



## PHỤ LỤC 4c

## CÁC THÔNG SỐ VỀ ĐỘNG LỰC HỌC ĐOÀN TÀU

A	TẢI TRỌNG
A.1	Các mức tải trọng đoàn tàu dùng để tính toán ( <i>Đơn vị tính: tấn</i> )

Bảng sau mô tả các loại tải trọng của đoàn tàu dùng để tính toán, các loại tải trọng này thay đổi theo số lượng khách chuyên chở (điều kiện chuyên chở).

Mức tải	Mô tả	Giải thích	Ghi chú
W <sub>0</sub>	Tự trọng	Đoàn tàu không có khách, hoàn chỉnh, sẵn sàng chạy (Trọng lượng chính bị)	
W <sub>s</sub>	Tất cả ghế có khách		
W <sub>4</sub>	Tải nhẹ	$W_s + 4 \text{ khách/m}^2$	
W <sub>5</sub>	Tải trung bình	$W_s + 5 \text{ khách/m}^2$	
W <sub>6</sub>	Toàn tải	$W_s + 6 \text{ khách/m}^2$	Toàn tải dùng để thiết kế ĐHKK cho đoàn tàu
W <sub>7</sub>	Giờ cao điểm	$W_s + 7 \text{ khách/m}^2$	Dùng để tính toán thiết kế
W <sub>8</sub>	Tải trọng kết cấu	$W_s + 8 \text{ khách/m}^2$	Dùng để tính toán sức bền của thân xe & GCH

*Ghi chú: Trọng lượng khách được tính trung bình là: 70kg/ khách*

1) Tự trọng toa xe- W<sub>0</sub>

Thông thường toa xe metro có tự trọng:

Toa M & Mc: 26- 40 T;

Toa T & Tc: 22- 37 T.

Tự trọng của đoàn tàu phụ thuộc rất nhiều vào vật liệu, công nghệ chế tạo, kết cấu.

Tự trọng toa động lực liên quan đến việc phát huy sức kéo của đoàn tàu. Nhưng với số trục động lực/ bị động > 66%, không nên chọn toa quá nặng, tải trọng lớn sẽ tăng tải trọng lên hạ tầng kết cấu.

2) Tải trọng hành khách, đầy tải- W<sub>7</sub>



Trong điều kiện chở khách tối đa (7 khách đứng/m<sup>2</sup>), tải trọng hành khách một toa xe lớn nhất là 23 T. Phần sau sẽ mô tả về năng lực chuyên chở của đoàn tàu, một yếu tố quyết định tải trọng hành khách.

A.2	Năng lực chuyên chở
-----	---------------------

Lượng khách mà đoàn tàu metro chở được là một cơ sở quan trọng cho các tính toán về khai thác, về đầu tư, về quy mô ga,...

Toa metro đều có bố trí ghế ngồi, khu vực cho người khuyết tật (ví dụ: người sử dụng xe lăn), còn lại là chỗ đứng. Cabin và một số thiết bị của toa động lực (Mc) sẽ chiếm dụng một phần diện tích sàn xe làm giảm sức chở.

Là phương tiện giao thông công cộng trong đô thị, cự ly, thời gian di chuyển ngắn, nên việc bố trí ghế ngồi không được ưu tiên. Thường khoảng 40 ghế/ toa.

Bảng sau sẽ cho thấy sức chở của các loại toa tương ứng với các kích thước đề xuất lựa chọn trong Phụ lục 4b.

*Bảng 1. Sức chở của các loại toa tương ứng kích thước đề xuất trong PL 4b.*

Số khách (đứng, ngồi)  Điều kiện	Toa		Đoàn tàu	
	Mc	T	3 toa Mc+T+Mc	6 toa Mc+T+M+ +M+T+Mc
4 khách/m <sup>2</sup>	152	192	496	1.072
6 khách/m <sup>2</sup>	228	288	744	1.608
8 khách/m <sup>2</sup>	304	384	992	2.144

*8 khách đứng/ m<sup>2</sup> được coi là mật độ khách lớn nhất trong giờ cao điểm mà toa xe có thể chứa được (trạng thái chen lấn); trong điều kiện đó trọng lượng khách trung bình khoảng 23 tấn/ toa.*

Với đoàn tàu metro dùng các mức độ chuyên chở (số lượng khách đứng/m<sup>2</sup>) sau để tính toán, so sánh:

- Tiện nghi: 4 khách đứng/ m<sup>2</sup>;
- Bình thường: 6 khách đứng/ m<sup>2</sup>;



- Đặc biệt: 8 khách đứng/ m<sup>2</sup>

Với đoàn tàu 3 toa, bảng sau cho thấy quan hệ giữa số chỗ ngồi và đứng

*Bảng 2a. Quan hệ giữa chỗ ngồi và đứng.*

<div> <div>Toa</div> <div>Điều kiện khách đứng/m<sup>2</sup></div> </div>	Có cabin	Không cabin	Tổng số khách	Số chỗ ngồi	Số chỗ đứng
4	152	192	496	130 (26%)	366 (74%)
6	228	288	744	130 (17%)	614 (83%)
8	304	384	992	130 (13%)	862 (87%)

Với đoàn tàu 6 toa ta có bảng sau

*Bảng 2b. Quan hệ giữa chỗ ngồi và đứng.*

<div> <div>Toa</div> <div>Điều kiện khách đứng/m<sup>2</sup></div> </div>	Có cabin	Không cabin	Tổng số khách	Số chỗ ngồi	Số chỗ đứng
4	152	192	1.072	260 (24%)	680 (76%)
6	228	288	1.608	260 (16%)	1.016 (84%)
8	304	384	2.144	260 (12%)	1.352(88%)

A.3	Tải trọng trục (tấn trục)
-----	---------------------------

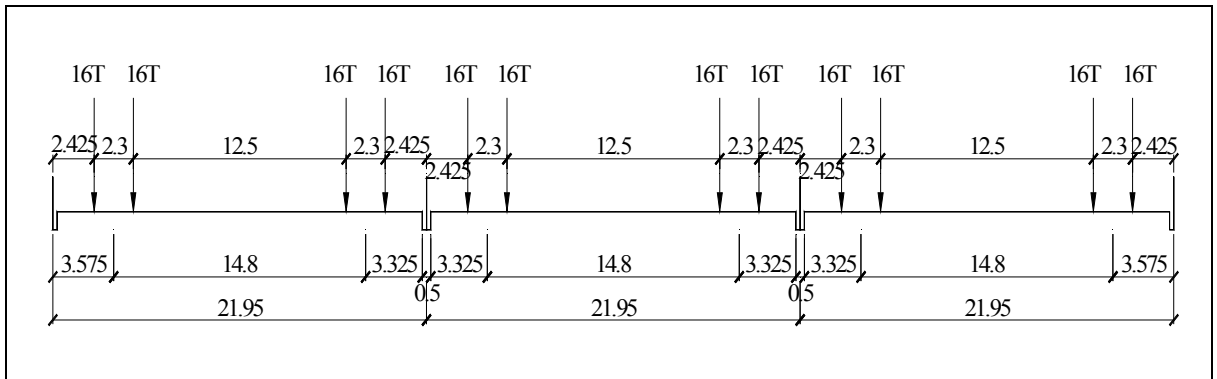
Tải trọng trục là sức nặng của mỗi bộ trục bánh xe (hai bánh) tác động lên đường ray. Một toa metro lựa chọn có 4 bộ trục bánh.

**Tải trọng trục= (Tự trọng + Tải trọng khách)/ Số trục bánh xe**

Tải trọng trục là một thông số quan trọng cho việc thiết kế hạ tầng (nền, cầu, kết cấu đường sắt,...). Với các thông số trong các mục trên, tải trọng trục (tấn trục) của toa metro lớn nhất là **16 T** với W7.



Dưới đây là sơ đồ tải trọng đoàn tàu 3 toa, chiều dài toa 22m (tính cả đầu đệm)



Hình 1. Sơ đồ tải trọng đoàn tàu 3 toa, chiều dài 22 m.

B	VẬN TỐC, GIA TỐC
B.1	Vận tốc (tốc độ- km/h)

Vận tốc của đoàn tàu nói chung quyết định thời gian khu gian (thời gian từ ga đến ga). Thời gian này là một yếu tố được khách rất quan tâm khi lựa chọn loại phương tiện di chuyển. Với yếu tố này đoàn tàu cần có tốc độ lớn. Điều này đòi hỏi đoàn tàu, đường phải có những tính năng, kết cấu phù hợp (như động lực học của đoàn tàu phải tốt hơn, giảm chấn, kết cấu giá chuyển phức tạp hơn, độ dốc của đường thấp, bán kính đường cong lớn,...) và sẽ mức đầu tư sẽ lớn hơn.

Nhưng thông thường, các ga của metro thường cách nhau từ 1- 2 km, tuyến metro số 4 có khoảng cách giữa các ga (chiều dài khu gian) từ 800 - 1.200 m, đây là một khoảng cách ngắn. Nếu lựa chọn tốc độ lớn đòi hỏi khả năng tăng tốc phải lớn để đoàn tàu phát huy được tốc độ đã lựa chọn.

Trước hết phải xác định được vận tốc thiết kế của đoàn tàu sao cho phù hợp nhất giữa các yếu tố phục vụ khách, kỹ thuật và tính kinh tế.

1) Vận tốc thiết kế:  $V_{TK}$

Vận tốc thiết kế (tốc độ cấu tạo) là một chỉ tiêu khai thác quan trọng, một thông số đầu vào cho việc thiết kế phương tiện. Chọn lựa vận tốc độ thiết kế phải căn cứ vào yêu cầu khai thác.

Như đã nêu trên, với metro có cự ly giữa 2 ga ngắn, cụ thể trên tuyến metro số 4, cự ly giữa 2 ga (chiều dài khu gian) là 800 - 1.200 m. Nếu chọn vận tốc thiết kế cao, đòi hỏi các điều kiện động lực học của đoàn tàu cũng như



đường ray phải tốt hơn, yêu cầu về tín hiệu, an toàn cũng cao hơn, chắc chắn sẽ làm tăng giá thành đoàn tàu cũng như xây dựng hạ tầng. Do đó vận tốc thiết kế chỉ cần lựa chọn ở phạm vi trung bình.

Từ các phân tích trên, xét điều kiện của tuyến metro số 4 phần lớn chiều dài tuyến dự kiến bố trí đi ngầm, cự ly ga trung bình, sẽ là một trong các tuyến đi vào khai thác sớm ở Việt Nam. Cân đối với khả năng cung cấp công nghệ hiện tại của một số Nhà cung cấp lớn trên thế giới cũng như mức độ đầu tư phần hạ tầng (đường, thông tin tín hiệu,...).

**Đề xuất vận tốc thiết kế của đoàn tàu metro tuyến 4 là 90 km/h.**

2) Vận tốc khai thác  $V_{MAX}$ .

Lựa chọn  $V_{KT} = 90\text{km/h}$ , là vận tốc dùng cho tính toán động lực học của đoàn tàu, các thông số hình học của đường, khổ giới hạn động học, tiếp giáp kiến trúc. Nhưng trong khai thác cần ấn định vận tốc khai thác lâu dài lớn nhất  $V_{MAX}$ . Vận tốc này cần tính toán đảm bảo hiệu quả khai thác, sự an toàn trong vận hành, phù hợp với trắc dọc của tuyến.

Để đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật về tuổi thọ, sức bền của đoàn tàu. Trên hết là an toàn vận hành trong đường hầm (loại hình chủ yếu của tuyến metro số 4).

**Vận tốc khai thác lớn nhất được chọn lựa là 80 km/h.**

3) Vận tốc khai thác thương mại  $V_{TM}$

Vận tốc này được tính toán theo chiều dài đoạn tuyến khai thác, thời gian chạy thực tế, thời gian dừng tại các ga. Vận tốc này dùng để tính toán tần suất khai thác, số đôi tàu khai thác,... là các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật quan trọng trong khai thác tuyến.

Với các tuyến metro, thông thường vận tốc này khoảng 28 - 35 km/h. Mục tiêu là vận tốc thương mại phải đạt mức cao nhất có thể.

Ngoài việc hợp lý hóa thời gian dừng tàu tại ga, tối ưu thời gian quay đầu trong khai thác, bố trí trắc dọc, trắc ngang của tuyến hợp lý nhất có thể,... một yếu tố quan trọng, ảnh hưởng đến vận tốc khai thác thương mại là gia tốc của đoàn tàu.

*Xem thêm Phụ lục 8*



B.2	Gia tốc ( $m/s^2$ )
-----	---------------------

Như đã nêu, cũng như vận tốc, gia tốc (tăng/ giảm) của đoàn tàu là một chỉ tiêu khai thác quan trọng, một thông số đầu vào cho việc thiết kế phương tiện.

Do khoảng cách giữa 2 ga rất ngắn, để đạt được tốc độ khai thác lớn nhất -  $V_{MAX}$ , phù hợp với tốc độ cấu tạo -  $V_{TK}$  và chỉ tiêu “vận tốc thương mại” tối ưu, đoàn tàu phải đủ công suất (sức kéo), tính năng hãm, ...

Gia tốc (tăng tốc) quyết định thời gian để đoàn tàu đạt  $V_{MAX}$ , nếu chọn quá cao đòi hỏi các động cơ điện kéo (MT), bộ biến tần (IGBT), bộ phận chạy,... phải có các tính năng đặc biệt hơn - sẽ tăng giá thành thiết bị. Tương tự, gia tốc hãm ảnh hưởng lớn đến thời gian khu gian, trang bị hãm và hơn cả là yếu tố an toàn của đoàn tàu.

Các giá trị nêu trong bảng sau được áp dụng cho các đoàn tàu metro trên thế giới, được lựa chọn cho đoàn tàu metro tuyến số 4.

*Bảng 3. Vận tốc và gia tốc của đoàn tàu được áp dụng trên thế giới.*

Nội dung thực hiện	Thời gian (s)	Khoảng cách (m)
Gia tốc từ 0 đến 40 km/h, với $a \geq 0,92 m/s^2$	12,08	67,10
Gia tốc từ 40 đến 70 km/h, với $a \geq 0,50 m/s^2$	16,67	254,63
Gia tốc từ 70 đến 80 km/h, với $a \geq 0,30 m/s^2$	9,26	192,90
Giảm tốc từ 80 đến 0 km/h, với $a \geq 0,97 m/s^2$	22,91	254,55

*Ghi chú: Các chỉ số ghi trên được xác định trong điều kiện:*

- Đường thẳng, bằng;
- Hệ số bám trung bình (ray khô, sạch, mặt ray và mặt lăn bánh xe bình thường)
- Sức chở bình thường ( $6 \text{ khách đứng/ } m^2$ ) - W6



C	KHỔ GIỚI HẠN
C.1	Tổng quát

Đoàn tàu metro vận hành an toàn trên đường sắt phụ thuộc vào cự ly tương ứng giữa các điểm thuộc đoàn tàu và các kết cấu kiến trúc xung quanh (như vách hầm, đường ray,...). Để đoàn tàu không va, quyết với bất cứ kết cấu tĩnh nào khi chạy với vận tốc thiết kế, cần phải xác định được các cự ly nêu trên.

Như vậy cần phải ấn định các kích thước bao ngoài của đoàn tàu- Khổ giới hạn phương tiện.

C.2	Khổ giới hạn phương tiện
-----	--------------------------

Giới hạn của phương tiện là giới hạn các kích thước bao ngoài tối đa của đoàn tàu, khi dừng hẳn trên đường bằng. Lúc này tất cả các bộ phận (nhô ra hoặc các thiết bị gắn ngoài) đều phải nằm trong khung giới hạn. Nó bao gồm cả dung sai chế tạo và lắp ráp.

Khung giới hạn này được gọi là **Khổ giới hạn phương tiện (tĩnh)**.

C.3	Khổ giới hạn động học (KE)
-----	----------------------------

Đoàn tàu chạy trên đường sắt, về động học, ngoài chuyển động thẳng (chạy) còn có nhiều chuyển động khác theo các phương khác nhau. Mức độ của các chuyển động này phụ thuộc nhiều vào trạng thái đường (độ xóc lắc, đường cong, siêu cao,...) nhưng trước hết phụ thuộc vào bản thân các kết cấu của đoàn tàu (động lực, hệ thống giảm chấn, bố trí tải trọng,...).

Ở vận tốc thiết kế, đường bao động của đoàn tàu sẽ là giới hạn phương tiện (tĩnh) cộng với mọi dịch chuyển chấp nhận được của hệ giảm chấn và các thay đổi về các khe hở chấp nhận được do hao mòn của phương tiện và của đường ray. Đường bao này là Khổ giới hạn động của đoàn tàu (đường bao động học). Nó không bao gồm các tác động hình học khi ra/ vào các đường cong, tức là các dịch chuyển hướng tâm và ly tâm. Các dịch chuyển này được triệt giảm bằng phần thiết kế hạ tầng.

Để tính toán KE các khu vực ngoài ke ga (trong khu gian) các yếu tố sau cần được xem xét:

- Mọi tốc độ đến 80 km/h;

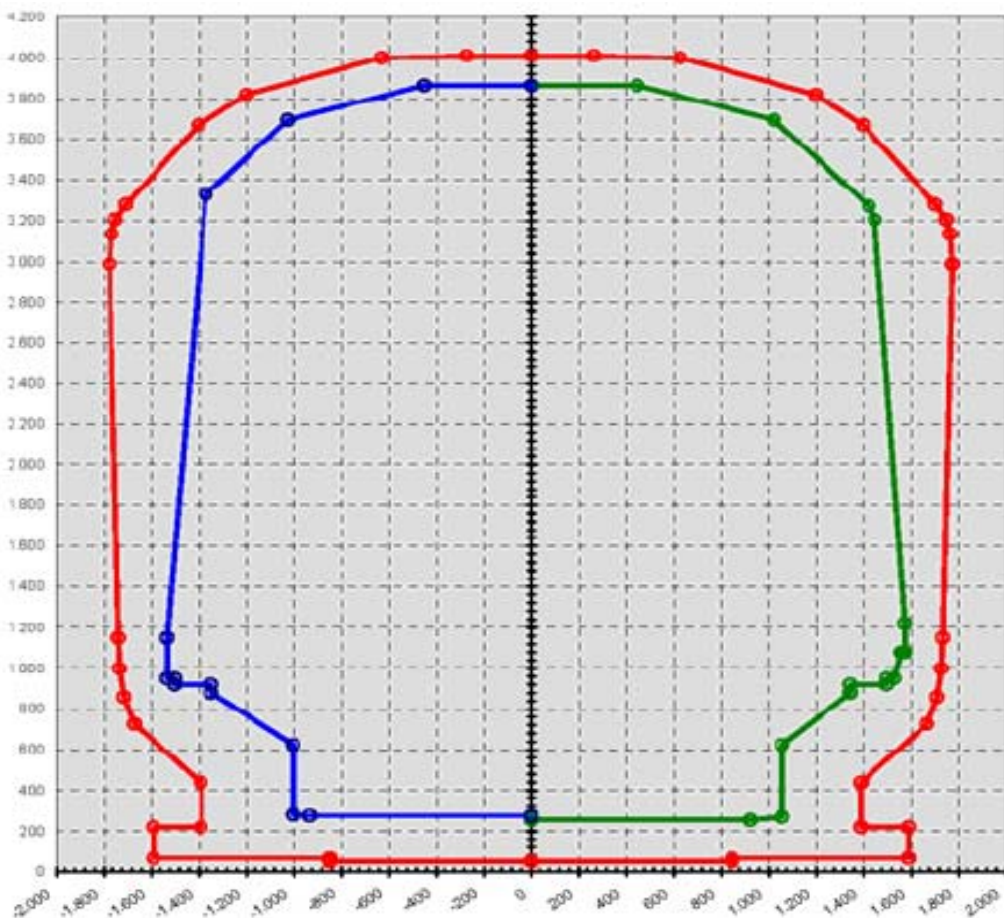




- Điều kiện tải trọng W7;
- Bánh xe hao mòn và điều kiện hệ giảm chấn là xấu nhất;
- Gia tốc ngang là  $1 \text{ m/s}^2$  cho đường cong có siêu cao thiếu và ray mòn không đều.
- Siêu cao đến 150 mm (bình thường);
- Tất cả các khe hở bảo dưỡng và chế tạo của đoàn tàu là tối hạn;
- Tình trạng của hệ giảm chấn là không bình thường (gãy lò xo hộp trục, lò xo không khí xẹp, hỏng);
- Lực tác động của gió ngang (vận hành trên mặt đất)  $700 \text{ N/m}^2$ - khi tàu chạy 80 km/h.

Hình sau mô tả khổ giới hạn phương tiện (đường xanh lá cây và xanh nước biển), KE (đường đỏ) của đoàn tàu metro.

KE là một thông số quan trọng để tính toán thiết kế hầm, cầu cạn, ...



Hình 2. Minh họa về khổ giới hạn đoàn tàu





C.4	Khổ tiếp giáp kiến trúc
-----	-------------------------

Khổ tiếp giáp kiến trúc là đường bao ngoài của khoảng không gian không được vi phạm bởi bất cứ bộ phận nào của đoàn tàu, nó được xác định bởi các khe hở, dịch chuyển khi đoàn tàu chuyển động.

Khổ tiếp giáp kiến trúc được xác định bằng KE cộng với giới hạn an toàn của đoàn tàu.



Theo STRASYA:

Khổ tiếp giáp kiến trúc sẽ bằng KE cộng 0,4 m, có thể là cộng 0,2 m với các đoàn tàu có cửa sổ không mở được.

Ngoài ra trong tính toán các khổ giới hạn nêu trên cần tham chiếu các tiêu chuẩn về đường sắt có liên quan của châu Âu (*Xem phần Khung tiêu chuẩn của Dự án*).

C.5	Các yếu tố ảnh hưởng khác
C.5.1	Các thông số yêu cầu đối với đường

Để đảm bảo đoàn tàu vận hành an toàn (về mặt động học), đường phải có một số yêu cầu sau

*Bảng 4a. Các thông số yêu cầu đối với đường.*

Thông số	Xây dựng	Bảo dưỡng
Khổ đường danh nghĩa $R \geq 150\text{mm}$	1.435*	1.435*
Khổ đường danh nghĩa $150\text{mm} > R \geq 125\text{mm}$	1.440*	1.440*
Dung sai cự ly bao gồm cả cạnh ray mòn (khu gian)	+2/-1	+10/-2
Dung sai cự ly bao gồm cả cạnh ray mòn (ke ga)	+2/-1	+10/-2
Dịch chuyển xuống (thẳng đứng) bao gồm cả mòn mặt ray so với thiết kế (khu gian)	4**	12**
Dịch chuyển lên (thẳng đứng) bao gồm cả mòn mặt ray so với thiết kế (khu gian)	4**	12**
Dịch chuyển lên (thẳng đứng) bao gồm cả mòn mặt ray so với thiết kế (ke ga)	4**	12**
Dịch chuyển xuống (thẳng đứng) bao gồm cả mòn mặt ray so với thiết kế (ke ga)	4**	6**
Dịch chuyển lên (thẳng đứng) mặt ray so với thiết kế (ke ga)	0**	0**

[Nguồn: Tiêu chuẩn thiết kế ITS- 2008]- Đơn vị tính: mm



Tham chiếu các tiêu chuẩn về đường sắt Việt Nam

*Bảng 4a. Các thông số yêu cầu đối với đường.*

TT	Thông số	Giá trị	Ghi chú
1	Khổ đường tiêu chuẩn	1.435mm	Luật ĐSVN
2	Độ dốc tối đa	35‰	Chính tuyến
		45‰	Depot
3	Bán kính cong nằm MIN.	300	Chính tuyến
		160	Đường vào/ Depot
4	Ngập nước cao nhất cho phép tính từ mặt ray	200mm	Depot, đường ra/ vào depot

C.5.2	Điều kiện môi trường
-------	----------------------

Cũng như các phương tiện giao thông khác, đoàn tàu metro của tuyến 4 phải phù hợp với môi trường tại TPHCM (theo bảng sau)

*Bảng 5a. Điều kiện môi trường.*

TT	Điều kiện	Giá trị	Ghi chú
1	Nhiệt độ	Từ 30°C- 45°C	
2	Độ ẩm	80%;	cá biệt gần 100%
3	Độ cao so với mực nước biển		
4	Lượng mưa trung bình năm	1.392-1.949 mm	
5	Vận tốc gió trung bình	2,4-4,5 m/s	

Riêng về ảnh hưởng của tốc độ gió có thể tham khảo bảng sau (chỉ xét cho các đoạn đường trên mặt đất, trên cao):

*Bảng 5b. Điều kiện môi trường.*

	Tốc độ đoàn tàu giới hạn (km/h)	Tốc độ gió ngang (km/h)
Hệ thống lái tự động	80	80



(ATO) <sup>(1)</sup>		
Tốc độ hạn chế (bằng tay) (2)	Đến 40	MAX. 120
Dừng vận hành <sup>(3)</sup>	0	> 120
An toàn trách lật tàu <sup>(4)</sup>	0	> 160

<sup>(1)</sup> Không phải hạn chế tốc độ, tốc độ lớn nhất. của sẽ tự động hạn chế ở 80 km/h

<sup>(2)</sup> Lái tàu bằng tay, tốc độ lớn nhất. giới hạn là 40 km/h

<sup>(3)</sup> Dừng tàu tại ga

<sup>(4)</sup> Dừng tránh tại các nơi an toàn, ...

D	Công suất đoàn tàu (kW)
---	-------------------------

Thực chất công suất của đoàn tàu là tổng công suất của các toa động lực. Đại lượng này sẽ quyết định việc tính toán sức kéo, lập biểu đồ chạy tàu (thời gian, vận tốc).

Với cự ly giữa các ga nhỏ, gia tốc, gia tốc hãm lớn, độ dốc lớn, đòi hỏi đoàn tàu phải có công suất thỏa mãn điều kiện vận dụng.

Với tuyến metro số 4, đoạn có độ dốc lớn nhất được xác định là đoạn chuyển tiếp từ ngầm lên trên cao (35‰), việc tính toán sức kéo phải xét đến kịch bản là có một toa động lực không phát huy được sức kéo (hư hỏng) (với đoàn tàu 3 toa). Lúc này đoàn tàu vẫn phải đảm bảo được tốc độ tính toán để vận dụng bình thường tới ga gần nhất.

Trong tuyến có thể có đoạn có độ dốc lớn hơn 35‰, nhưng là đoạn ra/ vào depot, lúc này đoàn tàu chỉ thuần túy là di chuyển kỹ thuật (không chở khách).

Một toa động lực gồm 4 động cơ điện kéo (MT):

- Tham chiếu các Nhà cung cấp, công suất của MT được lựa chọn từ 190- 250 kW;

Như vậy, công suất đoàn tàu 3 toa sẽ từ 380- 500kW, còn đoàn tàu 6 toa là từ 760- 1.000kW



E	TỔNG HỢP CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN
---	------------------------------

*Bảng 6. Tổng hợp các thông số cơ bản*

TT	Thông số	Giá trị	Ghi chú
1	Chiều rộng (mm)	2.950 - 3.200	
2	Chiều cao mũi xe (mm)	3.655 - 3.865	
3	Chiều dài (mm)	20.000 - 21.950	
4	Chiều cao sàn xe	1.130 - 1.150	Tính từ đỉnh ray
5	Tự trọng toa xe (T)	26 - 39	Toa M & Mc
		22 - 37	Toa T & Tc
6	Tải trọng hành khách (8 người/1m <sup>2</sup> ) (T)	20	lớn nhất.
7	Tải trọng trục (T)	16	lớn nhất.
8	Cự ly trục cứng giá chuyển hướng (mm)	2.100 - 2.300	
9	Cự ly tâm 2 giá chuyển hướng (mm)	12.600 -14.800	
10	Số khách chuyên chở lớn nhất.	2144 (6 toa)	MT/ T
11	Vận tốc thiết kế (km/h)	90	
12	Vận tốc khai thác lớn nhất	80	