

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình “Kỹ thuật giao thông” được biên soạn để phục vụ cho chương trình giảng dạy đại học thuộc chuyên ngành Kỹ thuật giao thông đường bộ theo đề cương đã được phê duyệt của Trường Đại học Giao thông Vận tải. Ngoài ra, đây cũng là tài liệu tham khảo cho sinh viên thuộc các chuyên ngành khác của Khoa Công trình và các Cán bộ kỹ thuật ngoài sản xuất thuộc chuyên ngành Đường bộ.

Giáo trình được biên soạn dựa trên những tài liệu tham khảo cơ bản và có cập nhật những kiến thức mới nhất thuộc lĩnh vực Kỹ thuật giao thông đường bộ ở trong và ngoài nước, đặc biệt là những tài liệu ở những Quốc gia phát triển như Mỹ và Cộng hòa liên bang Đức.

Nội dung của giáo trình bao gồm 4 chương chứa đựng những kiến thức cơ bản trong lĩnh vực Kỹ thuật giao thông đường bộ: (i) Lý thuyết cơ bản của dòng xe; (ii) Lý thuyết xác suất thống kê trong phân tích dòng xe; (iii) Khả năng thông qua và mức phục vụ của đường và nút giao thông cùng mức; (iv) Thiết kế và tổ chức đỗ xe. Mỗi chương đều có những ví dụ minh họa cụ thể để làm sáng tỏ thêm nội dung lý thuyết.

Tác giả xin chân thành cảm ơn GS.TS. Bùi Xuân Cây, PGS.TS. Trần Thị Kim Đăng, ThS. Trần Việt Yên và các thầy, cô giáo thuộc bộ môn Đường Bộ Trường Đại học Giao thông Vận tải đã đọc và cho những nhận xét bổ ích để tác giả bổ sung, sửa chữa và hoàn thiện giáo trình này.

Đây là lần đầu tiên giáo trình này được biên soạn và xuất bản chính thức để phục vụ cho chuyên ngành mới “Kỹ thuật giao thông đường bộ” của Trường Đại học Giao thông Vận tải, vì vậy chắc chắn không tránh khỏi những hạn chế và thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được các ý kiến đóng góp của bạn đọc để lần xuất bản sau giáo trình được hoàn thiện hơn.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về TS. Đỗ Quốc Cường, Giảng viên Bộ môn Đường bộ, khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông Vận tải, số 3 phố Cầu Giấy, phường Láng Thượng, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội. Điện thoại: 04 37664531; Email: dqcuongdb@utc.edu.vn.

Hà Nội, tháng 10 năm 2015

TÁC GIẢ

Tailieu.vn

4 * KTGT.DBO

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
CHƯƠNG 1: LÝ THUYẾT CƠ BẢN CỦA DÒNG XE	9
1.1. GIỚI THIỆU CHUNG	9
1.2. CHUYỂN ĐỘNG CỦA XE ĐƠN CHIẾC	9
1.2.1. Phương trình chuyển động cơ bản của xe trên đường	9
1.2.2. Tính toán và mô tả quá trình chuyển động cơ bản của xe	16
1.3. CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA DÒNG XE.....	31
1.4. PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC CỦA DÒNG XE VÀ MỐI QUAN HỆ CƠ BẢN GIỮA CÁC THÔNG SỐ CỦA DÒNG XE	42
1.4.1. Phương trình liên tục của dòng xe	42
1.4.2. Quan hệ giữa mật độ và vận tốc dòng xe	43
1.4.3. Quan hệ giữa lưu lượng và vận tốc dòng xe.....	47
1.5. MÔ HÌNH DÒNG GIAO THÔNG	50
1.5.1. Mô hình vi mô	51
1.5.2. Mô hình vĩ mô	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 1	61
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1.....	62
CHƯƠNG 2. LÝ THUYẾT XÁC SUẤT - THỐNG KÊ TRONG PHÂN TÍCH DÒNG XE	63
2.1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	63
2.2. PHÂN BỐ DÒNG XE ĐẾN.....	63
2.3. PHÂN BỐ QUẢNG THỜI GIAN TRỐNG TRONG DÒNG XE.....	69
2.4. PHÂN BỐ VẬN TỐC	74
TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 2	77
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 2.....	78
CHƯƠNG 3: KHẢ NĂNG THÔNG QUA VÀ MỨC PHỤC VỤ CỦA ĐƯỜNG VÀ NÚT GIAO THÔNG CÙNG MỨC	79
3.1. KHẢ NĂNG THÔNG QUA VÀ MỨC ĐỘ PHỤC VỤ CỦA ĐƯỜNG.....	79
3.1.1. Khái niệm chung	79
3.1.2. Phương pháp HCM 2010 cho đường cao tốc	82
3.1.2.1. Giới thiệu chung	82
3.1.2.2. Mức phục vụ và các chỉ tiêu đánh giá mức phục vụ.....	82
3.1.2.3. Điều kiện cơ sở (lý tưởng)	85
3.1.2.4. Các bước tính toán	87
3.1.2.5. Các ví dụ tính toán	94

3.1.3. Phương pháp HCM 2010 cho đường 2 làn xe	108
3.1.3.1. Giới thiệu chung	108
3.1.3.2. Điều kiện cơ sở (lý tưởng)	110
3.1.3.3. Khả năng thông qua và mức phục vụ	111
3.1.3.4. Các bước tính toán	112
3.1.3.5. Các ví dụ tính toán	136
3.2. NÚT GIAO THÔNG TỔ CHỨC THEO LUẬT ĐƯỜNG ƯU TIÊN VÀ ĐƯỜNG KHÔNG ƯU TIÊN	146
3.2.1. Quy tắc giao thông tại nút	148
3.2.1.1. Nút giao ngã ba, ngã tư có biển báo đường ưu tiên	148
3.2.1.2. Nút giao hình xuyên có biển báo đường ưu tiên	149
3.2.2. Chất lượng dòng giao thông	149
3.2.2.1. Chỉ tiêu đánh giá chất lượng dòng giao thông	149
3.2.2.2. Các mức chất lượng của dòng giao thông	150
3.2.3. Các thông số ảnh hưởng	151
3.2.3.1. Thành phần dòng xe	151
3.2.3.2. Dòng ưu tiên	151
3.2.4. Khả năng thông qua của nút giao ngã ba và ngã tư	153
3.2.4.1. Khả năng thông qua cơ sở	153
3.2.4.2. Khả năng thông qua của dòng ưu tiên thứ 2	158
3.2.4.3. Khả năng thông qua của ưu tiên thứ 3 và thứ 4	158
3.2.4.4. Khả năng thông qua của làn hỗn hợp	162
3.2.4.5. Nút giao thông kép	169
3.2.5. Khả năng thông qua của nút giao thông hình xuyên	176
3.2.6. Đánh giá dòng giao thông	179
3.2.6.1. Khả năng thông qua dự trữ và thời gian chờ	179
3.2.6.2. Đánh giá chất lượng dòng giao thông	181
3.2.6.3. Kiểm tra chiều dài hàng chờ	181
3.2.7. Tóm tắt các bước tính toán và biểu mẫu tính toán	183
3.2.7.1. Các bước tính toán	183
3.2.7.2. Các biểu mẫu tính toán	185
3.2.8. Ví dụ tính toán	197
3.2.8.1. Ví dụ 1: Đánh giá nút ngã 3	197
3.2.8.2. Ví dụ 2: Đánh giá nút giao ngã 4	200
3.2.8.3. Ví dụ 3: Đánh giá nút giao thông hình xuyên	204
3.2.8.4. Ví dụ 4: Đánh giá nút giao thông kép	207
3.3. NÚT GIAO THÔNG TỔ CHỨC BẰNG ĐÈN TÍN HIỆU	212
3.3.1. Giới thiệu chung	212

3.3.2. Lưu lượng xe thiết kế	217
3.3.3. Chất lượng của dòng giao thông	217
3.3.3.1. Chỉ tiêu chất lượng dòng giao thông.....	217
3.3.3.2. Các mức chất lượng dòng giao thông	218
3.3.4. Tính toán kỹ thuật giao thông cho nút đơn.....	219
3.3.4.1. Thời gian đèn vàng	219
3.3.4.2. Pha và phân pha tín hiệu	224
3.3.4.3. Tính toán thời gian chuyển pha	226
3.3.4.4. Dòng bão hòa và khả năng thông qua của làn xe	230
3.3.4.5. Thời gian chu kỳ đèn	237
3.3.4.6. Thời gian đèn xanh	239
3.3.4.7. Thời gian chờ trung bình	240
3.3.4.8. Tính toán số lượng xe phải dừng trên nhánh nút	248
3.3.4.9. Độ bão hòa	249
3.3.4.10. Tính toán cho các dòng xe rẽ	251
3.3.4.11. Những trường hợp đặc biệt	256
3.3.4.12. Xác định chiều dài làn xe.....	261
3.3.4.13. Khả năng thông qua của nút	265
3.3.4.14. Xác định kích thước của nút giao thông tổ chức bằng đèn tín hiệu.....	266
3.3.5. Tóm tắt các bước tính toán và biểu mẫu tính toán	268
3.3.5.1. Các bước tính toán	268
3.3.5.2. Các biểu mẫu tính toán	269
3.3.6. Ví dụ tính toán.....	275
3.3.6.1. Ví dụ 1a: Nút giao thông ngã 4 loại lớn (giờ cao điểm buổi sáng)	275
3.3.6.2. Ví dụ 1b: Nút giao ngã 4 loại lớn (giờ bình thường)	283
3.3.6.3. Ví dụ 2: Nút giao ngã 4 loại nhỏ (giờ bình thường)	287
3.4. KHẢ NĂNG THÔNG QUA VÀ MỨC PHỤC VỤ CỦA ĐƯỜNG ĐI BỘ VÀ ĐƯỜNG XE ĐẠP	292
3.4.1. Đường đi xe đạp	292
3.4.2. Đường đi bộ	295
TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 3	303
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 3.....	305
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ VÀ TỔ CHỨC ĐỖ XE.....	310
4.1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	310
4.2. TÍNH TOÁN NHU CẦU ĐỖ XE	310
4.2.1. Phân tích giao thông tĩnh	310

4.2.1.1. Thu thập số chỗ đỗ xe hiện có	311
4.2.1.2. Khái niệm nhu cầu đỗ xe	311
4.2.1.3. Phương pháp khảo sát nhu cầu đỗ xe.....	314
4.2.1.4. Tính toán số lượng đỗ từ đồ thị giao thông đi và đến.....	318
4.2.1.5. Tính toán số lượng đỗ từ đồ thị giao thông đến và phân bố khoảng thời gian đỗ	321
4.2.2. Dự báo giao thông tĩnh	327
4.2.2.1. Nhu cầu đỗ xe tương lai.....	327
4.2.2.2. Xác định số chỗ đỗ xe tương lai	330
4.3. THIẾT KẾ ĐỖ XE.....	330
4.3.1. Cơ sở thiết kế.....	330
4.3.1.1. Kích thước xe.....	331
4.3.1.2. Kiểu đỗ.....	331
4.3.1.3. Kích thước chỗ đỗ xe.....	332
4.3.1.4. Bề rộng đường xe chạy trong bãi đỗ.....	333
4.3.2. Thiết kế đỗ xe trên đường.....	336
4.3.3. Thiết kế bãi đỗ xe và nhà đỗ xe.....	339
4.3.3.1. Thiết kế bãi đỗ xe	339
4.3.3.2. Thiết kế nhà đỗ xe.....	343
4.3.4. Sử dụng và vận hành công trình đỗ xe	348
4.4. TỔ CHỨC ĐỖ XE.....	353
4.4.1. Các giải pháp mang tính hạn chế.....	353
4.4.1.1. Cấm dừng, cấm đỗ	353
4.4.1.2. Cấm đỗ.....	354
4.4.1.3. Hạn chế thời gian đỗ	354
4.4.2. Các giải pháp liên quan đến phí đỗ xe.....	355
4.4.3. Sử dụng linh hoạt bãi đỗ xe.....	356
4.4.4. Hệ thống “Park and Ride”	356
4.4.5. Hệ thống dẫn hướng đỗ xe	357
TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 4	362
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 4.....	363

Chương 1

LÝ THUYẾT CƠ BẢN CỦA DÒNG XE

1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nói chung, thuật ngữ dòng giao thông được hiểu là quá trình chuyển động của phương tiện giao thông trên đường bao gồm chuyển động đều, tăng tốc, giảm tốc, vượt xe, chuyển động cắt dòng, nhập dòng, tách dòng giao thông và các hoạt động dừng xe, đỗ xe, chờ xe. Theo đó, chuyển động của tất cả xe đơn chiếc sẽ hình thành lên dòng xe và nó thể hiện những đặc tính động của dòng giao thông.

Khi người tham gia giao thông ở một mức độ tự do nào đó thì họ sẽ có những hành vi mang tính cá nhân. Tuy nhiên, khi lượng người tham gia giao thông tăng lên thì nó sẽ hạn chế mức độ tự do này. Khi đó, người tham gia giao thông phải quan sát và bị ảnh hưởng lẫn nhau. Hành vi mang tính tập thể sẽ được hình thành. Hơn nữa, có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến người tham gia giao thông (ví dụ thời tiết, qui tắc giao thông, hạ tầng giao thông) và điều này ảnh hưởng đến tính phức tạp của hành vi tham gia giao thông.

Vì vậy dòng giao thông sẽ được đặc trưng bởi 3 đặc tính: (i) tính đơn lẻ, (ii) tính tập thể, và (iii) tính phức tạp.

Khi lượng người tham gia giao thông lớn thì dòng xe sẽ được hình thành, vì vậy để có cái nhìn đầy đủ người ta thường thực hiện những khảo sát để nghiên cứu và mô tả dòng xe với sự hỗ trợ của phương pháp toán học thống kê. Để mô tả dòng giao thông người ta thường phải sử dụng một mô hình nào đó. Tùy thuộc vào mức độ tự do trong dòng giao thông mà người ta có thể sử dụng mô hình dòng ổn định hoặc mô hình dòng ngẫu nhiên. Với mô hình dòng ổn định, tính ngẫu nhiên được bỏ qua và tất cả người tham gia giao thông đều được gán một hành vi giống nhau. Mô hình này có xu hướng an toàn cho từng xe trong dòng xe. Trái lại, mô hình ngẫu nhiên có xem xét yếu tố ngẫu nhiên. Với mô hình này, từng thông số giao thông và tính thực tế của nó sẽ được xem xét như là những thông số ngẫu nhiên. Mặc dù mô hình ngẫu nhiên là rất quan trọng và có nhiều ý nghĩa nhưng việc xử lý toán học hầu như cực kì phức tạp. Vì vậy, người ta thường thực hiện giải pháp mô phỏng.

Kiến thức cơ bản về nguyên lý chuyển động của xe đơn chiếc sẽ là tiền đề cho việc nghiên cứu những mối quan hệ giữa các đại lượng của dòng giao thông và xây dựng mô hình dòng giao thông. Nội dung này sẽ được giới thiệu ở phần dưới đây.

1.2. CHUYỂN ĐỘNG CỦA XE ĐƠN CHIẾC

1.2.1. Phương trình chuyển động cơ bản của xe trên đường

Để mô tả chuyển động của xe đơn chiếc thì người ta sử dụng nguyên lý chuyển động của một chất điểm trên đường thẳng.

Giả sử coi quãng đường s như một đại lượng phụ thuộc vào thời gian t , $s = f(t)$ = $s(t)$ thì các đại lượng khác dưới đây sẽ được xác định (hình 1.1):

- Tốc độ theo thời gian $v(t)$ là sự thay đổi của quãng đường trong một đơn vị thời gian:

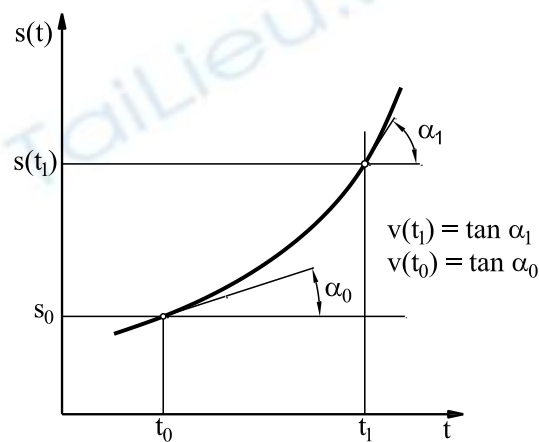
$$v(t) = \frac{ds}{dt} = \tan \alpha \quad (1.1)$$

- Gia tốc theo thời gian $a(t)$ là sự thay đổi của tốc độ trong một đơn vị thời gian:

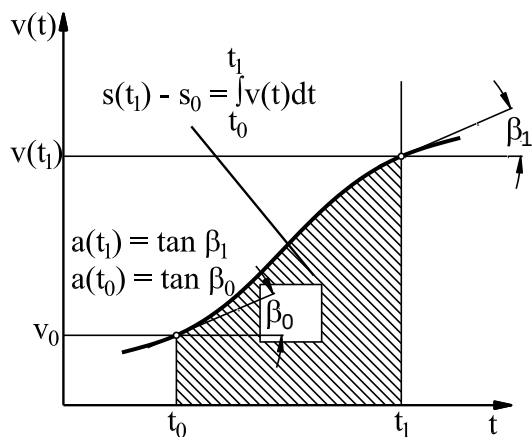
$$a(t) = \frac{dv}{dt} = \tan \beta \quad (1.2)$$

- Độ tăng gia tốc theo thời gian $k(t)$ là sự thay đổi của gia tốc trong một đơn vị thời gian:

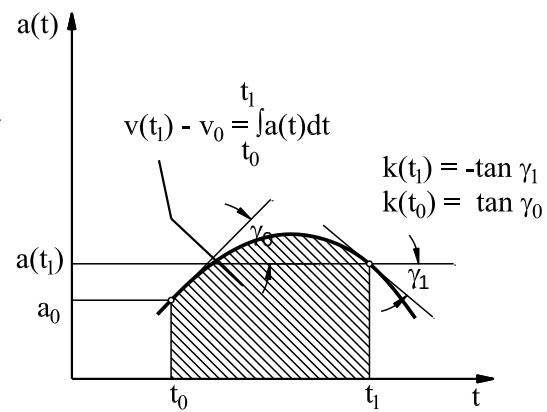
$$k(t) = \frac{da}{dt} = \tan \gamma \quad (1.3)$$



a) Đồ thị quãng đường – thời gian



b) Đồ thị vận tốc – thời gian



c) Đồ thị gia tốc – thời gian

Hình 1.1. Đồ thị mô tả chuyển động của xe

Với điều kiện biên ban đầu t_0 , s_0 , v_0 và a_0 ta sẽ nhận được các kết quả tại thời điểm t như sau:

- Quãng đường theo công thức (1.1) là:

$$s(t) = s_0 + \int_{t_0}^t v(t) dt \quad (1.4)$$

- Vận tốc theo công thức (1.2) là:

$$v(t) = v_0 + \int_{t_0}^t a(t) dt \quad (1.5)$$

- Gia tốc theo công thức (1.3) là:

$$a(t) = a_0 + \int_{t_0}^t k(t) dt \quad (1.6)$$

Thay công thức (1.5) vào công thức (1.4) ta có quãng đường:

$$s(t) = s_0 + \int_{t_0}^t v_0 dt + \iint_{t_0}^t a(t) dt \cdot dt \quad (1.7)$$

Thay công thức (1.6) vào công thức (1.5) ta có vận tốc:

$$v(t) = v_0 + \int_{t_0}^t a_0 dt + \iint_{t_0}^t k(t) dt \cdot dt \quad (1.8)$$

Thay công thức (1.8) vào công thức (1.4) ta lại có quãng đường như sau:

$$s(t) = s_0 + \int_{t_0}^t v_0 dt + \iint_{t_0}^t a_0 dt \cdot dt + \iiint_{t_0}^t k(t) dt \cdot dt \cdot dt \quad (1.9)$$

Nếu xem vận tốc như một đại lượng độc lập, ta có:

$$a(v) = \frac{dv}{dt}$$

Do đó ta nhận được quan hệ giữa thời gian – vận tốc:

$$t(v) = t_0 + \int_{v_0}^v \frac{dv}{a(v)} \quad (1.10)$$

Từ:

$$a(v) = \frac{dv}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \frac{dv}{ds} \cdot v$$

ta nhận được quan hệ quãng đường – vận tốc:

$$s(v) = s_0 + \int_{v_0}^v \frac{v \cdot dv}{a(v)} \quad (1.11)$$

Các công thức từ (1.4) đến (1.11) thể hiện quá trình chuyển động của xe đơn chiếc.

Đơn vị của các đại lượng trong các công thức: s [m]; t [s]; v [m/s]; a [m/s^2]; k [m/s^3].

Nếu tính vận tốc V theo đơn vị km/h thì thay: $v = V/3.6$.

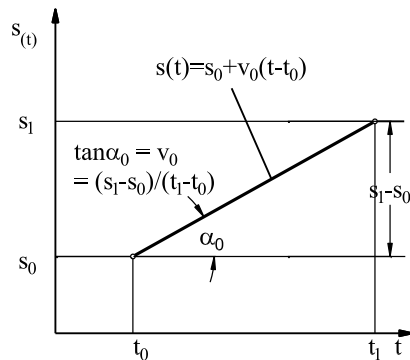
a) Chuyển động đều

Chuyển động đều là trường hợp đơn giản nhất nhưng lại là trường hợp rất quan trọng mà ở đó xe chạy với tốc độ đều trong khoảng thời gian nghiên cứu (hình 1.2).

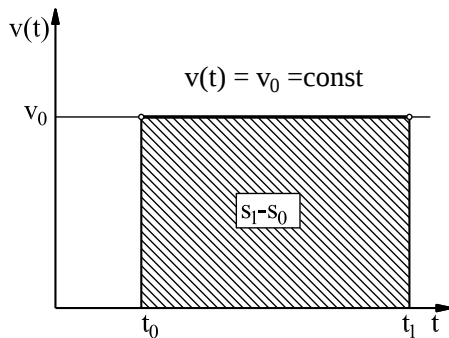
Theo trường hợp này ta có $k(t) = a(t) = 0$ và $v(t) = v_0 = \text{const}$

Từ công thức (1.4) ta có quãng đường:

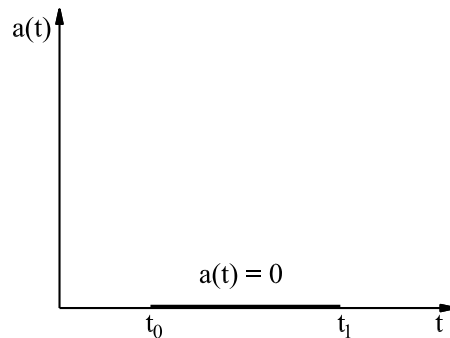
$$s(t) = s_0 + v_0(t - t_0) \quad (1.12)$$



a) Đồ thị $s - t$



b) Đồ thị $v - t$



c) Đồ thị $a - t$

Hình 1.2. Chuyển động đều của xe

b) Chuyển động tăng/ giảm dần đều

Với chuyển động tăng hoặc giảm dần đều thì vận tốc của xe sẽ tăng hoặc giảm dần đều trong một khoảng thời gian (hình 1.3).

Theo đó, ta có:

$$k(t) = 0 \quad \text{và} \quad a(t) = +a = \text{const (tăng tốc)}$$

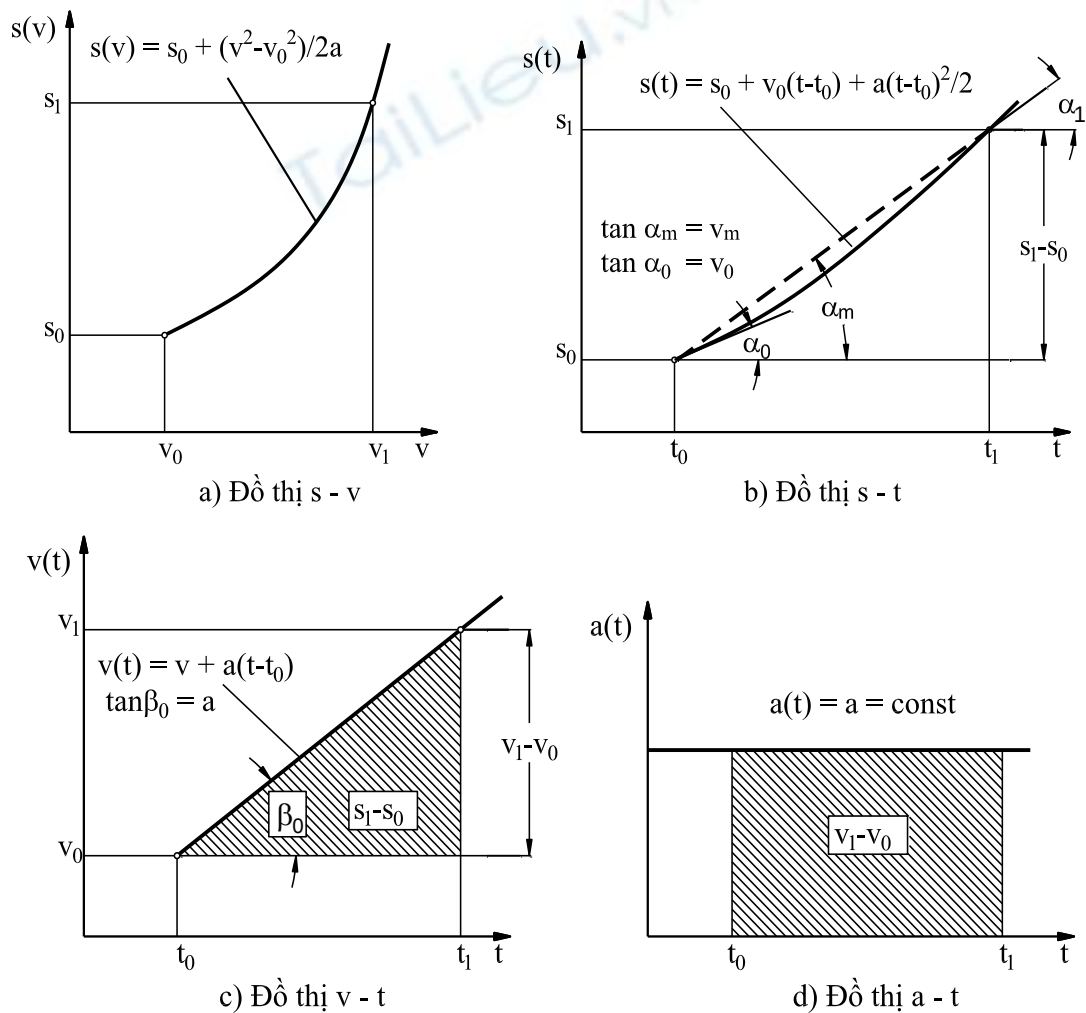
$$\text{và} \quad a(t) = -a = \text{const (giảm tốc)}$$

Từ công thức (1.5) ta có vận tốc theo thời gian là:

$$v(t) = v_0 + a(t-t_0) \quad (1.13)$$

Từ công thức (1.7) ta có quãng đường theo thời gian là:

$$s(t) = s_0 + v_0(t-t_0) + \frac{a(t-t_0)^2}{2} \quad (1.14)$$



Hình 1.3: Chuyển động tăng dần đều của xe

Từ công thức (1.11) ta có quãng đường theo vận tốc là:

$$s(v) = s_0 + \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad (1.15)$$

Từ công thức (1.13) và (1.14) ta có quan hệ giữa quãng đường và thời gian như sau:

$$s(t) = s_0 + \frac{(v_0 + v)(t - t_0)}{2} \quad (1.16)$$

Gọi $(v_0 + v)/2$ là tốc độ trung bình thì:

$$v_m = \frac{s(t) - s_0}{t - t_0} = \tan \alpha_m \quad (1.17)$$

Bảng 1.1. Các công thức tính toán chuyển động tăng/giảm tốc dần đều:

Tốc độ trung bình v_m [m/s]	$= \frac{s - s_0}{t - t_0} = \frac{v_0 + v}{2}$
Tốc độ tại thời điểm t, v [m/s]	$= v_0 + a(t - t_0)$ $= \sqrt{2a(s - s_0) + v_0^2}$ $= \frac{2(s - s_0)}{t - t_0} - v_0$
Thời gian t [s]	$= t_0 + \frac{v - v_0}{a}$ $= t_0 + \frac{2(s - s_0)}{v_0 + v}$ $= t_0 + \frac{1}{a} \left(\sqrt{v_0^2 + 2a(s - s_0)} - v_0 \right)$
Quãng đường s [m]	$= s_0 + v_0(t - t_0) + \frac{a(t - t_0)^2}{2}$ $= s_0 + \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ $= s_0 + \frac{(v_0 + v)(t - t_0)}{2}$
Gia tốc a [m/s²]	$= \frac{v - v_0}{t - t_0}$ $= \frac{v^2 - v_0^2}{2(s - s_0)}$ $= \frac{2(s - s_0)}{(t - t_0)^2} - \frac{2v_0}{t - t_0}$
Điều kiện biên ban đầu: t_0, s_0, v_0	Chuyển động tăng tốc: $v > v_0, a +$ Chuyển động giảm tốc: $v < v_0, a -$

Tốc độ trung bình này được thể hiện bằng độ dốc của đường thẳng nối 2 điểm đầu mút của biểu đồ quãng đường – thời gian (hình 1.3b). Ở đó, chuyển động tăng tốc có thể được mô tả một cách đơn giản bằng dạng đường thẳng.

Tổng quan về các công thức tính toán của chuyển động tăng và giảm dần đều được thể hiện ở bảng 1.1.

c) Chuyển động tăng tốc không đều

Gia tốc của xe có thể phụ thuộc vào quãng đường s , thời gian t hoặc tốc độ v . Vì vậy, nó có thể được thể hiện ở những phương trình chuyển động khác nhau. Người ta giả thiết độ tăng hoặc giảm gia tốc của xe là không đổi theo thời gian và được thể hiện theo công thức (1.3):

$$k(t) = k = \text{const}$$

Giả thiết tại thời điểm $t_0 = 0$, $a = a_0$, từ công thức (1.6) ta có gia tốc:

$$a(t) = a_0 + k.t, \quad (1.18)$$

Từ công thức (1.8) ta có vận tốc:

$$v(t) = v_0 + a_0.t + \frac{k.t^2}{2} \quad (1.19)$$

Từ công thức (1.9) ta có quãng đường:

$$s(t) = s_0 + v_0.t + \frac{a_0.t^2}{2} + \frac{k.t^3}{6} \quad (1.20)$$

Các công thức từ (1.18) đến (1.20) không có nhiều ý nghĩa cho việc mô tả quá trình chuyển động của xe đơn chiếc bởi vì rất khó có thể qui định giá trị độ tăng gia tốc. Người trên xe rất nhạy cảm với độ tăng gia tốc. Giá trị giới hạn chấp nhận được vào khoảng $0,3 \text{ m/s}^3$ đối với người đứng trên các phương tiện giao thông công cộng và khoảng $1,2 \text{ m/s}^3$ đối với người ngồi trên xe con.

Nói chung gia tốc tăng tốc cũng như gia tốc giảm tốc của xe phụ thuộc vào vận tốc xe. Trong trường hợp đơn giản, có thể giả thiết sự phụ thuộc này là tuyến tính, tức là $a(v) = B.v + C$. Đối với chuyển động giảm tốc thì $a(v)$ sẽ mang giá trị âm. Từ công thức (1.2) ta có thời gian tăng/giảm tốc như sau:

$$t(v) = t_0 + \int_{v_0}^v \frac{dv}{a(v)} = t_0 + \int_{v_0}^v \frac{dv}{B.v+C} \quad (1.21)$$

Giải phương trình tích phân trên ta có:

$$t(v) = t_0 + \frac{1}{B} \cdot \ln \frac{B.v+C}{B.v_0+C} \quad (1.21a)$$

Từ công thức (1.11) ta có quãng đường:

$$s(v) = s_0 + \int_{v_0}^v \frac{v.dv}{B.v+C} \quad (1.22)$$

Giải phương trình tích phân trên ta có:

$$s(v) = s_0 + \frac{v-v_0}{B} - \frac{C}{B^2} \cdot \ln \frac{B \cdot v + C}{B \cdot v_0 + C} \quad (1.22a)$$

1.2.2. Tính toán và mô tả quá trình chuyển động cơ bản của xe

Mô tả quan trọng nhất cho quá trình chuyển động của xe trong lĩnh vực kỹ thuật giao thông đường bộ là đồ thị quan hệ quãng đường – thời gian. Nói chung, trong thực tế quá trình chuyển động của xe được thể hiện ở góc $\frac{1}{4}$ của hệ trục quãng đường – thời gian, ở đó quá trình chuyển động sẽ bắt đầu từ góc trên phía trái và đi xuống góc dưới phía phải.

a) Chuyển động tăng dần đều

Trong chuyển động tăng dần đều thì gia tốc không đổi, và độ tăng gia tốc theo thời gian $k = 0$. Trong phần lớn các trường hợp, quá trình tăng tốc của xe được thể hiện từ phương trình chuyển động tăng tốc. Lúc này, đồ thị quan hệ quãng đường – thời gian là đường Parabol và được gọi là đường cong tăng tốc. Cấu trúc đơn giản của đường cong tăng tốc được mô tả ở hình 1.4a. Điểm bắt đầu và điểm cuối của đường cong Parabol (điểm 1 và 2) được thể hiện trên hình vẽ, điểm 3 có thể được xác định như sau:

Thời gian tăng tốc:

$$t_a = \frac{v}{a} = \frac{s_a}{v} + t_{av}$$

v : vận tốc cuối;

a : gia tốc tăng tốc;

s_a : quãng đường tăng tốc;

$\frac{s_a}{v}$: thời gian xe đi được quãng đường s_a với vận tốc v ;

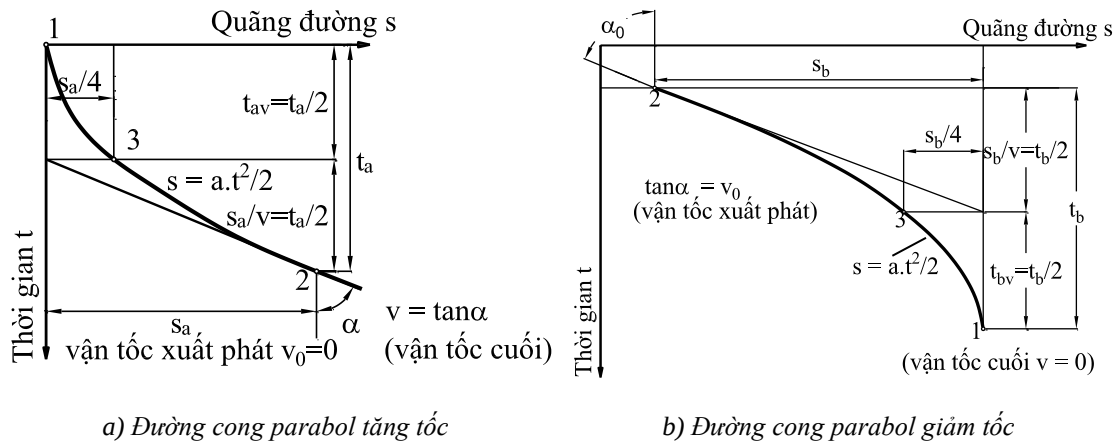
t_{av} : thời gian tăng thêm.

Thay $s_a = \frac{v^2}{2a}$ ta có:

$$t_a = \frac{v^2}{2a \cdot v} + t_{av} = \frac{v}{2a} + t_{av}$$

Do $\frac{v}{2a} = \frac{t_a}{2}$ do đó thời gian phụ thêm $t_{av} = \frac{t_a}{2}$. Quãng đường xe đi được trong khoảng thời gian này là:

$$\frac{a \left(\frac{t_a}{2} \right)^2}{2} = \frac{a \cdot t_a^2}{8} = \frac{s_a}{4}$$



Hình 1.4. Đồ thị quãng đường – thời gian của chuyển động tăng/giảm dần đều

Các ký hiệu trong hình 1.4:

s_a : quãng đường tăng tốc

s_b : quãng đường phanh

t_a : thời gian tăng tốc

t_b : thời gian phanh

a : gia tốc tăng tốc

a : gia tốc hãm. Vận tốc cuối = 0

t_{av} : thời gian tăng thêm do tăng tốc

t_{bv} : thời gian tăng thêm do giảm tốc

Điều đó có nghĩa là xe sẽ đi được $\frac{1}{4}$ quãng đường tăng tốc trong khoảng $\frac{1}{2}$ thời gian tăng tốc. Khi tìm được điểm 3 ta dễ dàng xác định được đường Parabol.

Để tính toán chính xác đường chuyển động của xe thì phải xem xét khả năng tăng tốc của xe, điều này phụ thuộc vào loại xe (ví dụ: xe con, xe tải, xe công-ten-nơ), tuy nhiên giữa các loại xe con cũng có sự khác biệt lớn về khả năng tăng tốc (xem bảng 1.2).

Bảng 1.3 thể hiện kết quả tính toán quãng đường tăng tốc tương ứng với các gia tốc được cho ở bảng 1.2. Đối với dòng giao thông có nhiều loại xe, đặc biệt là quá trình tăng tốc ở nhánh nút giao thông tổ chức bằng đèn tín hiệu thì giá trị gia tốc tăng tốc thường được xác định đối với xe nặng, do đó xe con chỉ là một trong những trường hợp tính toán.

Bảng 1.2. Khả năng tăng tốc của các loại xe

i	V [km/h]	Xe cá nhân				Các loại xe tải			
		Loại nhỏ (công suất động cơ 37 kW)		Loại trung bình (công suất động cơ 66 kW)		Xe tải 8t (96 kW, trọng lượng xe = 5,7 t)		Xe tải 38t (243 kW, trọng lượng xe = 27 t)	
		a [m/s ²]		a [m/s ²]		a [m/s ²]		a [m/s ²]	
		$V_0 \rightarrow V_i$	$V_{i-1} \rightarrow V_i$	$V_0 \rightarrow V_i$	$V_{i-1} \rightarrow V_i$	$V_0 \rightarrow V_i$	$V_{i-1} \rightarrow V_i$	$V_0 \rightarrow V_i$	$V_{i-1} \rightarrow V_i$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	40	2,92	2,92	4,27	4,27	1,28	1,28	0,67	0,67
2	50	2,57	1,74	3,65	2,31	1,04	0,60	0,62	0,48
3	60	2,32	1,54	3,27	2,14	0,95	0,66	0,56	0,38
4	70	2,11	1,39	3,04	2,14	0,83	0,46	0,50	0,31
5	80	1,84	0,96	2,81	1,85	0,71	0,35	0,44	0,24
6	90	1,60	0,79	2,53	1,39	-	-	-	-
7	100	1,44	0,75	2,30	1,26	-	-	-	-

Bảng 1.3. Tính toán quãng đường tăng tốc ứng với các vận tốc cuối khác nhau

Vận tốc cuối V [km/h]	Quãng đường tăng tốc: $s_a = \frac{V^2 - V_0^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a}$ [m]			
	Xe cá nhân loại nhỏ	Xe các nhân loại trung bình	Xe tải 8 t	Xe tải 38 t
40	21	14	48	92
50	38	26	93	156
60	60	42	146	248
80	134	88	348	561
100	268	168	-	-

*) a lấy từ bảng 1.2, $V_0 = 0$

b) Chuyển động giảm dần đều

Trường hợp quan trọng nhất của chuyển động giảm tốc là quá trình hãm phanh, trong đó trường hợp phanh khẩn cấp và trường hợp hãm thông thường có sự khác biệt cơ bản.

Trường hợp hãm thông thường là trường hợp phổ biến trong quá trình hãm xe. Gia tốc hãm nằm trong khoảng từ 1 đến $2,5 \text{ m/s}^2$. Khi hãm xe, gia tốc hãm được lấy là không đổi, ở đó đường cong Parabol hãm xe (hình 1.4b) cũng có cấu trúc giống như đường cong Parabol tăng tốc.

Trong trường hợp **phanh khẩn cấp** (hình 1.5) thì phương tiện sẽ mất một quãng đường ngắn nhất để dừng xe. Phanh khẩn cấp thường xuất hiện trong trường hợp phanh đột ngột để tránh tai nạn hoặc trường hợp xe đi trước có tình huống bất ngờ hoặc phải dừng tránh người khuyết tật. Phanh khẩn cấp (hình 1.5) bắt đầu từ việc người lái nhận thức và phản ứng với tình huống nguy hiểm, sau đó là quá trình phanh bắt đầu tác dụng. **Thời gian tác động t_A** là thời gian mà xe vẫn còn chạy với tốc độ ban đầu. Theo hình 1.5 thì:

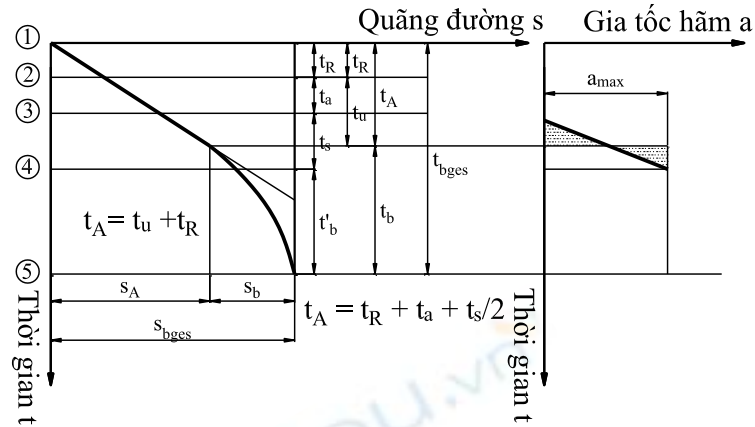
- Thời gian phanh tổng cộng: $t_{bges} = t_A + t_b$;

- Tổng quãng đường phanh: $s_{bges} = s_A + s_b$.

Thành phần lớn nhất của thời gian tác động là thời gian phản ứng tâm lý, đây là thời gian chú ý của người lái xe với tình huống giao thông và nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 s. Trong khi đó thành phần thời gian còn lại chỉ vào khoảng từ 0,2 đến 0,3 s. Vì vậy, thuật ngữ thời gian phản ứng tâm lý thường được sử dụng thay cho thuật ngữ thời gian tác động. Theo đúng nghĩa thì nó là tổng thời gian phản ứng và thời gian mất mát khi phanh tác dụng.

Thông thường, trong trường hợp phanh khẩn cấp thì bánh xe ô tô sẽ bị phanh bó cứng. Vì vậy, hệ số bám dọc f_{Tmax} lớn nhất trong trường hợp này chính là hệ số trượt μ_g . Hệ số bám trung bình được cho ở bảng 1.4. Hệ số bám giữa bánh xe và mặt đường phụ thuộc vào nhiều yếu tố, đặc biệt là trong trường hợp mặt đường ẩm ướt

thì nó phụ thuộc rất nhiều vào vận tốc. Khi vận tốc cao, giữa bánh xe và mặt đường sẽ phát sinh màng nước chèn chèn làm giảm diện tiếp xúc giữa bánh và mặt đường và một phần cũng ảnh hưởng đến việc truyền tải trọng của bánh xe xuống mặt đường, theo đó lực bám sẽ bị giảm. Khi lốp xe bị mòn và mặt đường có độ nhám kém thì màng nước có thể xuất hiện khi xe chạy với vận tốc 100 km/h (hình 1.6).

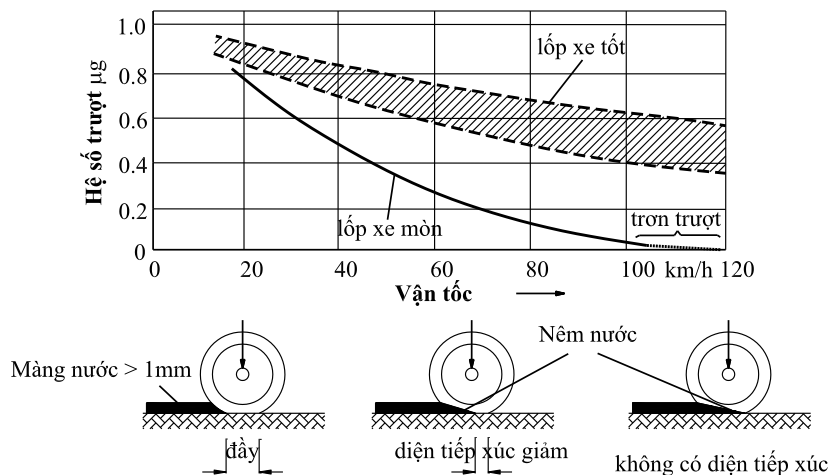


- 1: Nhận thức mối nguy hiểm; 2: Bắt đầu quyết định phanh; 3: Phanh bắt đầu hoạt động;
4: Đạt được gia tốc hãm toàn phần; 5: Xe dừng.

Hình 1.5. Phân tích đường hãm phanh

Các kí hiệu trong hình 1.5:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| t_R : thời gian phản ứng; | t_a : thời gian quyết định phanh; |
| t_A : thời gian tác động; | t_s : thời gian truyền phanh; |
| t'_b : thời gian phanh tác dụng toàn phần; | t_b : thời gian phanh tác dụng; |
| t_u : thời gian mất mát khi phanh ; | t_{bges} : tổng thời gian phanh; |
| s_A : quãng đường tác động; | s_b : quãng đường phanh tác dụng; |
| s_{bges} : tổng quãng đường phanh. | |



Hình 1.6. Màng nước giữa bánh xe và mặt đường

Hiệu quả phanh khẩn cấp của phương tiện phụ thuộc vào vận tốc. Nó được thể hiện ở công thức sau:

$$z(V) = \frac{-a(V)}{g} = f_{Tmax}(V) + \frac{s}{100} + f_{WL}(V) \quad (1.23)$$

Đơn vị của các thông số: z [-]; a [m/s^2]; g [m/s^2]; f_T [-]; s [%]; f_{WL} [-]

$-a(V)$: gia tốc hãm;

g : gia tốc trọng trường ($9,81 m/s^2$);

$f_{Tmax}(V)$: hệ số bám dọc;

s : độ dốc dọc (+s lên dốc, -s xuống dốc);

$f_{WL}(V)$: lực cản không khí trên một đơn vị trọng lượng xe $f_{WL}(V) = F_{WL}(V)/G$;

G : Trọng lượng xe.

(Đối với xe con $f_{WL}(V) = 0,461 \cdot 10^{-4} \left(\frac{V}{3,6} \right)^2$, với V [km/h]).

Việc lựa chọn hệ số bám dọc để áp dụng cho việc tính toán quãng đường hãm xe có ý nghĩa rất quan trọng. Đối với mặt đường khô sạch thì hệ số bám càng nhỏ khi tốc độ càng tăng, một cách gần đúng có thể tính toán với giá trị hệ số bám dọc f_T không đổi, tuy nhiên trong trường hợp mặt đường ẩm ướt thì việc tính toán đơn giản này là không an toàn. Đặc tính phụ thuộc của hệ số bám vào tốc độ được mô tả ở ví dụ hình 1.7.

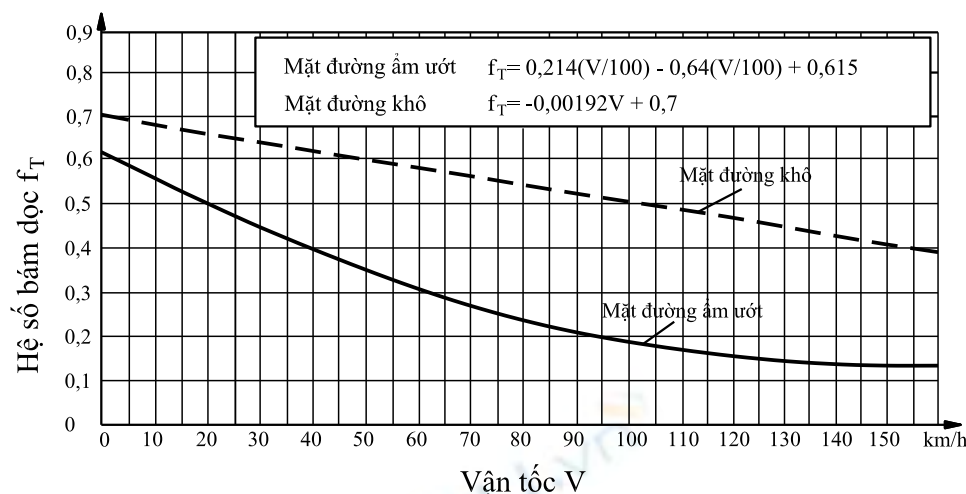
Bảng 1.4. Hệ số bám trung bình (hệ số kháng trượt μ_g , $V=60$ km/h)

Loại mặt đường	Khô	Ẩm	
		Sạch	Bẩn
Bê tông xi măng	0,6 ÷ 0,8	0,4 ÷ 0,6	0,3 ÷ 0,4
Bê tông nhựa			
Bê tông nhựa đúc			
Đá giá cổ nhựa (đá granit)	0,55	0,30	0,20
Đá giá cổ nhựa (đá bazan)	0,48	0,25	0,15
Đá dăm macadam	0,55	0,40	0,30
Mặt đường có xử lý bề mặt	0,50	0,30	0,28
Mặt đường có phủ tuyết	0,20		
Mặt đường bị đóng băng	0,05 ÷ 0,10		

Công thức chung thể hiện quá trình hãm xe được viết như sau:

$$z(V) = \frac{-a(V)}{g} = A \cdot V^2 + B \cdot V + C \quad (1.24)$$

Hình 1.7 được xây dựng từ các trường hợp ở bảng 1.5 với những điều kiện biên đã cho (điều kiện lốp xe và điều kiện mặt đường), đặc biệt là trong trường hợp mặt đường ẩm.



Hình 1.7. Sự phụ thuộc của hệ số bám dọc vào vận tốc

Bảng 1.5. Các hệ số trong các trường hợp hãm xe

Hệ số	A	B	C
Trường hợp 1: mặt đường ẩm, quan hệ phi tuyến, không xem xét sức cản không khí	$0,214 \cdot 10^{-4}$	$-0,640 \cdot 10^{-2}$	$0,615 + \frac{3}{100}$
Trường hợp 2: mặt đường ẩm, quan hệ phi tuyến, có xem xét sức cản không khí	$0,250 \cdot 10^{-4}$	$-0,640 \cdot 10^{-2}$	$0,615 + \frac{3}{100}$
Trường hợp 3: mặt đường khô, quan hệ tuyến tính, không xem xét sức cản không khí	-	$0,192 \cdot 10^{-2}$	$0,7 + \frac{3}{100}$

Vì quãng đường hãm là số dương nên biên tích phân trong mỗi quan hệ sau có thể được coi giống như đối với quá trình tăng tốc. Từ mỗi quan hệ quãng đường – tốc độ (1.11) ta có quan hệ phi tuyến của quãng đường phanh:

$$s_b = \frac{1}{3 \cdot 6^2 \cdot g} \int_{v_0}^v \frac{V \cdot dV}{A \cdot V^2 + B \cdot V + C} \quad (1.25)$$

Sau khi tích phân với $V_0 = 0$ ta có:

$$s_b = \frac{1}{3 \cdot 6^2 \cdot g} \left[\frac{1}{2A} \ln \left(\frac{A \cdot V^2 + B \cdot V + C}{C} \right) - \frac{B}{A \sqrt{4A \cdot C - B^2}} \arctan \frac{V \cdot \sqrt{4A \cdot C - B^2}}{B \cdot V + 2C} \right] \quad (1.26)$$