



ĐỘNG LỰC HỌC Ô TÔ

TS. Nguyễn Trung Kiên

Khoa Kỹ thuật Ô tô và Năng lượng - Trường ĐH Phenikaa

E-mail: kien.nguyentrung@phenikaa-uni.edu.vn

Di động: 0905.088.338

Zalo: Nguyễn Trung Kiên (0905.088338)

Facebook: Nguyen Trung Kien

ĐỘNG LỰC HỌC Ô TÔ

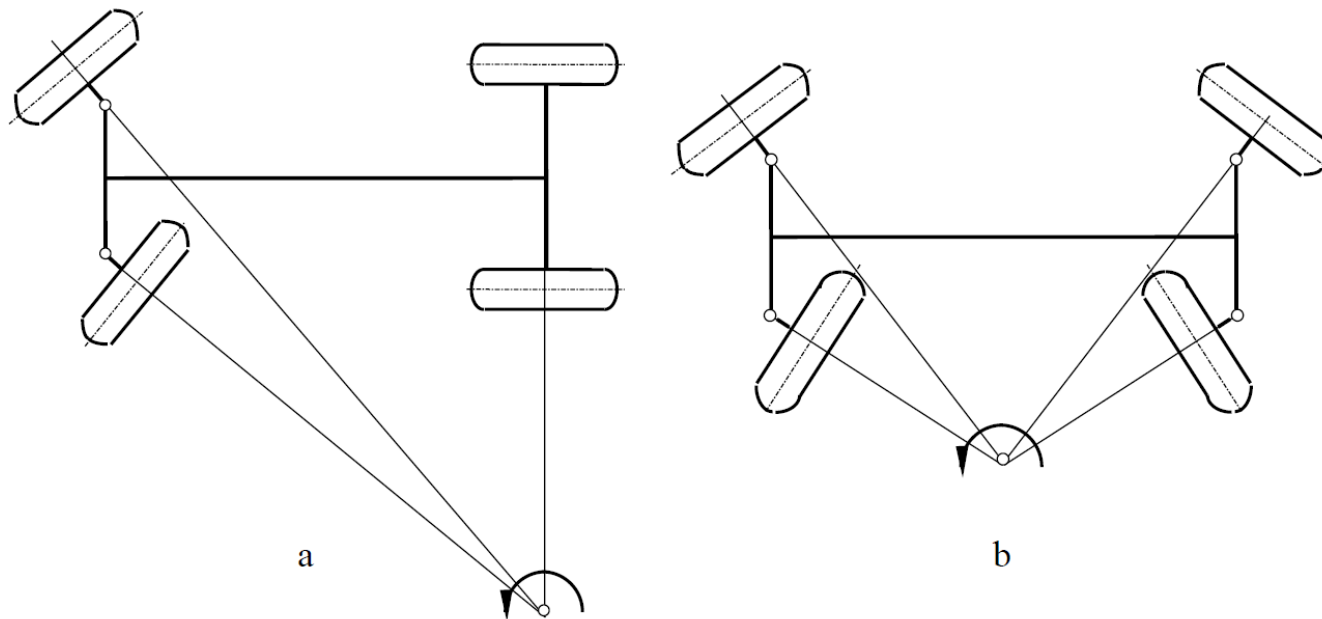
Tài liệu học tập

- [1] Martin Meywerk, *Vehicle Dynamics*, John Wiley & Sons Ltd, 2015
- [2] Reza N. Jazar, *Vehicle Dynamics: Theory and Applications*. Springer International Publishing AG, 2017
- [3] Nguyễn Hữu Cần, *Lý thuyết ô tô*.

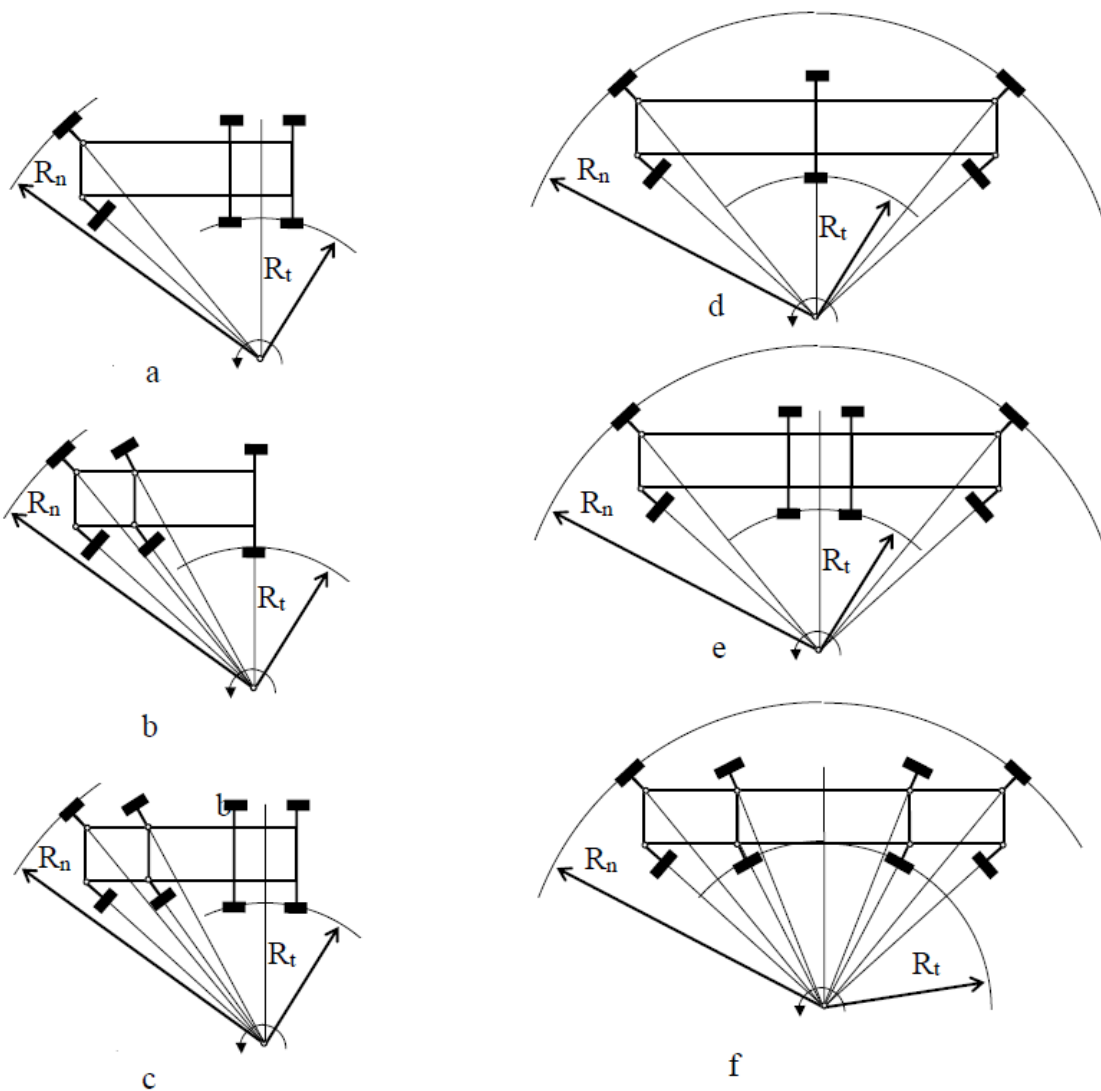
Link tài liệu trên Onedrive: <https://bit.ly/39DGnIw>

1. Khái quát

Quay vòng bằng cách thay đổi phương chuyển động của bánh xe dẫn hướng là phổ biến hơn cả. Khi đó các bánh xe dẫn hướng được quay quanh trụ đứng sao cho đường kéo dài tâm trục các bánh xe cắt nhau tại một điểm, điểm này được gọi là **tâm quay vòng**.



Hình 1. Động học quay vòng của ô tô hai cầu



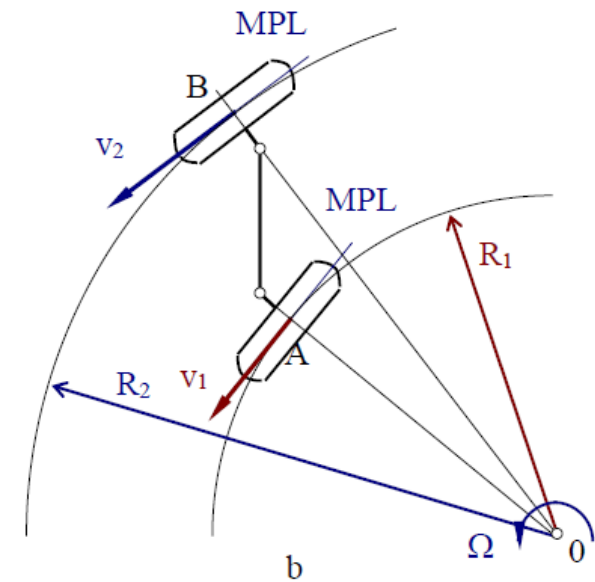
Hình 2. Sơ đồ quay vòng của ô tô nhiều cầu

a- sơ đồ quay vòng của xe ba cầu có một cầu dẫn hướng ;

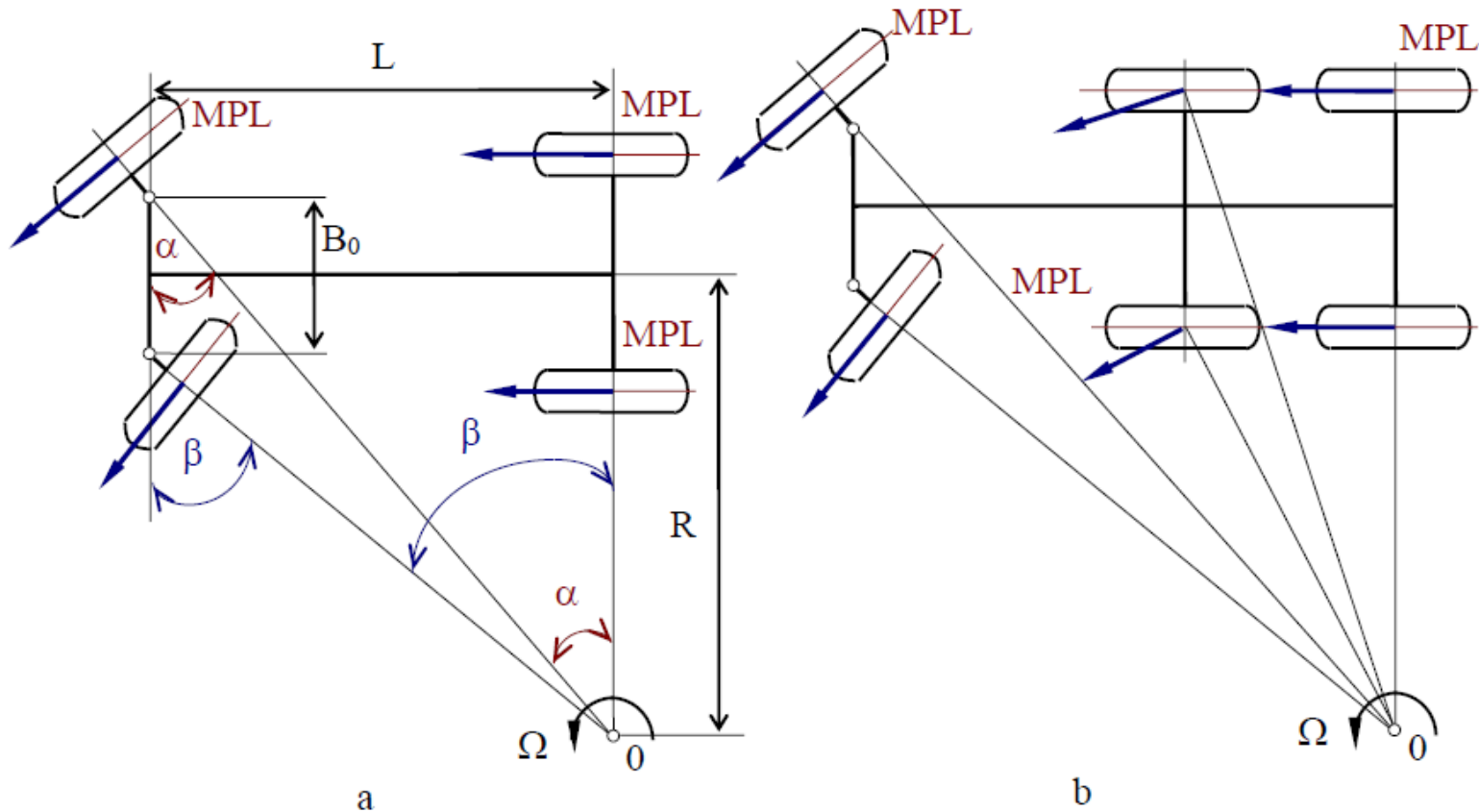
b- sơ đồ quay vòng của xe ba cầu có hai cầu dẫn hướng;

c- sơ đồ quay vòng của xe bốn cầu có hai cầu dẫn hướng;

d, e, f- sơ đồ quay vòng của xe thân dài.



1. Khái quát

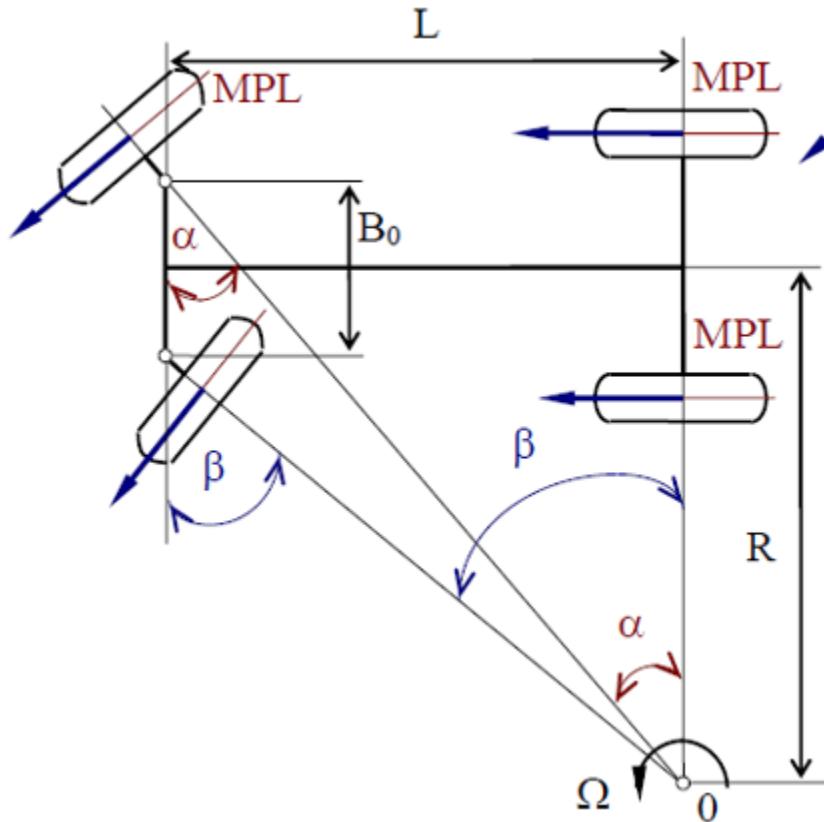


Hình 3. Sơ đồ quay vòng không trượt bên của ô tô hai cầu (a) và có trượt bên của ô tô ba cầu (b).

1. Khái quát

Mối quan hệ giữa các góc quay của bánh xe dẫn hướng quanh trụ đứng để đảm bảo khi quay vòng chúng không trượt bên đó là:

$$\cotg \alpha - \cotg \beta = \frac{B_0}{L}$$



1. Khái quát

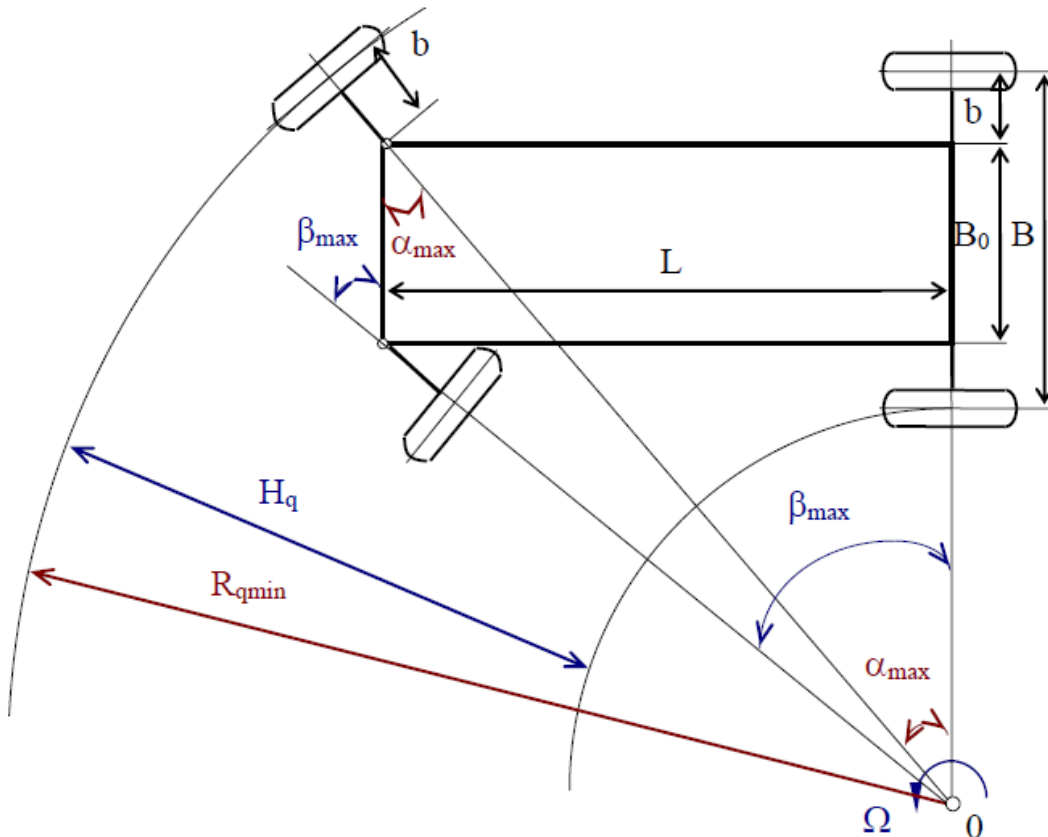
Ngoài vận tốc quay vòng, tính linh hoạt của ô tô còn được xác định bởi bán kính quay vòng nhỏ nhất (R_{qmin}) và chiều rộng hành lang quay vòng (H_q).

Bán kính quay vòng nhỏ nhất R_{qmin} là khoảng cách từ tâm quay vòng đến điểm giữa bề mặt tỳ của bánh xe dẫn hướng phía ngoài khi góc quay của nó là lớn nhất ($\alpha = \alpha_{max}$).

Chiều rộng hành lang quay vòng là chiều rộng vệt đường mà ở bán kính quay vòng nhỏ nhất ô tô hoàn toàn nội tiếp trong vệt đường đó.

1. Khái quát

a. Ô tô hai cầu có cầu trước dẫn hướng



$$R_{q\min} = \frac{L}{\sin \alpha_{\max}} + b$$

$$H_q = \left(\frac{1}{\sin \alpha_{\max}} - \frac{1}{\tan \beta_{\max}} \right) \cdot L + 2b$$

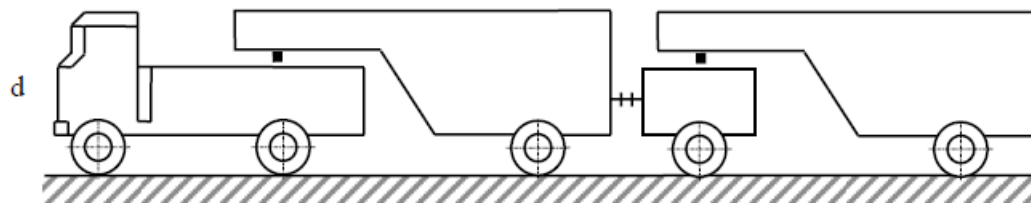
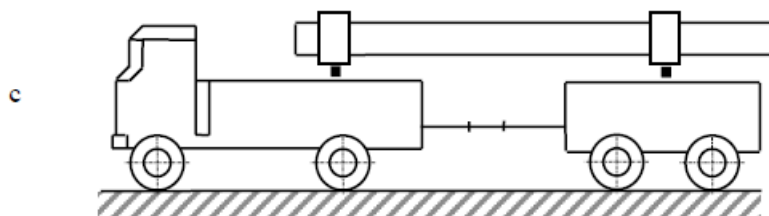
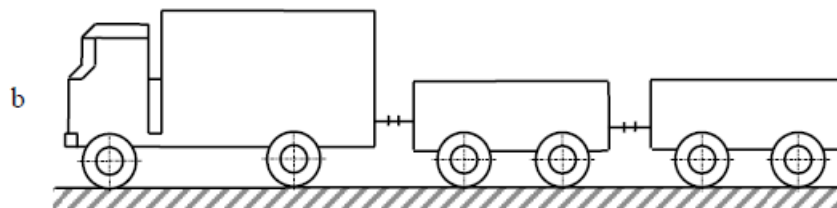
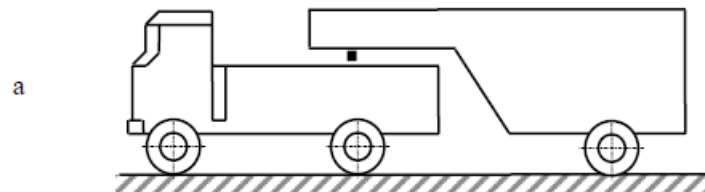
b. Ô tô hai cầu mà các cầu đều dẫn hướng

$$R_{q\min} = \frac{L}{2\sin \alpha_{\max}} + b$$

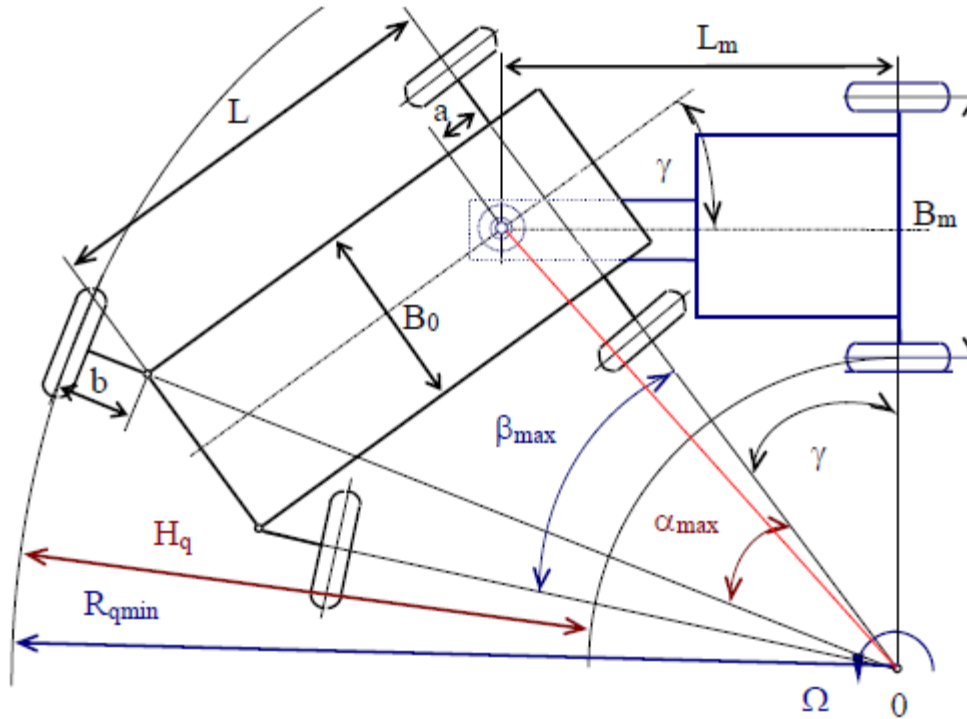
$$H_q = \left(\frac{1}{\sin \alpha_{\max}} - \frac{1}{\tan \beta_{\max}} \right) \cdot \frac{L}{2} + 2b$$

2. Động học quay vòng của đoàn xe

- a. Đoàn xe bán móc;
- b. Đoàn xe móc kéo;
- c. Đoàn xe móc kéo vật dài;
- d. Đoàn xe móc kéo hỗn hợp.



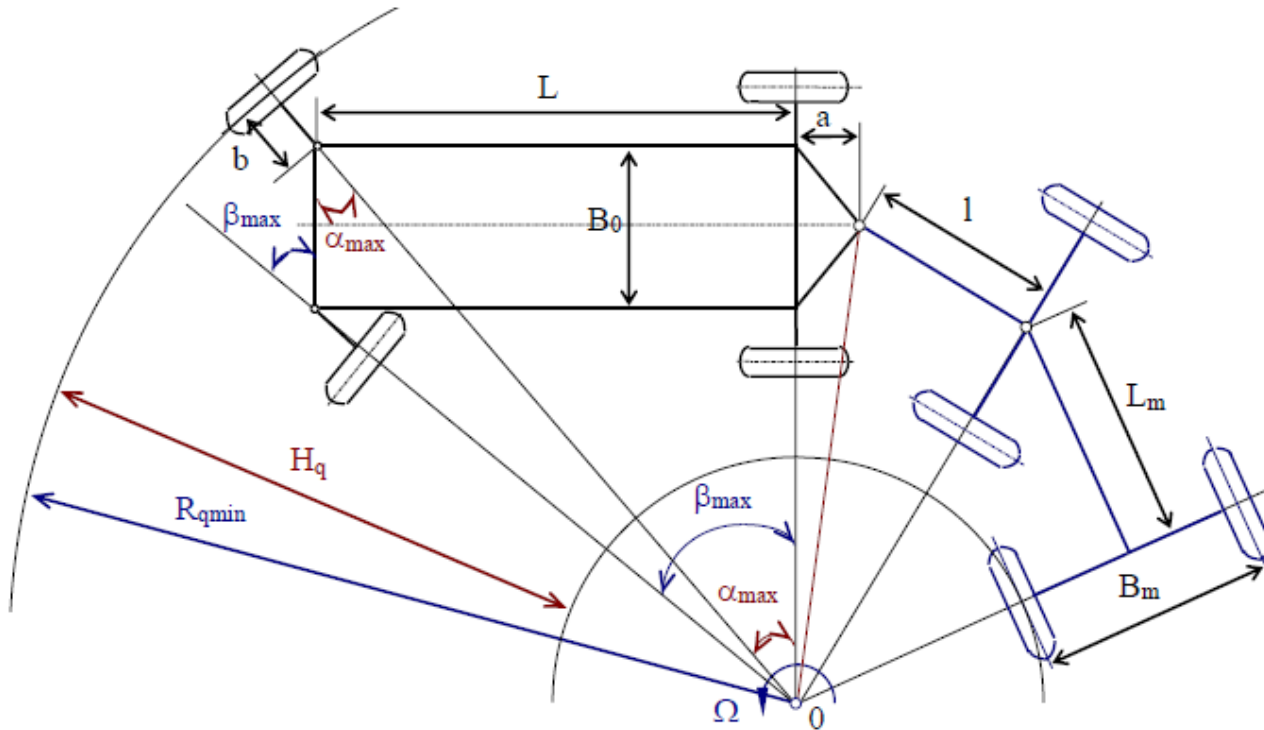
2.1. Quay vòng của đoàn xe bán moóc



$$R_{qmin} = \frac{L}{\sin \alpha_{max}} + b$$

$$H_q = R_{qmin} + \frac{B_m}{2} - \sqrt{a^2 + \left[(R_{qmin} - b) \cdot \cos \alpha_{max} - \frac{B_0}{2} \right]^2 - L_m^2}$$

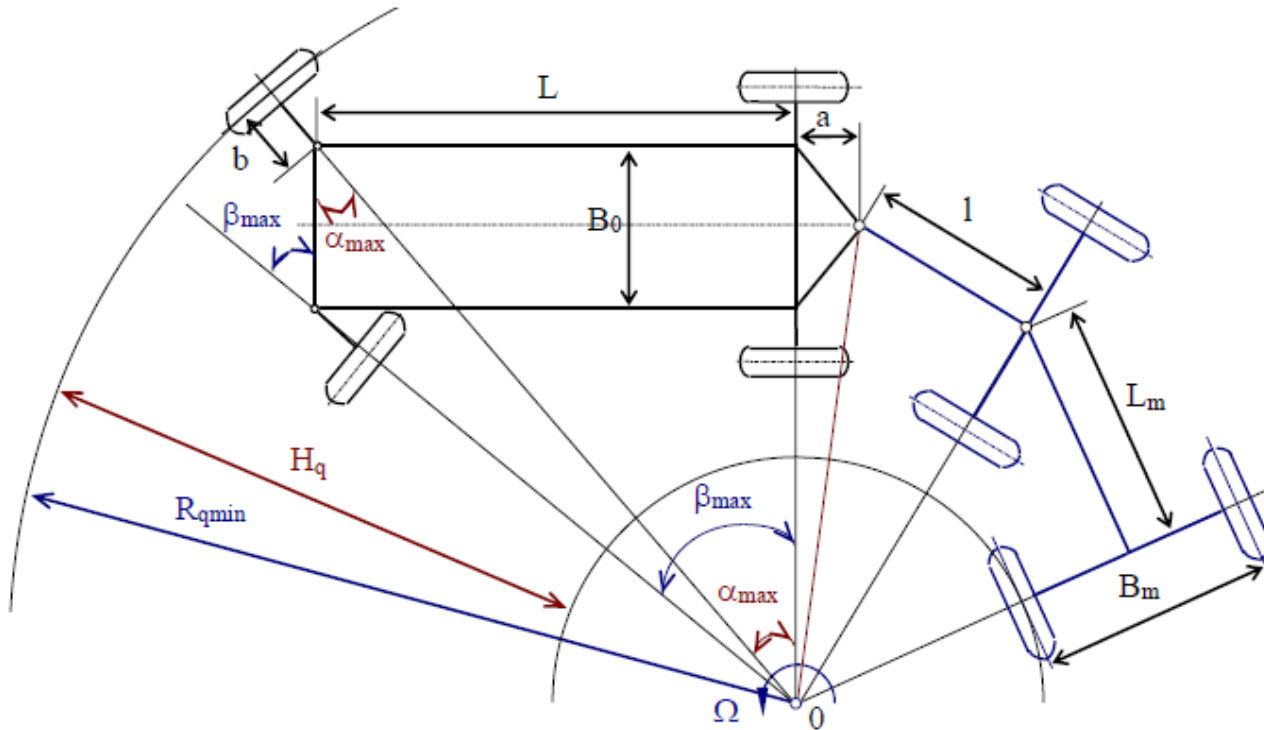
2.2. Quay vòng của đoàn xe móc kéo



$$R_{q\min} = \frac{L}{\sin \alpha_{\max}} + b$$

$$H_q = R_{q\min} + \frac{B_m}{2} - \sqrt{a^2 + \left[(R_{q\min} - b) \cdot \cos \alpha_{\max} - \frac{B_0}{2} \right]^2 - L_m^2 - l^2}$$

2.2. Quay vòng của đoàn xe móc kéo

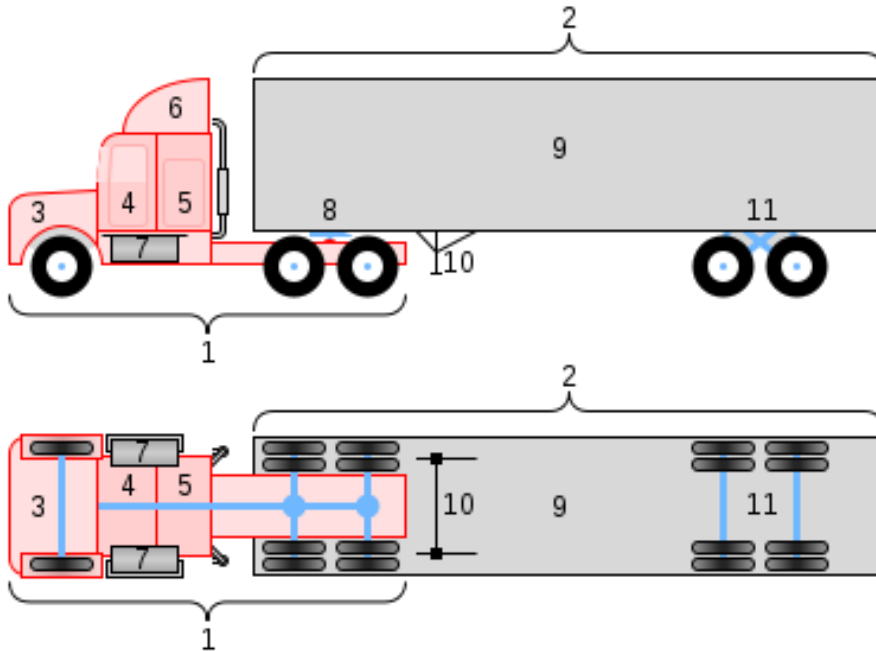


$$R_{q\min} = \frac{L}{\sin \alpha_{\max}} + b$$

$$H_q = R_{q\min} + \frac{B_m}{2} - \sqrt{a^2 + \left[(R_{q\min} - b) \cdot \cos \alpha_{\max} - \frac{B_0}{2} \right]^2 - L_m^2 - l^2}$$

Bài tập giữa kỳ:

Khảo sát động học quay của đoàn xe móc kéo: Xác định bán kính quay vòng nhỏ nhất và chiều rộng hành lang quay vòng. Trong đó, ô tô đầu kéo có công thức bánh xe 6x4 và sơ mi rơ-moóc có công thức bánh xe 4x0. Với các thông số kỹ thuật của ô tô đầu kéo và sơ mi rơ-moóc được chọn bất kỳ theo thông số của nhà sản xuất.



Yêu cầu:

1. File mềm phải nộp cho giáo viên chậm nhất trước ngày 03/10/2021.

(Trong đó tên file mềm đặt như sau:

ThS.VEE-2021_Họ và Tên_No.1)

2. Bản cứng nộp lại cho giáo viên khi hết giãn cách.



3. Động lực học quay vòng của ô tô

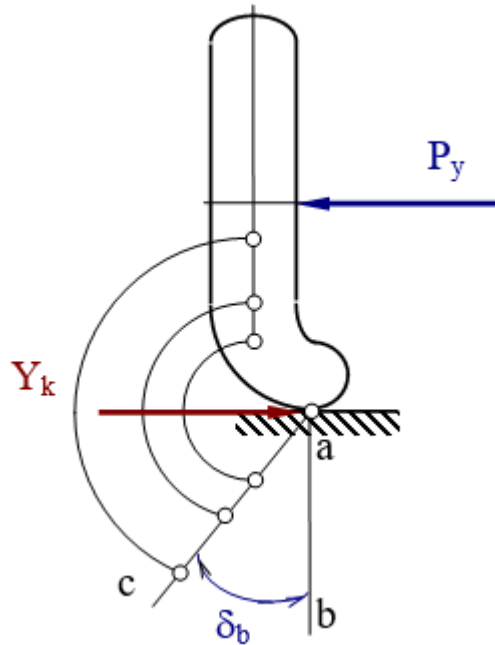
3.1. Góc lệch bên của bánh xe đàn hồi

Khi nghiên cứu động học quay vòng của ô tô chưa kể đến ảnh hưởng độ đàn hồi ngang của lốp. Trong thực tế sử dụng, độ đàn hồi ngang của lốp ảnh hưởng đến tính năng quay vòng và độ an toàn chuyển động của ô tô.

Khi quay vòng, trên ô tô sẽ tác dụng lực ngang. Lực ngang này là lực ly tâm. Ngoài lực ly tâm ô tô có thể còn chịu các lực ngang khác như lực của gió thổi ngang, thành phần lực ngang của trọng lượng ô tô khi chuyển động trên đường nghiêng....

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.1. Góc lệch bên của bánh xe đàn hồi



Giả sử trên bánh xe tác dụng lực ngang P_y nào đó (hình 4). Lực P_y làm cho bánh xe biến dạng bên. Tại vị trí tiếp xúc giữa bánh xe với mặt đường sẽ xuất hiện phản lực Y_k có trị số bằng lực P_y . Khi không có lực ngang tác dụng, bánh xe sẽ lăn trong mặt phẳng lăn của nó, nghĩa là lăn theo hướng ab . Khi có lực ngang tác dụng, bánh xe có xu hướng lăn theo hướng ac lệch so với phương ab một góc δ_b (hình 4). Góc δ_b được gọi là góc lệch bên của bánh xe đàn hồi:

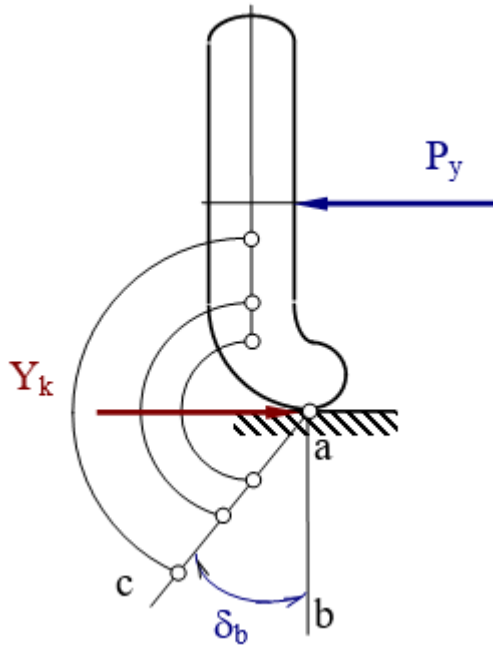
$$\delta_b = k_b \cdot Y_k$$

k_b - hệ số đàn hồi ngang của lớp, [rad/N].

Hình 4. Sơ đồ bánh xe đàn hồi lăn và chịu tác dụng của lực ngang

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.1. Góc lệch bên của bánh xe đàn hồi



$$k_b = \frac{1}{500 \cdot B \cdot (D + 2B)(0,1 + q_0)}$$

D - đường kính ngoài của bánh xe (inch);

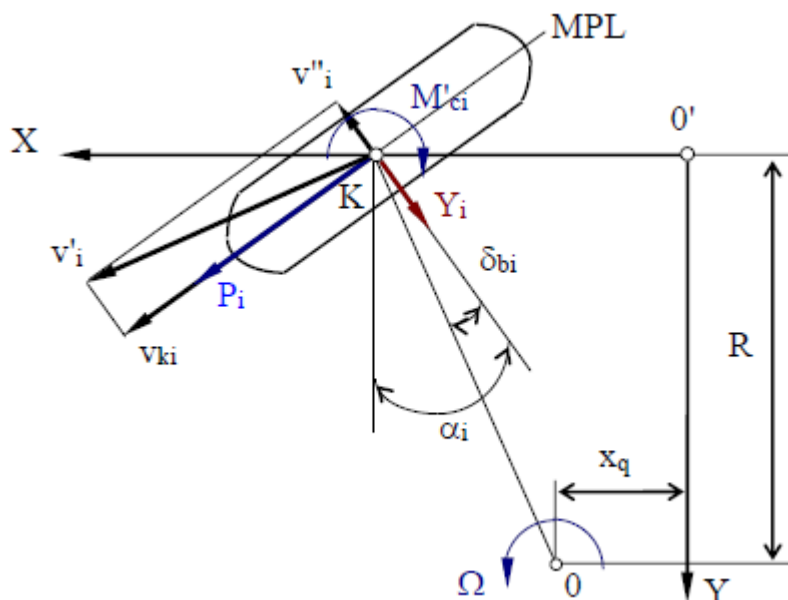
B - chiều rộng của lốp (inch);

q_0 - áp suất hơi lốp (MPa).

Hình 4. Sơ đồ bánh xe đàn hồi lăn và chịu tác dụng của lực ngang

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng



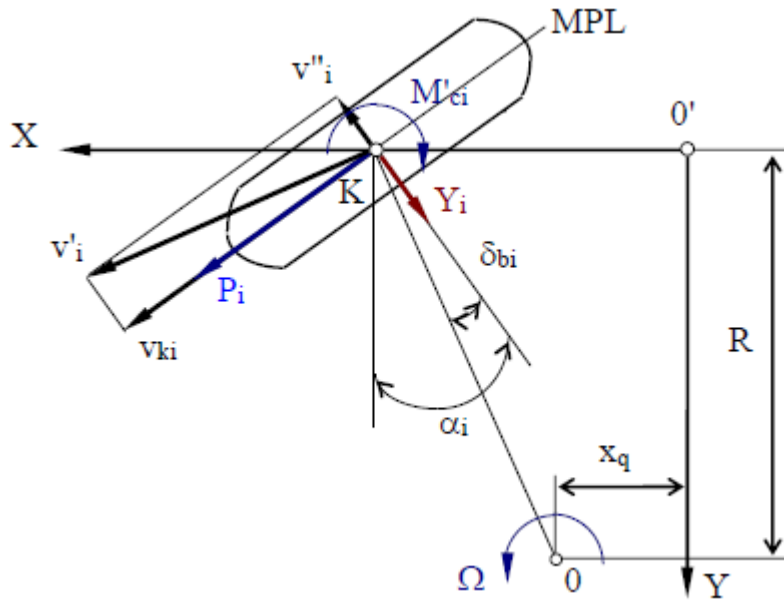
Hình 5. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng

* Xét một bánh xe dẫn hướng thứ i nào đó của ô tô khi quay vòng đều quanh tâm O ($R = \text{const}$, $\Omega = \text{const}$). Bánh xe này cũng sẽ quay vòng quanh tâm O .

* Vị trí tâm O được xác định bằng hai tọa độ cho trước (trong hệ tọa độ $XO'Y$, trục $O'X$ song song với trục dọc xe, trục $O'Y$ vuông góc với trục dọc xe). Các tọa độ đó là: **bán kính quay vòng R và khoảng cách x_q từ tâm quay vòng đến trục $O'Y$.**

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng



Hình 5. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng

* Nếu bánh xe hoàn toàn cứng và không có trượt bên thì véc tơ vận tốc v'_i sẽ nằm trong mặt phẳng lăn của nó, nghĩa là trùng với trục đối xứng dọc của bánh xe. Nhưng thực tế do lốp có tính đàn hồi, nên dưới tác dụng của phản lực ngang Y_i làm cho lốp bị lệch bên nên véc tơ v'_i bị lệch khỏi trục đối xứng dọc của bánh xe một góc δ_{bi} . Chiều v'_i lên trục đối xứng dọc sẽ nhận được vận tốc chuyển động tịnh tiến của bánh xe:

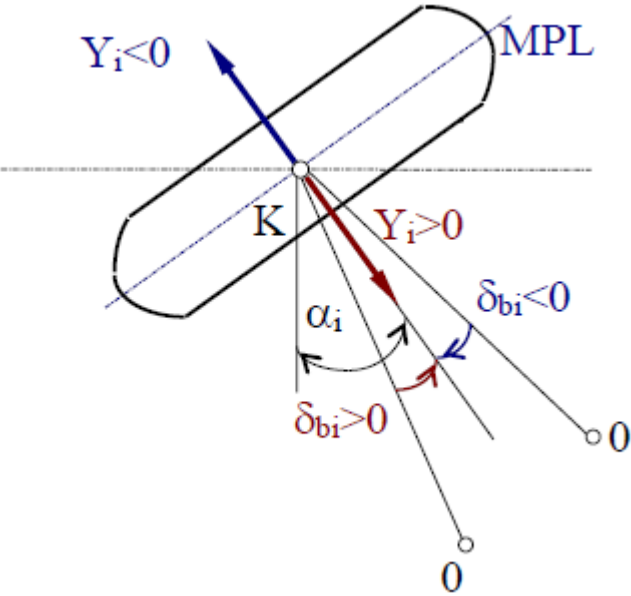
$$\mathbf{v}_{ki} = \boldsymbol{\omega}_k \cdot \mathbf{R}_i$$

ω_k - vận tốc góc của bánh xe;

r_1 - bán kính lăn của bánh xe.

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng



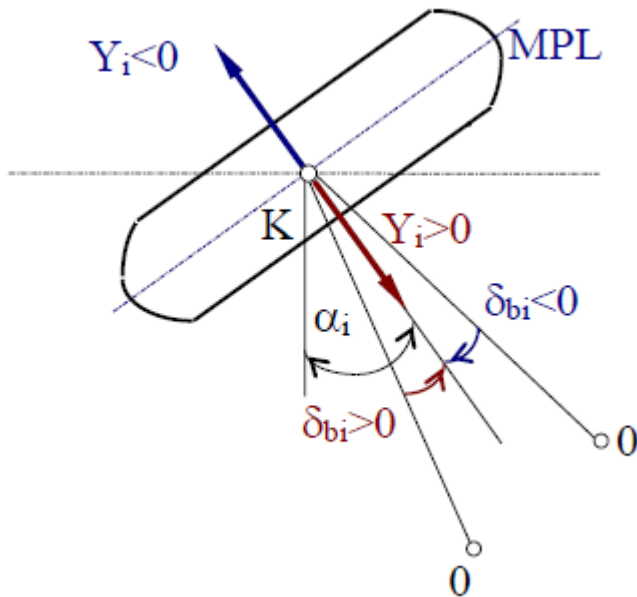
Hình 6. Sơ đồ xác định dấu của góc lệch bên δ_{bi}

* Phản lực ngang Y_i của đường tác dụng lên bánh xe có thể mang dấu dương hoặc dấu âm. Dấu của phản lực Y_i được xác định bằng dấu của góc lệch bên δ_{bi} .

+ Góc δ_{bi} sẽ mang dấu dương nếu tính từ véc tơ bán kính OK tới đường pháp tuyến với mặt phẳng lăn ngược chiều kim đồng hồ. Khi đó phản lực ngang Y_i sẽ mang dấu dương và hướng vào tâm quay vòng theo đường pháp tuyến.

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng

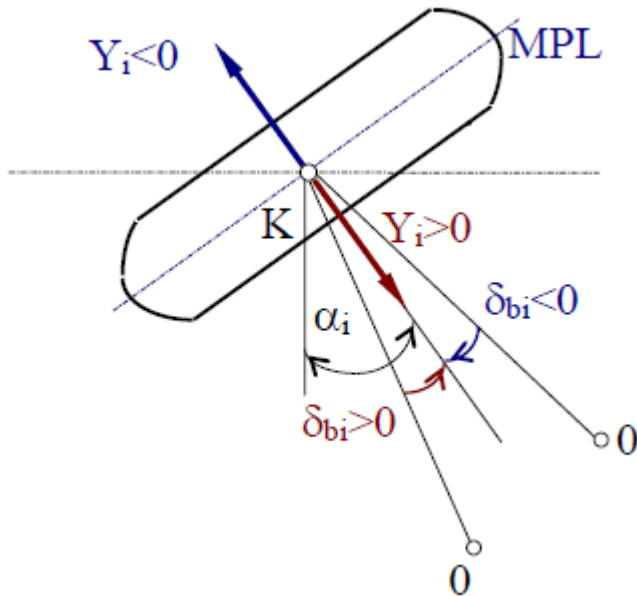


+ Góc δ_{bi} sẽ mang dấu âm nếu tính từ OK tới đường pháp tuyến với mặt phẳng lăn thuận chiều kim đồng hồ. Khi đó Y_i mang dấu âm và hướng từ tâm quay vòng ra ngoài theo đường pháp tuyến.

Hình 6. Sơ đồ xác định dấu của góc lệch bên δ_{bi}

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng



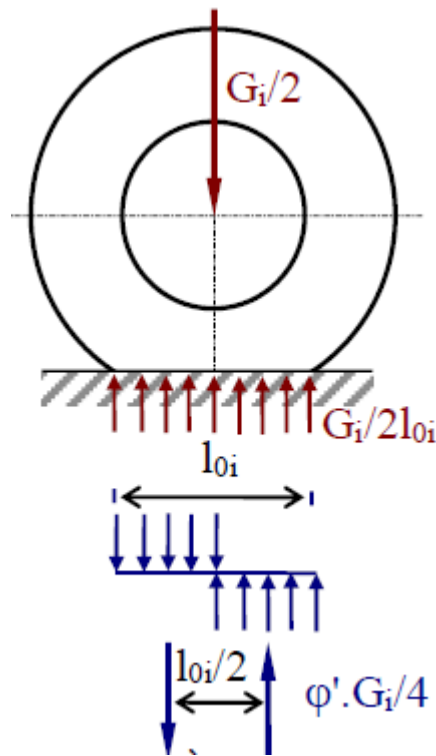
+ Góc δ_{bi} sẽ mang dấu âm nếu tính từ OK tới đường pháp tuyến với mặt phẳng lăn thuận chiều kim đồng hồ. Khi đó Y_i mang dấu âm và hướng từ tâm quay vòng ra ngoài theo đường pháp tuyến.

Góc lệch bên δ_{bi} luôn luôn nhỏ hơn 90°

Hình 6. Sơ đồ xác định dấu của góc lệch bên δ_{bi}

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng

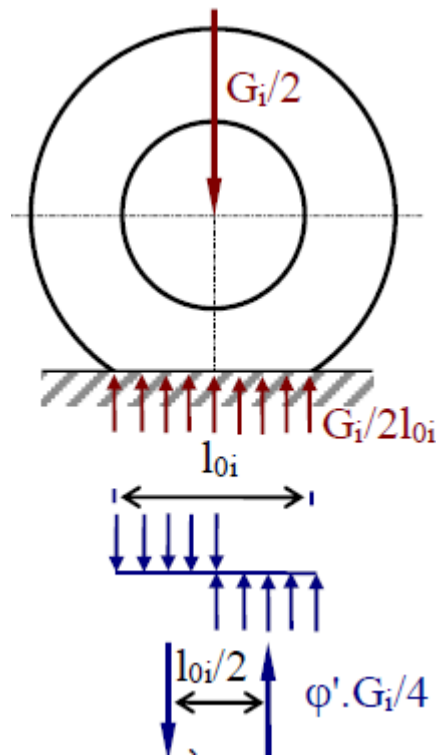


+ Từ đường còn tác dụng lên bánh xe phản lực tiếp tuyến P_i . Phản lực này nằm trong mặt phẳng lăn của bánh xe. Khi bánh xe là chủ động, phản lực P_i hướng cùng chiều chuyển động với ô tô, khi bánh xe là bị động - hướng ngược chiều chuyển động.

Hình 7. Biểu đồ phản lực pháp tuyến và tiếp tuyến của đường tác dụng lên bánh xe

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng



Hình 7. Biểu đồ phản lực pháp tuyến và tiếp tuyến của đường tác dụng lên bánh xe

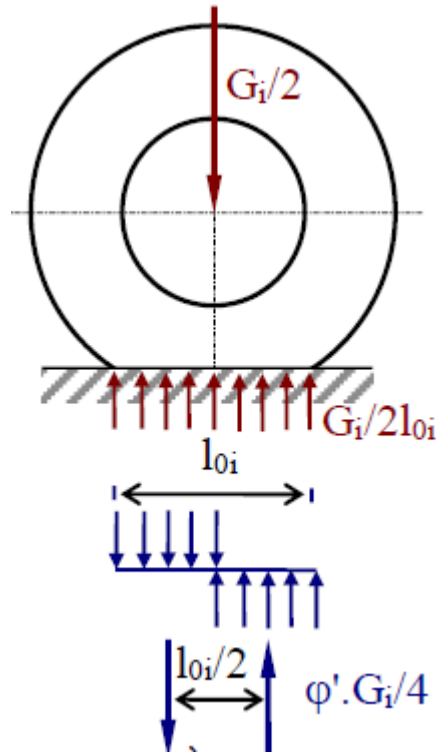
+ Khi bánh xe quay quanh trụ đứng, từ đường tác dụng lên bánh xe mô men cản quay vòng M'_{ci} . Nếu coi gần đúng thì ở vết tiếp xúc giữa bánh xe với mặt đường có phản lực pháp tuyến phân bố đều (hình 7).

+ Khi đó mô men cản quay vòng của bánh xe được xác định theo biểu thức:

$$M'_{ci} = \frac{\varphi' \cdot l_{0i} \cdot G_i}{8}$$

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.2. Lực tác dụng lên bánh xe khi quay vòng



$$M'_{ci} = \frac{\varphi' \cdot l_{0i} \cdot G_i}{8}$$

trong đó:

φ' - hệ số ma sát giữa bánh xe với đường;

l_{0i} - chiều dài vết tiếp xúc của bánh xe với đường;

G_i - tải trọng phân bố trên cầu ô tô.

Hình 7. Biểu đồ phản lực pháp tuyến và tiếp tuyến của đường tác dụng lên bánh xe



3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.3. Lực tác dụng lên ô tô khi quay vòng

Khi khảo sát quá trình quay vòng của ô tô, thừa nhận các giả thiết sau:

- ✓ Chỉ khảo sát trường hợp ô tô quay vòng đều: $R = \text{const}$; $\Omega = \text{const}$.
- ✓ Ô tô được khảo sát trong hệ trục tọa độ $XO'Y$, trong đó O' là tâm trục cân bằng của các bánh xe cầu sau và cầu giữa, trục $O'X$ là trục dọc xe và trục $O'Y$ vuông góc với trục $O'X$.
- ✓ Mỗi cặp bánh xe được thay thế bằng một bánh xe với góc quay vòng và góc lệch bên tương đương được tính như sau:

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.3. Lực tác dụng lên ô tô khi quay vòng

$$\alpha_i = \frac{1}{2}(\alpha + \beta)$$

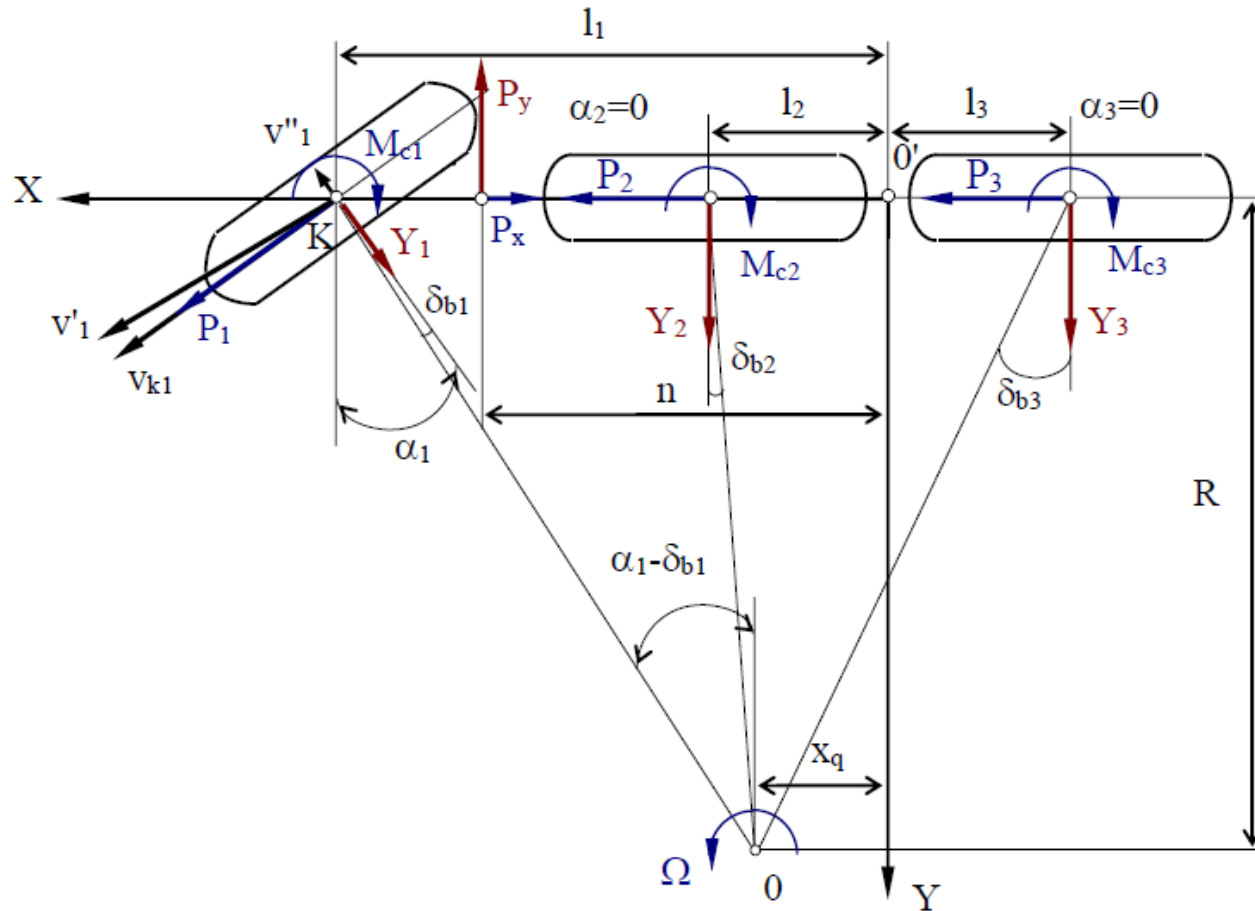
$$\delta_{bi} = \frac{1}{2}(\delta'_b + \delta''_b)$$

Trong đó:

- ✓ α_i , δ_{bi} - góc quay vòng và góc lệch bên tương đương;
- ✓ α , β , δ'_b , δ''_b - góc quay vòng và góc lệch bên của bánh xe phía ngoài và phía trong.
- ✓ Cầu trước là cầu dẫn hướng nên $\alpha_i = \alpha_1 = \alpha$; cầu giữa và sau không dẫn hướng nên: $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$;

3. Động lực học quay vòng của ô tô

3.3. Lực tác dụng lên ô tô khi quay vòng



Hình 8. Sơ đồ lực tác dụng lên ô tô khi quay vòng.



3. Động lực học quay vòng của ô tô

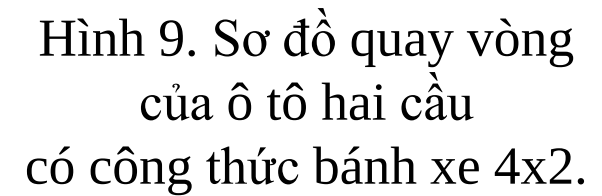
Ví dụ: Giải bài toán quay vòng tĩnh của ô tô có công thức bánh xe 4x2

Các giả thiết:

- + Xe quay vòng tĩnh trên đường bằng có lớp phủ cứng, do vậy $v = 0$;
 $P_x = 0$; $P_y = 0$.
- + Góc tọa độ của hệ trục khảo sát nằm ở tâm trục bánh xe cầu sau chủ động không dẫn hướng.
- + Bánh xe cầu trước là bánh xe bị động dẫn hướng.

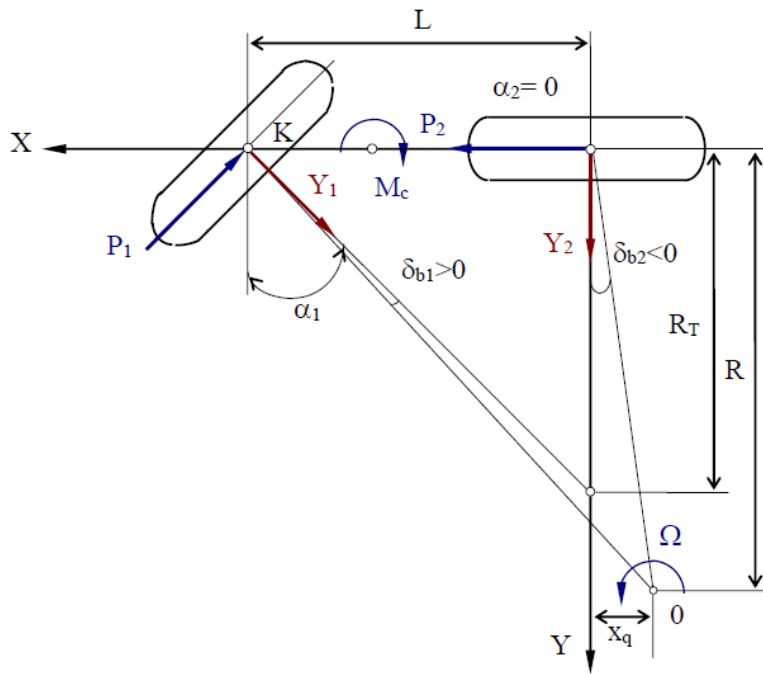
Từ các giả thiết trên sơ đồ khảo sát có dạng như mô tả trên hình 9.

Giải bài toán quay vòng tĩnh của ô tô có công thức bánh xe 4x2



3. Động lực học quay vòng của ô tô

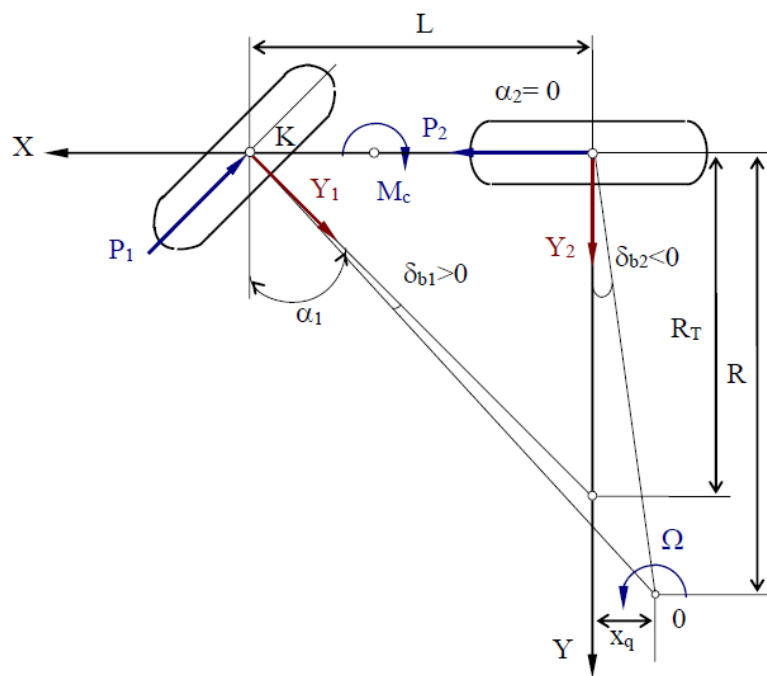
Giải bài toán quay vòng tĩnh của ô tô có công thức bánh xe 4x2



- Trên các bánh xe cầu trước dẫn hướng tác dụng lực cản lăn P_1 , phản lực bên Y_1 và mô men cản quay vòng M_{c1} .
- Trên các bánh xe cầu sau tác dụng lực kéo P_2 , phản lực bên Y_2 và mô men cản quay vòng M_{c2} .
- Mô men cản quay vòng của các bánh xe cầu trước, sau được tổng hợp lại trong mô men cản tổng M_c .

3. Động lực học quay vòng của ô tô

Giải bài toán quay vòng tĩnh của ô tô có công thức bánh xe 4x2



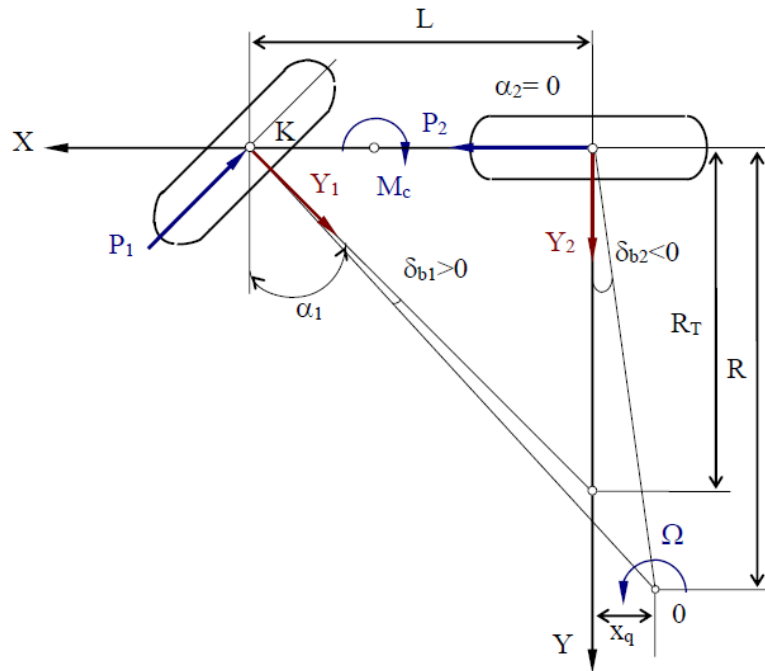
- Xây dựng 3 phương trình tĩnh học về cân bằng mô men và cân bằng lực:

$$\left. \begin{aligned} - P_1 \cdot L \cdot \sin \alpha_1 + Y_1 \cdot L \cdot \cos \alpha_1 &= M_c \\ - P_1 \cdot \cos \alpha_1 + P_2 - Y_1 \cdot \sin \alpha_1 &= 0 \\ - P_1 \cdot \sin \alpha_1 + Y_1 \cdot \cos \alpha_1 + Y_2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Trong hệ phương trình trên, lực cản lăn P_1 là thông số đã biết. Những thông số cần tìm sẽ là: P_2, Y_1, Y_2

3. Động lực học quay vòng của ô tô

Giải bài toán quay vòng tĩnh của ô tô có công thức bánh xe 4x2



$$Y_1 = \frac{M_c + P_1 \cdot L \cdot \sin \alpha_1}{L \cdot \cos \alpha_1}$$

$$P_2 = \frac{(M_c + P_1 \cdot L \cdot \sin \alpha_1) \cdot \tan \alpha_1}{L} + P_1 \cdot \cos \alpha_1$$

$$Y_2 = \frac{M_c}{L}$$

$$R = \frac{L}{\tan \alpha_1 - \frac{k_b \cdot M_c}{L} \cdot \left(1 + \frac{1 + \tan^2 \alpha_1}{\cos \alpha_1} \right)}$$

$$X_q = \frac{1}{-\frac{\tan \alpha_1}{k_b \cdot M_c} + \frac{1 + \cos \alpha_1 + \tan^2 \alpha_1}{L \cdot \cos \alpha_1}}$$



Tiểu luận cuối kỳ:

***“Khảo sát động lực học quay vòng tĩnh của ô tô
có công thức bánh xe 4x2”***

Các thông số cho trước:

Thông số kỹ thuật của ô tô có thể chọn bất kỳ theo thông số của nhà sản xuất.

Yêu cầu:

1. File mềm phải nộp chậm nhất nhất cho giáo viên trước ngày 03/10/2021.

(Trong đó tên file mềm đặt như sau: ThS.VEE-2021_Họ và Tên_No.2)

2. Bản cứng nộp lại cho giáo viên khi hết giãn cách.



THANK YOU
FOR
YOUR ATTENTION

ANY
QUESTIONS?