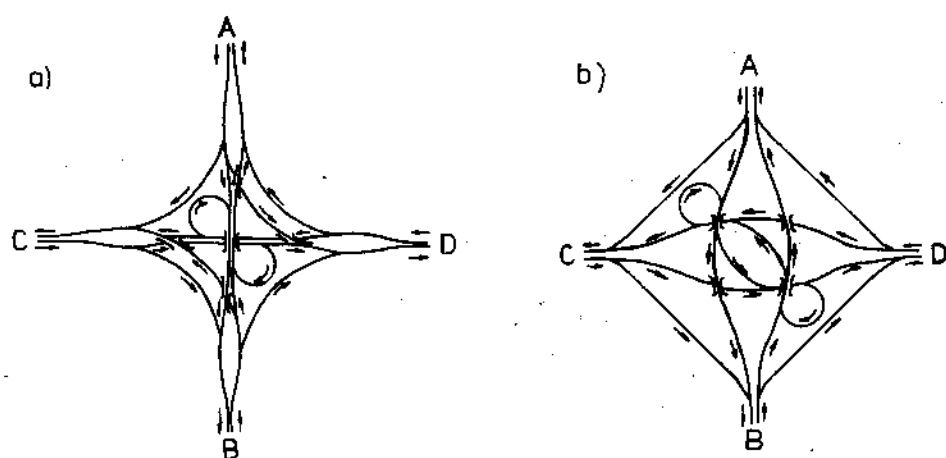
Khi ta tập hợp tất cả các đường nhánh nối rẽ phải và rẽ trái chạy trên một vòng xuyên theo chiều ngược kim đồng hồ thì ta có nút khác mức vòng xuyên 2 cầu hoặc 5 cầu, (hình 7-24). Hình 7-25a giới thiệu một biến tướng khác, các đường nhánh nối tập hợp thành 4 đường, gọi là nút hình thoi áp dụng cho một đường cấp



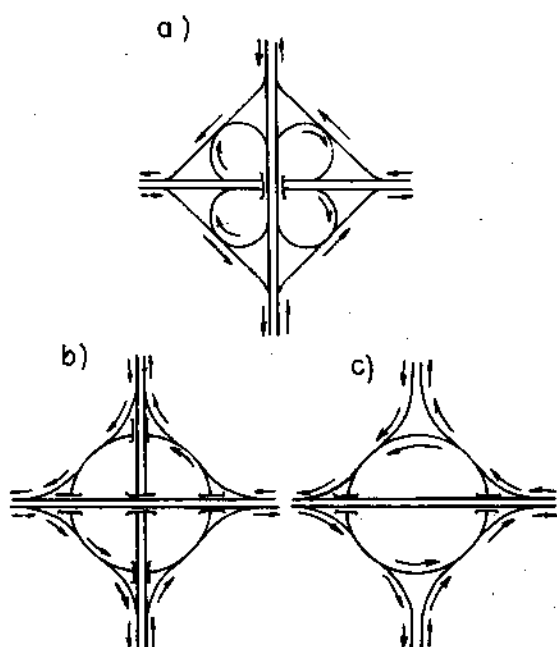
Hình 7-21. Nút hoa thị có yêu cầu rẽ trái BC lớn.
a - rẽ trái bán trực tiếp ; b - rẽ trái trực tiếp ; c - phương án II rẽ trái trực tiếp.



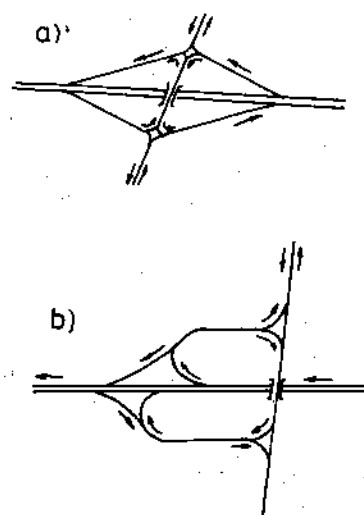
Hình 7-22. Nút hoa thị có 2 yêu cầu rẽ trái lớn BC và DB.
a - rẽ trái bán trực tiếp ; b - rẽ trái trực tiếp.



Hình 7-23. Nút hoa thị có 2 hướng rẽ trái quan trọng BC và AD.
a - rẽ trái trực tiếp; b - rẽ trái bán trực tiếp.

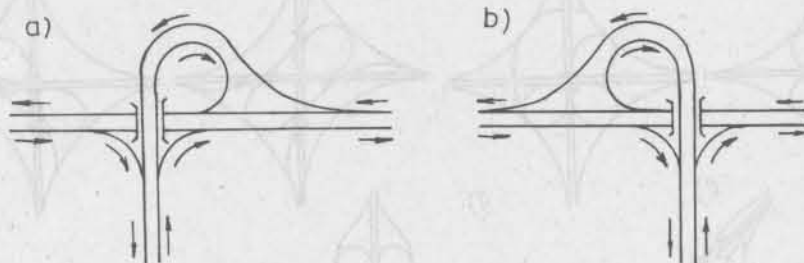


Hình 7-24. a - nút hoa thị;
b - nút hình xuyên khác mức 5 cầu;
c - nút hình xuyên khác mức 3 cầu.



Hình 7-25
a - nút khác mức hình thoi;
b - nút giao với đường sông.

cao cắt một đường cấp thấp. Độc giả có thể thấy nhiều điểm giao cắt tồn tại trên đường cấp thấp. Hình 7-25b là phương án thường áp dụng khi giao với một đường ven sông (quảng trường trước cầu) hay khi đất đai bị hạn chế bên kia đường cấp thấp hơn.



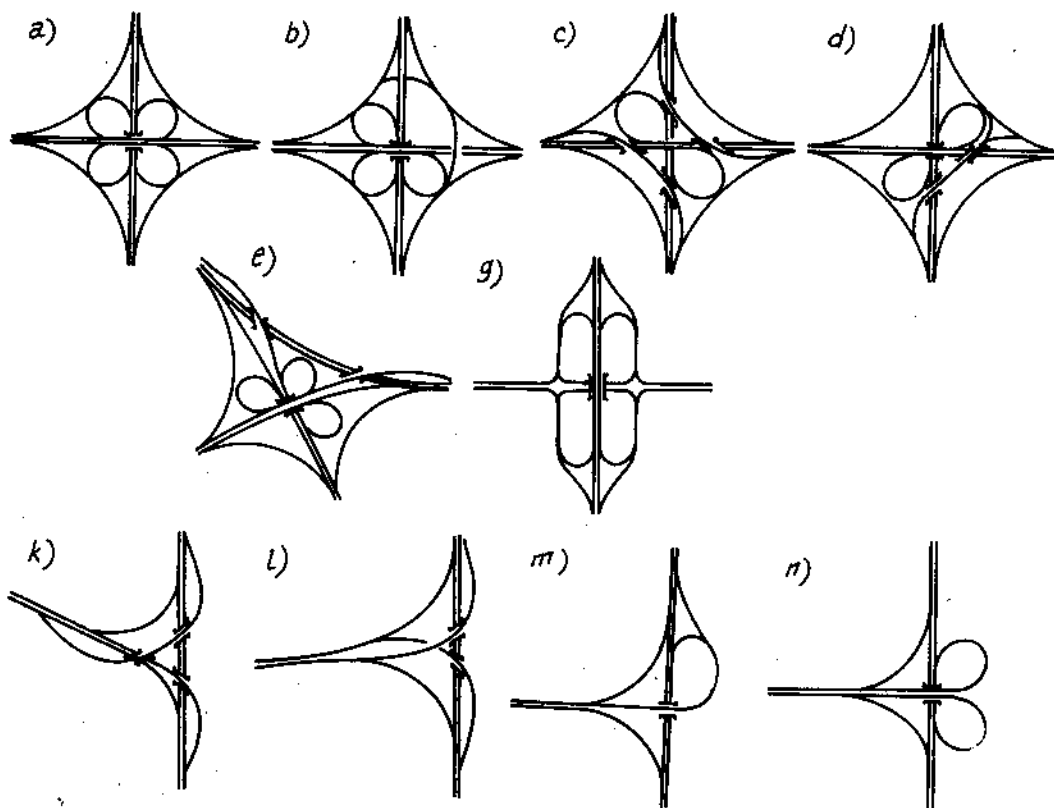
Hình 7-26. Nút ngã ba khác mức.
a - kiểu loa kèn thuận ; b - kiểu loa kèn nghịch.

Nút ngã ba khác mức. Nút ngã ba khác mức có hai đường nhánh nối, một đường rẽ trái từ đường chính và một đường rẽ trái từ đường phụ là phức tạp nhất. Tùy theo tầm quan trọng tương đối, ta dùng nhánh nối rẽ trái gián tiếp cho đường phụ thì được *nút loa kèn thuận* (hình 7-26a), dùng đường nhánh rẽ trái gián tiếp cho đường chính thì được *nút loa kèn nghịch* (hình 7-26b). Khi cả 2 hướng rẽ trái đều quan trọng thì có thể áp dụng *ngã ba khác mức hình tam giác* (hình 7-27)



Hình 7-27. Nút ngã ba khác mức kiểu hình tam giác.

Cuối cùng chúng tôi giới thiệu một số phương án các nút khác mức, người đọc phân tích các đường nhánh nối để tìm ra ưu tiên của chúng. Sau đó thử suy luận ra các trường hợp thích hợp để vận dụng. Bài tập nhỏ này sẽ có lợi ích với bạn đọc (hình 7-28).



Hình 7-28. Một số phương án nút để bạn đọc tập phân tích.

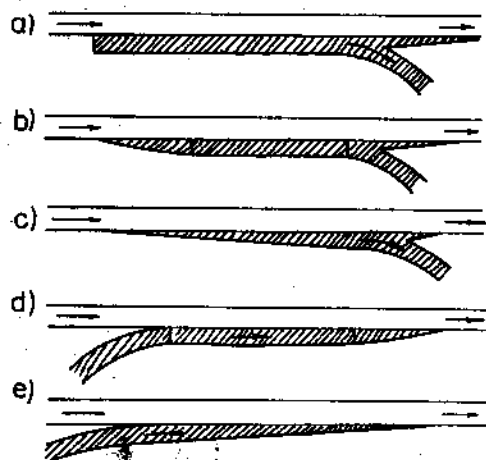
7.5. CÁC LÀN CHUYỂN TỐC

Xe từ các luồng đường cấp hạng khác nhau phải chuyển hướng, xe từ đường nhánh nối vào đường chính và ngược lại đều phải chuyển tốc độ và tìm cơ hội tham gia vào luồng xe mới. Đây là nơi tập trung nguy hiểm của nút giao nhau khác mức.

Khi lượng xe chuyển làn không lớn thì không cần làn chuyển tốc. Khi lượng xe ra (hoặc vào) đường cấp 120 trên 25 xe/nd, đường cấp 100 trên 50 xe/nd và từ cấp 80 trở lên trên 100 xe/nd thì cần làn chuyển tốc.

Chiều dài cơ bản của đoạn tăng và giảm tốc được tính :

$$L_{ct} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26.a} \quad (m)$$



Hình 7-29. Cấu tạo làn giảm tốc a, b, c và làn tăng tốc d và e.
1 - đoạn giảm tốc ; 2 - đoạn vượt ; 3 - đoạn tăng tốc.

(7-9)

trong đó : V_1, V_2 là tốc độ xe chạy ở đầu và cuối đoạn chuyển tốc km/h ;

a - gia tốc, khi hãm xe có thể lấy 1,75 tới 2,5 m/s^2 và khi tăng tốc lấy 0,8 đến 1,2 m/s^2 .

Khi dốc dọc lớn hơn 2% thì phải xét kể tới dốc dọc.

Đoạn chuyển tốc thường song song với làn ngoài cùng của đường chính, nối tiếp bằng 2 đoạn vuốt. Đoạn vuốt mở rộng khi giảm tốc thường là nơi nguy hiểm, xe sau dễ xô vào xe trước nên ít khi bố trí đơn giản như hình 7-29b hay (1m mở rộng trên chiều dài 10m) mà hay mở rộng đột ngột theo 2 phương án hình 7-29a. Hình 7-29d và e là trường hợp tăng tốc. Khi xe trên đường chính đông, nhiều khi tăng tốc xong, chưa có điều kiện nhập dòng, lúc đó không thể dừng xe hoặc giảm tốc được mà tiếp tục kéo dài chờ xe chờ nhập vào đường chính.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington 1994.
2. Babkov V. and Zamakhaev M. Highway Engineering. Mir Publisher. Moscow 1987.
3. Nguyễn Quang Chiêu, Đỗ Bá Chương, Dương Học Hải, Nguyễn Xuân Trục. Thiết kế đường ô tô. NXB Giao thông vận tải. Hà Nội 1990.
4. CHXHCNVN. Tiêu chuẩn Việt Nam. Đường ô tô. Tiêu chuẩn thiết kế. TCVN 4054 : 1998. Hà Nội 1998.
5. Đỗ Bá Chương. Routes. Polycopie. USTO. Oran 1992.
6. Đặng Hữu, Đỗ Bá Chương, Nguyễn Xuân Trục. Sổ tay thiết kế đường ô tô. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1976.
7. Morlok E.K. Introduction to Transportation Engineering and Planning. Mc Graw-Hill. Tokyo 1978.
8. Salter R.J. Highway Traffic Analysis and Design. Mc Millan. Reprinted 1985.
9. Silianov V.V. Lí thuyết dòng xe trong thiết kế và khai thác đường. Bản tiếng Việt. Người dịch : Đỗ Bá Chương, Nguyễn Hào Hoa. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1986.
10. Highway Capacity Manual. 1985.
11. Một số quy trình thiết kế đường của các nước như Pháp (ICTARN), Algérie (B40) ; Thụy Điển (TY 124E), Malaixia...
12. Một số các bài báo trong Revue générale des Routes et des Aérodrômes.
13. Бавков. В. Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог. Транспорт. Москва 1989.
14. Федотов Г. А. Проектирование автомобильных дорог. Транспорт. Москва 1989
15. Đỗ Bá Chương. Thiết kế đường ô tô. Tập Một. NXB Giáo dục. Hà Nội 1996.
16. CHXHCNVN. Tiêu chuẩn Việt Nam. Đường ô tô cao tốc. Tiêu chuẩn thiết kế. TCVN 5729 : 1997. Hà Nội 1997.
17. Design Manual. Washington State Department of Transportation Engineering Publications PoBox 47400 1998 Internet Http : // www.wsdot.wa.gov.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1	
KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG Ô TÔ	
1.1. Vận tải, một ngành kinh tế quốc dân quan trọng	5
1.2. Các hình thức vận tải	5
1.3. Xe trên đường ô tô	7
1.4. Đường ô tô	9
1.5. Mạng lưới đường ô tô và cấp hạng kĩ thuật của đường	10
1.6. Môn học thiết kế đường ô tô	13
Chương 2	
SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA XE TRÊN ĐƯỜNG	
2.1. Lực cản của xe trên đường	14
2.2. Lực kéo của ô tô	17
2.3. Nhân tố động lực và biểu đồ nhân tố động lực	19
2.4. Lực bám của bánh xe với mặt đường	24
2.5. Sự hãm xe	26
2.6. Tầm nhìn xe chạy	28
2.7. Sự chuyển động của đoàn xe kéo móc	31
2.8. Tính hao tổn nhiên liệu và hao mòn lốp trên đường	33
Chương 3	
THIẾT KẾ ĐƯỜNG CONG NÀM	
3.1. Đặc điểm của sự chuyển động của ô tô trong đường cong	35
3.2. Lực ngang và hệ số lực ngang	36
3.3. Lựa chọn hệ số lực ngang	37
3.4. Siêu cao	41
3.5. Cấu tạo đoạn nối siêu cao	42
3.6. Lựa chọn bán kính đường cong nằm	44
3.7. Đường cong chuyển tiếp	45
3.8. Mở rộng phần xe chạy trong đường cong	52
3.9. Sự nối tiếp giữa các đường cong nằm	54
3.10. Bảo đảm tầm nhìn trên đường cong có bán kính nhỏ	54

Chương 4
THIẾT KẾ MẶT CẮT DỌC VÀ MẶT CẮT NGANG

4.1. Xác định độ dốc dọc của đường	57
4.2. Chiết giảm độ dốc dọc trong đường cong có bán kính nhỏ	61
4.3. Lựa chọn bán kính đường cong đứng	62
4.4. Cầm đường cong đứng	64
4.5. Nguyên tắc cơ bản thiết kế mặt cắt dọc	67
4.6. Phương pháp lập đồ thị tốc độ xe chạy và thời gian xe chạy	71
4.7. Bề rộng phần xe chạy	73
4.8. Lề đường	75
4.9. Làn phụ leo dốc	77
4.10. Năng lực thông hành của một làn xe	78
4.11. Xác định số làn xe trên trục ngang	83
4.12. Dải đất dành cho đường	85

Chương 5
QUY LUẬT CHUYỂN ĐỘNG CỦA DÒNG XE

5.1. Khái niệm chung về dòng xe	87
5.2. Các đặc trưng cơ bản của dòng xe	87
5.3. Quan hệ cơ bản của dòng xe	91
5.4. Giới hạn năng lực thông hành theo mô hình động lực học đơn giản	92
5.5. Chất lượng phục vụ của đường	93
5.6. Các mô hình nghiên cứu dòng xe	95
5.7. Khái niệm vận dụng lý thuyết xếp hàng trong thiết kế đường	98
5.8. Chỗ hạn chế và ảnh hưởng của chỗ hạn chế	100

Chương 6
THIẾT KẾ CẢNH QUAN ĐƯỜNG Ô TÔ

6.1. Mục đích thiết kế cảnh quan đường ô tô	102
6.2. Sự kết hợp giữa đường và cảnh quan môi trường	103
6.3. Di tuyến theo đường tang và di tuyến clothoide	109
6.4. Đảm bảo một tuyến đường điều hòa trong không gian	113
6.5. Dùng phối cảnh để kiểm tra sự đều đặn của tuyến đường	116
6.6. Ví dụ về cách dựng phối cảnh và đánh giá sự đều đặn của tuyến đường	121

Chương 7
NÚT GIAO THÔNG

7.1. Nút giao thông và các xung đột	125
7.2. Nút giao thông cùng mức	130
7.3. Nút giao thông hình xuyên	139
7.4. Nút giao thông khác mức	141
7.5. Các làn chuyển tốc	148
<i>Tài liệu tham khảo</i>	150
<i>Mục lục</i>	151
	151

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập VŨ DƯƠNG THUY

Biên tập lần đầu :

PHẠM THANH HƯƠNG

Biên tập tái bản :

NGÔ THANH BÌNH - BÙI MINH HIẾN

Trình bày bìa :

NGUYỄN ĐÌNH NGHĨA

Sửa bản in :

NGUYỄN MINH THU

Chế bản :

TRẦN THU HƯƠNG

THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ – Tập Một

Mã số: 7B30-IT5 - DA1

In 1000 bản, khổ 19x27 cm. Tại 34A Nguyễn Khoái-Công ty cổ phần in 15.
Giấy phép xuất bản số : 21/ 281 - 05 CXB cấp ngày 12 tháng 1 năm 2005.
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2005.