

العلاقة بين المركبات والطريق

مقدمة عامة:

تعتمد حياة الأفراد في كل مجتمع متطور على اختصار زمن انتقالهم من مكان الى آخر، وكذلك على سرعة حصولهم على متطلبات حياتهم اليومية ووصولهم إلى أماكن عملهم، وهذا بدوره مرتبط بشكل أساسي بشبكات المواصلات المتوفرة وبدرجة رقيها وتطورها وملاءمتها للغرض الذي وجدت من أجله. تعتبر المواصلات بشكل عام والطرق بشكل خاص الشريان الأساسي والحيوي لكل المجتمعات، وأفضل تشبيه لها يتمثل في كونها الشريان الحيوي للمجتمع، لأن وظيفتها شبيهة بوظيفة الشرايين في جسم الإنسان، كما تعد الطرق خارج المدن من أقدم أنواع المواصلات المستخدمة للتواصل بين الشعوب، وتعود بداياتها إلى العصور الأولى لتحضّر الإنسان.



تعريف المواصلات:

هي نقل الأفكار والأشياء والأحياء من مكان إلى آخر بواسطة وسائط نقل واتصال محددة وعبر منشآت مخصصة، لذلك تعتبر المواصلات الشريان الأساسي والحيوي لكل مجتمع من المجتمعات، بحيث أن تقدم الأمم والشعوب أصبح يقاس بدرجة تطور شبكة المواصلات لديها. وتعتبر المواصلات بحد ذاتها عملاً منظماً يكون مردوده استطاعة نقل الأفكار من مكان لآخر، أو نقل الأشخاص من المسكن إلى العمل أو أماكن الترفيه وغيرها، وكذلك نقل المواد الأولية أو الزراعية من أماكن استخراجها إلى أماكن تصنيعها ومن ثم تسويقها وإيصالها للمستهلك، وبالتالي المواصلات خاصة أساسية إنتاجية في حياة كل مجتمع، وتنعكس على كل مفاصله، وتتطلب هذه الخاصية تشييد منشآت خاصة بها وتصنيع وسائط النقل، بهدف تقديم الخدمات للفرد والمجتمع على مستوى من الرقي والتطور.



شكل توضيحي لترابط المواصلات مع مجالات ونشاطات حياة المجتمع المختلفة

أنواع المواصلات:

تقسم المواصلات حسب طبيعة مساراتها إلى:

- أرضية (سكك حديدية وطرق)
- مائية
- جوية

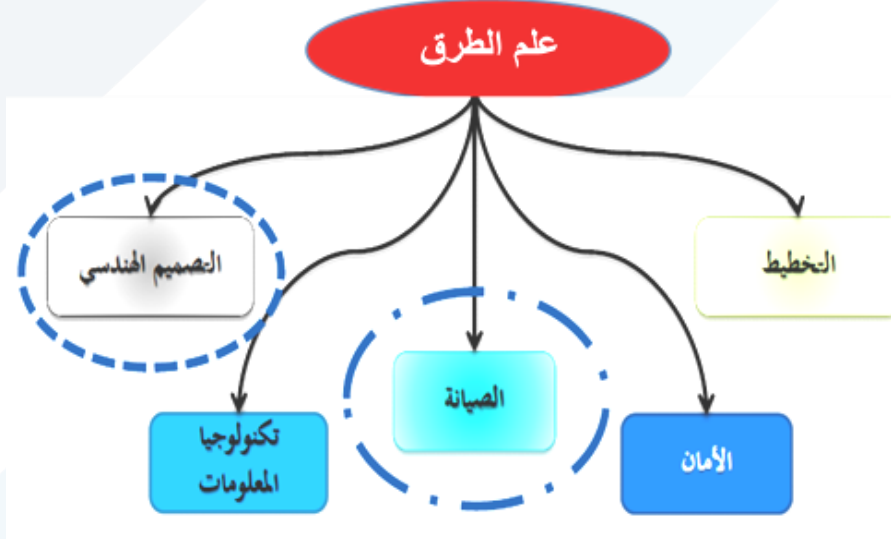
المواصلات الأرضية (الطرقية)

وتعتبر شريحة مهمة وأساسية من شرائح المواصلات، حيث تمتاز بمرونة عالية، تحدد مساراتها على اليابسة، وتتمثل بشريط من الأرض محدد ومجهز لسير العربات. يقتصر دور المواصلات الطرقية على اليابسة الذي يعتبر جيد للمسافات القصيرة والمتوسطة، ويكمل بنفس الوقت النقل بالسكك الحديدية التي تأخذ الأولوية للنقل بكميات كبيرة ولمسافات متوسطة وطويلة على سطح اليابسة، ولا يمكن تخطي العوائق المائية إلا باستخدام النقل البحري البطيء الأكثر أماناً واستطاعةً، ويكمل الأنواع المذكورة سابقاً النقل الجوي السريع، أي أنه من غير الممكن اعتماد وتعميم نوع واحد من المواصلات لتلبية احتياجات المجتمع، بل لابد من التنسيق والتكامل بين كافة أنواع المواصلات، بحيث نحصل على وحدة نقل كاملة متكاملة.

أهمية تخطيط الطرق

احتل تخطيط الطرق وتصميمها حيزاً كبيراً من الأهمية في بداية القرن العشرين، وجاء ذلك نتيجة لتطور العربات، وتعتبر مشاريع الطرق من أهم مشاريع البنية التحتية التي تساعد على تنامي الاقتصاد القومي، والتي تعبر عن مدى تقدم الأمم ورقي الشعوب، وهي من المشاريع التي تستهلك الكثير من موارد الدول

المالية، والتي تسترد تكاليفها على المدى الطويل، لذلك ومن الضروري الاهتمام بكل من تصميم وتنفيذ هذه المشاريع للتأكد من الوصول للعمر التصميمي المرجو، ولتوفر تكاليف الصيانة الناتجة عن أي تقصير في التصميم أو في التنفيذ.

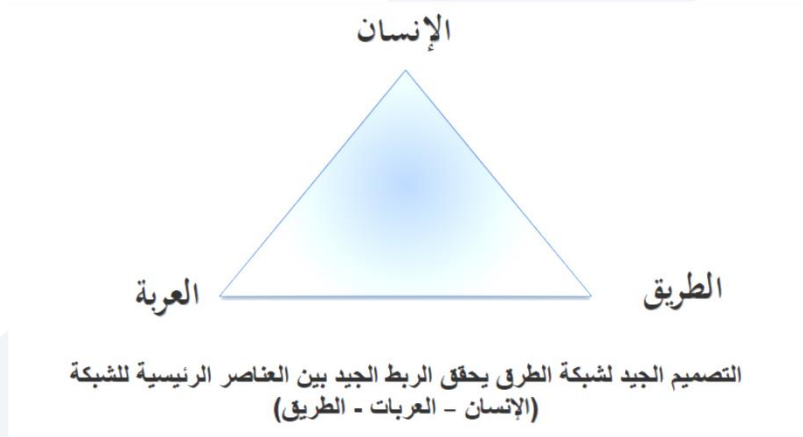


ويعرف التصميم الهندسي للطرق على أنه عملية إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية له مثل المسار ومسافات الرؤية والانحدارات..... الخ، ومن أهم المعطيات اللازمة للتصميم الهندسي للطرق هي:

- أهمية المشروع وأهدافه.
- المسح الطبوغرافي لمسار الطريق ووضع المخططات المطلوبة.
- ميكانيك التربة وتحديد أنواع الترب وقدرة التحمل لكل منها.
- الدراسة الهيدرولوجية ومواقع المسيلات والأعمال الصناعية المتوقعة.
- القيم المرورية المتوقعة ونسب العربات.

- نتائج الدراسات الاستطلاعية والأولية لمسار الطريق بمختلف أنواعها.
- نتائج الاستقصاءات الميدانية لمسار الطريق وجواره، التي يجب على المصمم القيام بها.
- نقاط التحكم الإجبارية والتي تعترض المسار الأفقي للطريق.

عناصر شبكة الطرق



ومن خلال مراقبة التبادل بين هذه العناصر ودور العامل البشري في حركة النقل نجد أن:

- ✓ الإنسان (سائقون، ركاب، مشاة، دراجين) عنصر مهم وفعال في شبكة الطرق ويؤثر في كل مرحلة من مراحل التصميم والإدارة، وهو المستفيد الأول والأخير من الشبكة الطرقية.
- ✓ الصفات الإنسانية متنوعة بشكل كبير وتصرفات البشر غير متوقعة في كثير من الأحيان من حيث القدرات أو الخصوصية.
- ✓ الصفات الإنسانية الفيزيائية (يمكن أن تقاس وأن تحدد قيم لها)، أما الصفات الإنسانية النفسية (من الصعب قياسها وتحديد قيم خاصة لها).



قيادة العربة هي عملية معقدة ومستمرة زمنياً طوال فترة القيادة، وتتضمن مراقبة كل العوامل المحيطة بالسائق من طريق وعربات ومشاة وراكبي دراجات، ومن ثم اتخاذ القرارات المناسبة لذلك. تتضمن قيادة العربات ثلاث مهام رئيسية:

- **التحكم: (التحكم بالسرعة، التسارع، الفرملة، التحكم بمقود العربة).**
- **التوجيه: (أي الحفاظ على مسافات الأمان المناسبة، البقاء في الحارات المخصصة للحركة، تجنب الاصطدام بالمحيط).**
- **القيادة: (اختيار المسار الصحيح، تتبع لوحات الدلالة والإرشاد وإشارات المرور المنظمة)**

يستخدم السائق خلال قيادة العربة الحواس التالية:
الشعور والتوازن (بين القوى المحيطة والقوى الداخلية للعربة)، الرؤية (حيث أن 90% من المعلومات التي يتلقاها السائق تكون عن طريق البصر)، السمع (وهو مهم جداً للتفاعل مع البيئة والطريق)، الشم (من أجل تحديد وضع العربة في حالات الطوارئ).

زمن رد فعل السائق: هو التأخر الزمني بين ظهور الحدث في البيئة المحيطة بالسائق وبداية اتخاذ رد الفعل المناسب لهذا الحدث، ويتضمن زمن رد الفعل كل مراحل اتخاذ القرار:

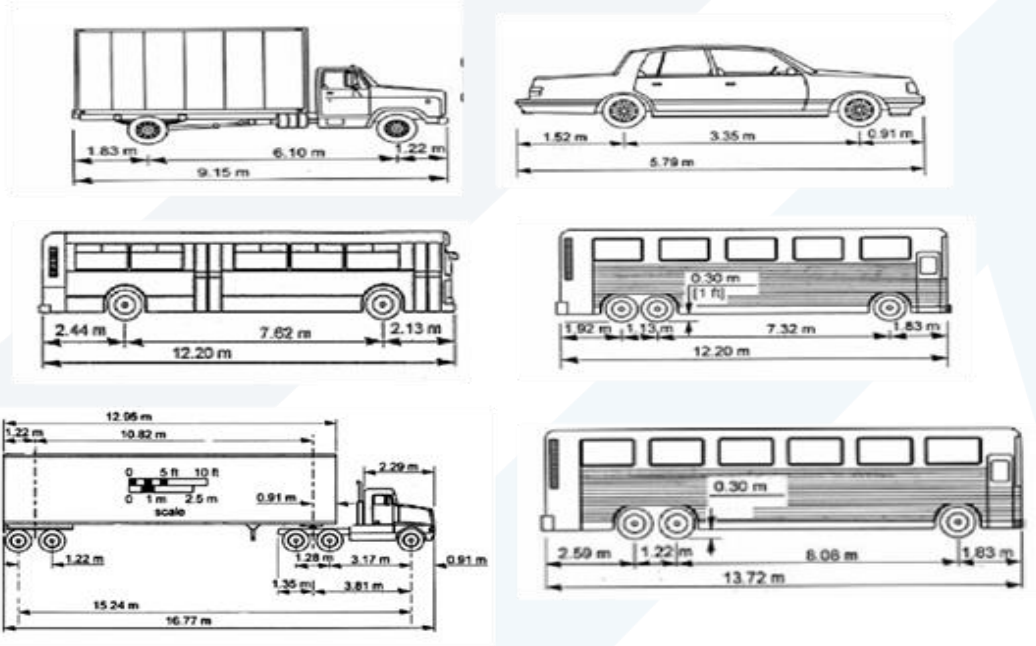
- **الحواس واستقبال البيانات (رؤية عائق على الطريق).**
- **تحليل البيانات وتحديد الخيارات (تحديد نوع العائق).**
- **اتخاذ القرار بالمقارنة بين الحالة والأهداف (تجنب العائق أم متابعة السير عليه).**
- **بداية تنفيذ القرار (بدء تحريك القدم أو اليدين للتحكم بالمكابح أو بمقود العربة).**

يتراوح زمن رد الفعل بين 0.5 و 7 ثواني، ولكن معظم السائقين لديهم زمن رد الفعل بين 1 و 2 ثانية، وتغطي نسبة 85% من زمن رد فعل السائقين القيمة 2.5 ثانية، ووفق الأشتو (AASHTO (American Association of Highway and Transportation Officials)، تقطع العربة مسافة 70 متر إذا كانت سرعتها 100 كم/سا). تؤثر عوامل مختلفة في اختلاف زمن رد فعل السائق:

- ظروف الطريق (مبلل أو جاف أو جليد أو ثلج - نهار أو ليل - حضري أم خارجي)
- عمر السائق
- القدرة على الرؤية
- حالة السائق الفيزيائية: (التعب - حدة البصر - الحالة الصحية - تحت تأثير المخدرات أو الخمر)
- مستوى تعقيد القرار و الحالة
- مستوى تعقيد العمل المطلوب
- الحالات المتوقعة و الحالات غير المتوقعة.

العربة التصميمية:

تتحكم الميزات الفيزيائية للعربة وأبعادها (نسبة قوة الجر إلى الوزن، ارتفاع العربة وعرضها وقدرتها على الانعطاف ونصف قطر الانعطاف الأصغري لها)، بالتصميم الهندسي للطريق، أما عناصر الطريق المؤثرة فهي تتضمن اختيار الميل الأعظمي، عرض حارة المرور، اتساع المنعطف الأفقي للحركة، تصميم التقاطعات.

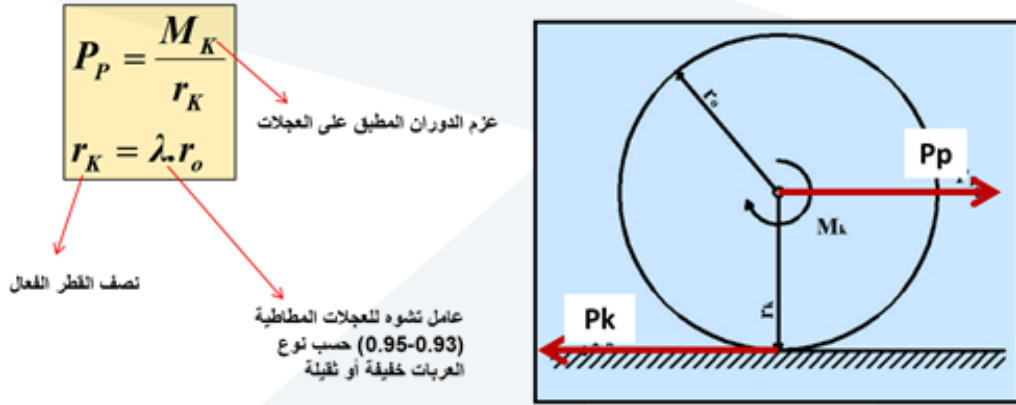


نماذج لعربات تصميمية

أبعاد وميزات العربة التصميمية

العربة التصميمية	رمز العربة التصميمية	الكل (m)			الأجزاء المتتالية (m)		عجلة أساسية	نصف قطر الانعطاف التصميمي الأصغري (m)
		الارتفاع	العرض	الطول	الأمامية	الخلفية		
عربة صالحة للاستخدام	DV1	1.3	2.1	5.8	0.9	1.5	3.4	7.3
شاحنة مفردة	DV2	4.1	2.6	11.0	1.5	3.0	6.5	12.8
باص مفرد	DV3	4.1	2.6	12.1	2.1	2.4	7.6	12.8
عربة نصف مقطورة مفردة	DV4	4.1	2.6	15.2	1.2	1.8	4.8+8.4=13.2	13.7

أنواع العربات النموذجية وأبعادها



$$M_k = M_e \cdot i_k \cdot i_o \cdot \eta$$

عزم المحرك (Kg.m)، وله علاقة
بإستطاعة المحرك (حصان بخاري)

عامل المردود
الميكانيكي لأجهزة
نقل الحركة في
العربة

نسب تخفيض في علبه السرعة وفي أجهزة نقل الحركة

سرعة العربة هي المسافة التي يقطعها محيط الدولاب في واحدة الزمن:

$$v = \frac{2\pi r_k \cdot n_k}{60}$$

سرعة العربة ، م/ثا

سرعة دوران الدولاب ، دورة / دقيقة
وهي تتعلق بعدد دورات الكرنك ، دورة / دقيقة، مع الأخذ بعين الإعتبار نسب
التخفيض في علبه السرعة وفي أجهزة
نقل الحركة.

تؤثر على حركة العربة مجموعة من القوى أثناء حركتها على الطريق، وتكون حركتها تقدمية على الأجزاء المستقيمة من محور الطريق كما أنها تدور حول محور شاقولي عند حركتها على المنحنيات، وقد تتعرض للاهتزاز أثناء حركتها في الاتجاهين الطولي والعرضي بسبب مرور الدواليب على سطح غطاء غير مستوي تماماً، لذلك وبما أنه من الصعب جداً وضع مجمل هذه العوامل في الحساب فإننا نفترض أن العربة تتحرك بدون اهتزاز على سطح غطاء مستو وصلب وغير قابل للتشوه عند تحديد عناصر الطريق في المسقط والمقطع، ولكي يتمكن من تصميم الطريق بشكل تكون معه الحركة آمنة واقتصادية ومريحة وممتعة يجب أن يوضع في الحساب التأثير المتبادل لمختلف العوامل التي تؤثر على نظام حركة العربة ومنها الخواص الاستثنائية للعربة ، حالة الطريق وكذلك المهارات الشخصية للسائقين.

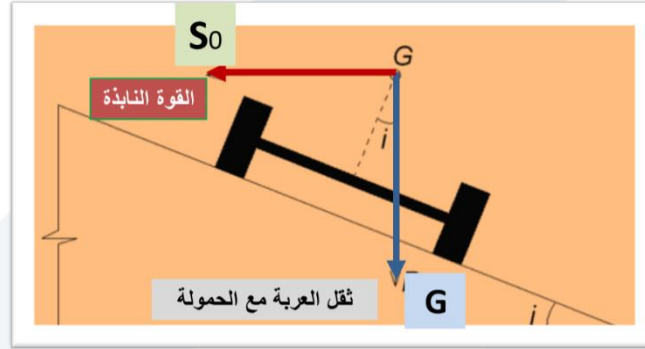
أما أهم القوى المؤثرة عليها فهي:

1- ثقل العربة مع الحمولة

2- القوة النابذة

3- ضغط الهواء

4- مزدوجة قوى الجر



القوى المؤثرة في العربة المتحركة على المنعطفات

القوة النابذة S_0

$$S_0 = m * \frac{v^2}{R}$$

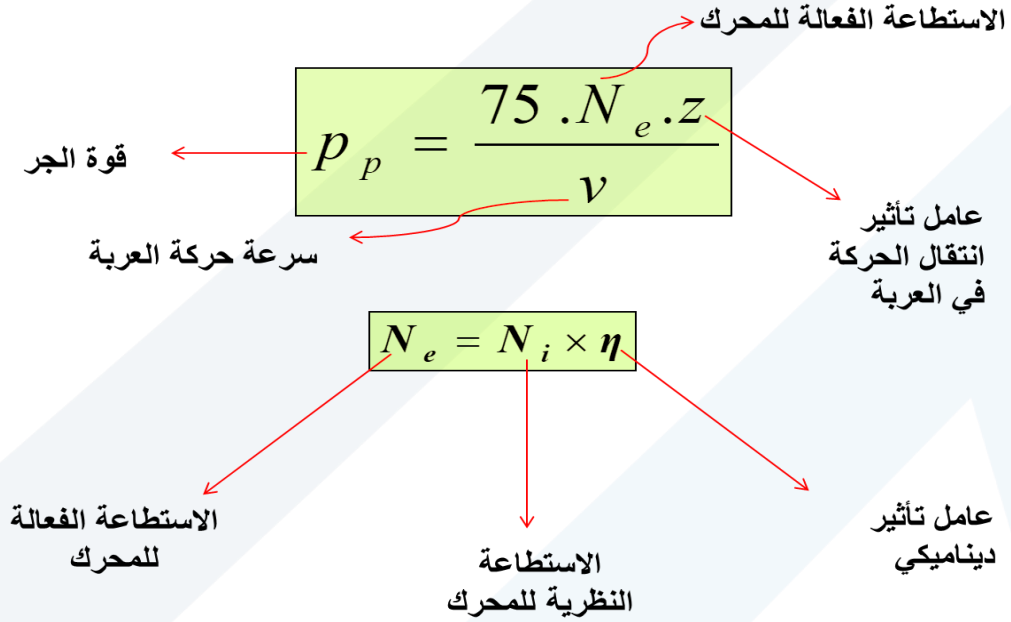
S_0 (نيوتن) \leftarrow Kg.m/sec²
 v^2 \rightarrow m/sec
 m \rightarrow Kg

ضغط الهواء: ويتعلق بسرعة العربة ويعطى من أجل واحدة السطح:

$$w = \frac{\rho}{2 \times 9.81} \cdot c \cdot v_w^2$$

w \rightarrow كثافة الهواء
 c \rightarrow عامل مقاومة الوسط الهوائي ويتعلق بشكل الجسم المتحرك وبمساحته وبنعومة سطحه، وليس له واحدة.
 v_w \rightarrow سرعة حركة العربة بالنسبة للوسط الهوائي، m/sec

قوة الجر: وهي القوة المتعلقة بالاستطاعة الفعالة للمحرك والمتعلقة أيضاً بسرعة العربة.



أو تعطى بالعلاقة التالية:

نسب تخفيض في علبه السرعة وفي أجهزة نقل الحركة

$$P_p = 716,2 \times \frac{N_e \cdot i_k \cdot i_o}{n_e \cdot r_K} \eta$$

عدد دورات الكرنك (دورة / دقيقة)

نصف القطر الفعال

القوى المقاومة لحركة العربة

- 1- المقاومة الناتجة عن التدرج (قوى مقاومة دوران الدواليب).
- 2- قوى مقاومة الوسط الهوائي.
- 3- مقاومة الحركة أثناء الصعود على مرتقى بميل ما.
- 4- المقاومة الناتجة عن التسارع (مقاومة قوى العطالة للعربة).

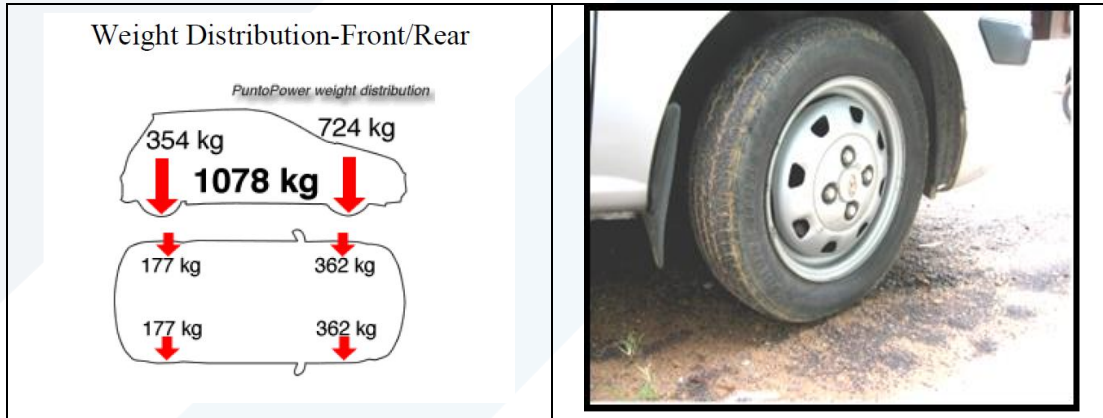
1- المقاومة الناتجة عن التدرج (قوى مقاومة دوران الدواليب):

وتنتج هذه المقاومة من:

- تشوه العجلات
 - ضياع في الطاقة
 - ارتطام العجلة مع تشوهات سطح الطريق
 - الاحتكاك الناتج عن عملية التدرج
- وتتعلق هذه المقاومة بـ:

- طبيعة العجلة (نوعها وتركيبها)

- ضغط العجلة وأبعادها ومرونتها
- نوعية غطاء الطريق وسويته
- ثقل العربة، حيث أن المقاومة تتناسب طردياً مع الحمولات على هذه الدواليب.



$$\sum P_f = \sum G_i \cdot f_i$$

عامل مقاومة الدوران لكل دولاب

$$f = \frac{\sum P_f}{G}$$

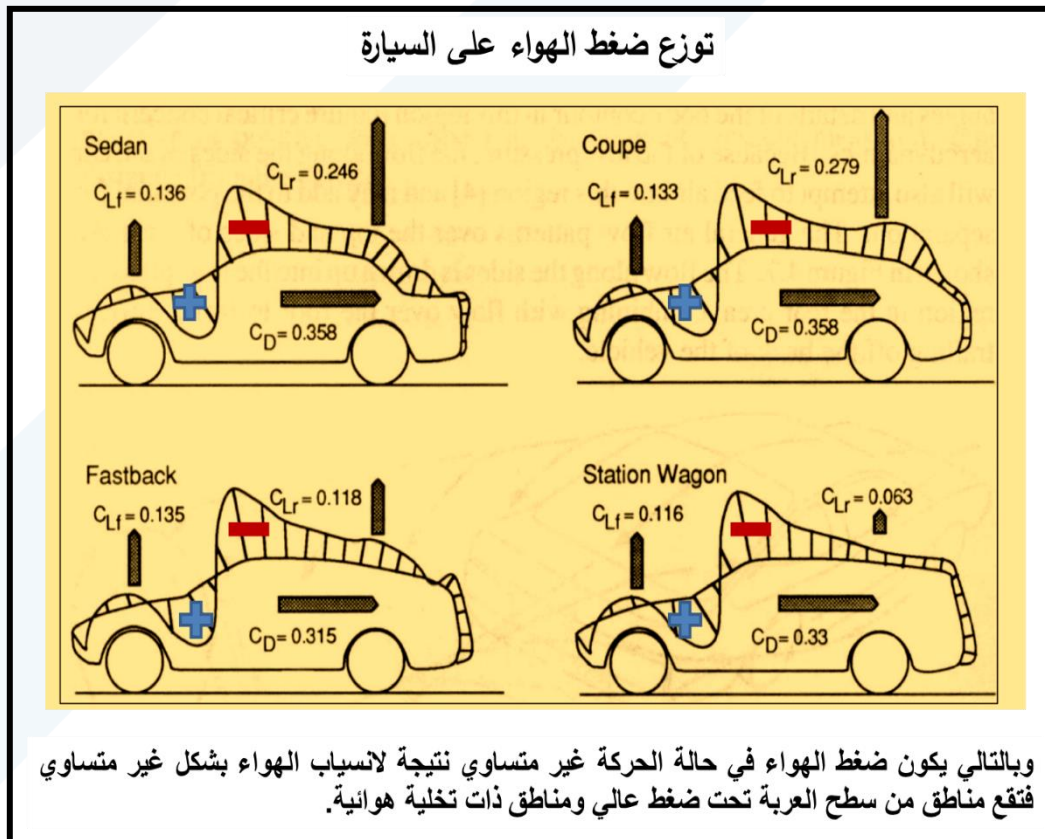
عامل مقاومة دوران الدواليب

حمولة كل دولاب إلى سطح الطريق

نوع الغطاء	عامل مقاومة دوران الدواليب f
غطاء بيتوني أو إسفلتي	0.01 – 0.02
أغطية بحصية أو زلطية مقواة بالبيتومين ذات سطح مستوي	0.02 – 0.025
أغطية بحصية أو زلطية غير مقواة بالبيتومين ذات سطح غير مستوي بشكل جيد	0.03 – 0.04
الأغطية المبلطة بالأحجار	0.04 – 0.05
الأغطية الترابية الجافة والمتماسكة	0.03 – 0.06
الزراعية المفلوحة، أو الأراضي ذات الرطوبة العالية، أو التراب الرملية المفككة	0.15 – 0.30 أو أكثر

2- قوى مقاومة الوسط الهوائي: يفترض أنها تؤثر في مركز ثقل العربة والتي تنتج من:

- ❖ فرق ضغط الهواء بين مقدمة العربة ومؤخرتها في حالة الحركة
- ❖ اضطرابات هوائية خلف العربة وحول العجلات وتحت الهيكل مما ينتج عنه استطاعة ضائعة
- ❖ احتكاك الهواء مع السطوح الجانبية والبروزات المختلفة عن العربة
- ❖ مقاومة ناتجة عن الهواء في الفراغ تحت غطاء المحرك.



كثافة الهواء

المساحة الجبهية للعربة، m^2

(قوى مقاومة الوسط الهوائي) $W = \left(\frac{\rho}{2 * 9.81} * C * v^2 \right) * T$

عامل مقاومة الوسط الهوائي

سرعة حركة العربة بالنسبة للوسط الهوائي، م/ثا

+

→ →

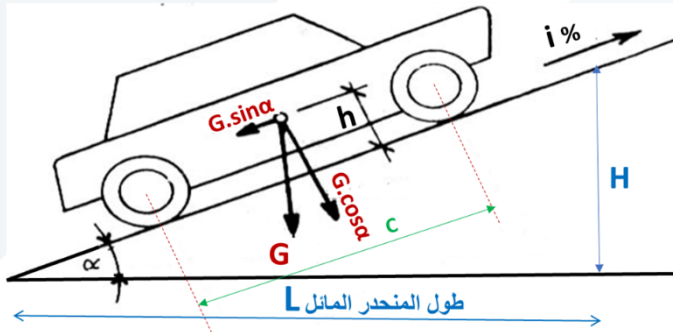
→ ←

= سرعة حركة العربة - سرعة حركة الرياح، م/ثا

= سرعة حركة العربة - (- سرعة حركة الرياح)، م/ثا

3- مقاومة الحركة أثناء الصعود على مرتقى بميل ما:

مقاومة الحركة أثناء الصعود على مرتقى ميله i



(كمية العمل التي تحتاجها العربة لتتمكن من الصعود) $F = G . H$

نظراً للميول الصغيرة المستخدمة في الطريق فإنه يمكن إهمال الفرق بين الطول الفعلي للمنحدر الصاعد وبين مسقطه الأفقي

← $P_i = F / L = G.H/L = G.i$ →

مقاومة الحركة أثناء الصعود في واحدة الطول من الطريق

عامل مقاومة الحركة أثناء الصعود ويساوي تقريبا الميل الطولي للطريق

4- المقاومة الناتجة عن التسارع (مقاومة قوى العطالة للعربة)

تنتج هذه المقاومة من:

- ✓ تغيير السرعة عند التجاوز وعند التقاطعات وعند الانطلاق
- ✓ استمرارية الحركة واستمرارية الدوران لبعض أجزاء العربة

$$P_j = m * \frac{dv}{dt} = \frac{G}{g} * \frac{dv}{dt} = G * J$$

مقاومة قوى العطالة
للعربة للحركة التقدمية

كتلة العربة ، كغ

التسارع

التسارع النسبي
1.dv/g.dt

معادلة حركة العربة:

وبالتالي لكي يتحقق التوازن بين قوة الجر للعربة ضد كل المقاومات التي تتعرض لها العربة، يجب أن تطبق العلاقة التالية:

$$P_p = P_f + P_i + P_w + P_j$$

قوة الجر أو الشد
في العربة

مقاومة دوران
الدواليب
(المقاومة الناتجة
عن التدرج)

المقاومة الناتجة عن
الصعود على مرتقى له
ميل ما

مقاومة الهواء

مقاومة قوى
العطالة

عندما تكون حركة العربة على طريق جيد نستخدم السرعة الأخيرة المتاحة وتكون مقاومة دوران الدواليب قليلة.

وعندما تكون حركة العربة على طريق سيئ..... نستخدم النسب التخفيضية في علبه السرعة.

نتيجة هامة: يمكن للعربة أن تسير بسرعة ثابتة، أو بتسارع (أثناء الإقلاع أو زيادة السرعة)، أو أن تسير بتباطؤ (أثناء الفرملة أو إنقاص السرعة) حسب نسب المقاومات المختلفة.

ويمكن التعبير عن الخواص الديناميكية للعربة بما يسمى **العامل الديناميكي:**

هو العامل الذي يعبر عن خواص الجر ويحدد مقدار قوة الجر إلى وحدة وزن العربة المتحركة بسرعة v والتي يجب صرفها للتغلب على المقاومات P_f, P_i, P_j ولاتبقى قيمته ثابتة لأن قوة الجر ومقاومة الهواء تختلفان مع تغير السرعة.

العامل الديناميكي للعربة

$$D = \frac{P_P - P_w}{G} = f \pm i + j$$

عامل مقاومة التدرج

عامل مقاومة الحركة أثناء الصعود

عامل التسارع النسبي

الأخطار الناتجة عن حركة العربات على الطرق

عندما تدخل العربة في منعطف يكون توازنها قلقاً وينتج عن حركتها خطران: **خطر الانزلاق وخطر الانقلاب**، ولتجنب هذين الخطرين يعطى للطريق ميل عرضاني بزاوية قدرها α بحيث يتحقق شرط توازن العربة أثناء حركتها بسرعة قدرها $(v, m/sec)$ على منعطف نصف قطره R, m .

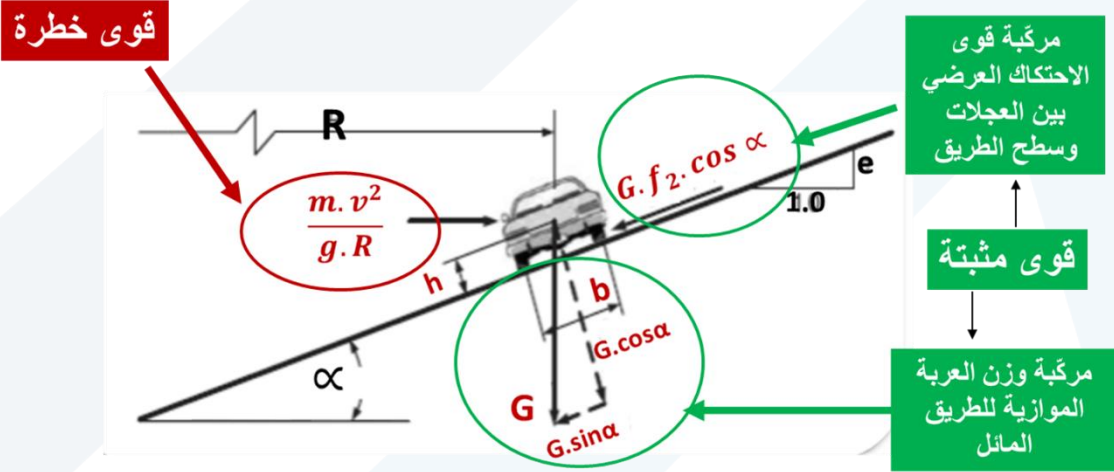


يتم تحديد قيمة نصف القطر الأصغري للمنعطف الأفقي اعتماداً على حركة العربة في المنعطف ومتطلبات توازنها، إضافة إلى سيرها ليلاً استناداً إلى الحزمة الضوئية أمام العربة وتأمين الرؤية الليلية، وقد تنشأ لدينا بعض الحركات الخاصة والمفاجئة والغير آمنة مثل عطل مفاجئ في العربة أو تغيير مفاجئ في توضع الحمولة أو نتيجة لتأثير القوى الجانبية المفاجئة من رياح وغيرها، بالإضافة إلى تأثير القوة النابذة نتيجة السرعة في المنعطف.

الأخطار الناتجة عن عدم توازن العربة أثناء الحركة

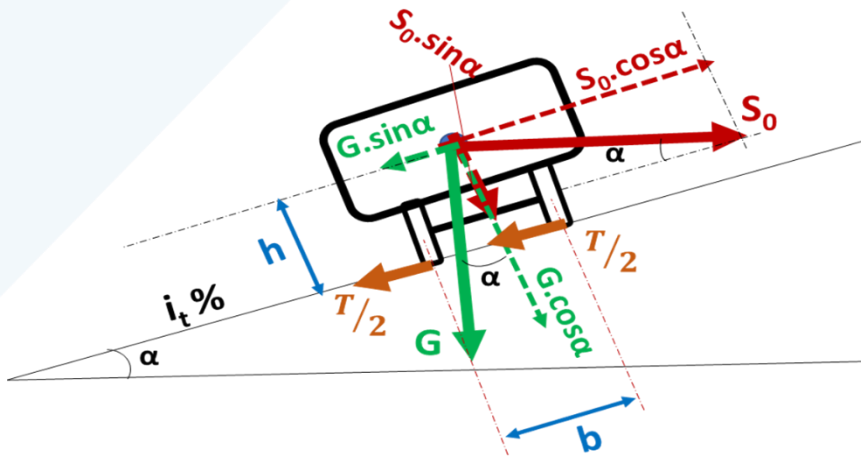
- خطر الانزلاق إلى خارج المنعطف وإلى داخل المنعطف
 - خطر الانقلاب
 - عطل مفاجئ في العربة
 - تغيير مفاجئ في وضع الحمولات
 - تأثير لبعض القوى الجانبية المفاجئة من رياح وغيرها.
- تؤثر في توازن المركبات عند دخولها في المنعطفات نوعان من القوى:

توازن العربة أثناء الحر



1- خطر الانزلاق إلى خارج المنعطف:

وهو الخطر الأكبر على العربة عند تحركها على منعطفات بأنصاف أقطار صغيرة، وبتحليل القوى المؤثرة على حركة العربة وفق محورين، الأول هو المحور الموازي للميل العرضي، والمحور الثاني هو المحور العمودي عليه، نستنتج المعادلة التالية:



(مركبة قوى الاحتكاك المماسية + مركبة وزن المركبة على سطح الطريق) ≤ مركبة القوة النابذة

$$S_0 \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha \leq f_2 \cdot (S_0 \cdot \sin \alpha + G \cdot \cos \alpha)$$

$$S_0 = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot R}$$

عامل الاحتكاك
العرضي ويؤخذ
من جدول خاص

وزن
العربة

بنفسيم طرفي المعادلة على $\cos \alpha$ واستبدال $\text{tg } \alpha = i_t\%$ مع إهمال الجداء $f_2 \cdot G$ لأن قيمته صغيرة، واعتبار i_t . الميل العرضي للطريق، نحصل على المعادلة التي تعتبر الأهم بالنسبة لتوازن العربات عند حركتها على المنعطفات بسرعات معينة:

$$v \leq 11.27 \sqrt{\frac{i_t + f_2}{1 - f_2 \cdot i_t}} R$$

السرعة العظمى،
كم / سا

نصف قطر
المنعطف
بالمتر

عامل الاحتكاك العرضي ويؤخذ من الجداول

الميل العرضي في
المنعطف وتساوي
قيمه 0.1-0.06

حيث:

v - السرعة العظمى بالـ km/h ، فإذا كانت 100km/h فما فوق أخذنا قيمة السرعة 3/4 من قيمة السرعة في الاستقامة، أما إذا كانت أقل من 100km/h فإننا نأخذ نفس السرعة في المنعطف.

i_t - الميل العرضي في المنعطف و تتراوح قيمته بين 0.06 وبين 0.10 بصورة عامة.

أما من أجل حساب قوى الاحتكاك الانزلاقية بين عجلات العربة و سطح الطريق في الاتجاه العرضي، فإنه لا بد من تحقيق المعادلة التالية:

$$T \geq S_0 \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha$$

قوى الاحتكاك الانزلاقية بين عجلات العربة و سطح الطريق في الاتجاه العرضي وتقدر بالنيوتن

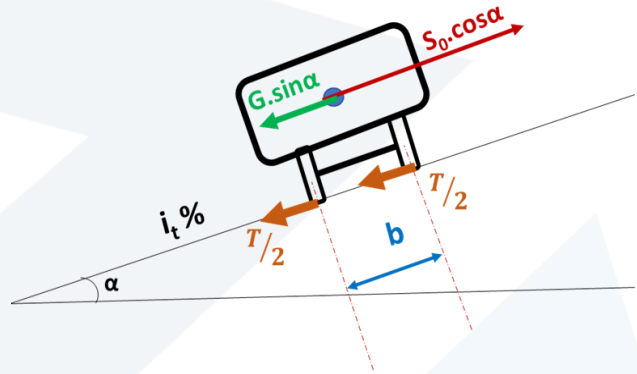
$$G \cdot f_2 \geq \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha$$

$$R_{min} \geq \frac{v^2}{g(f_2 + i_t)}$$

السرعة، م/ثا

$$R_{min} \geq \frac{v^2}{127(f_2 + i_t)}$$

السرعة، كم/سا



R_{min} - نصف القطر الأصغر للمنعطف ، m

g - تسارع الجاذبية الأرضية.

f_2 - عامل الإحتكاك العرضي

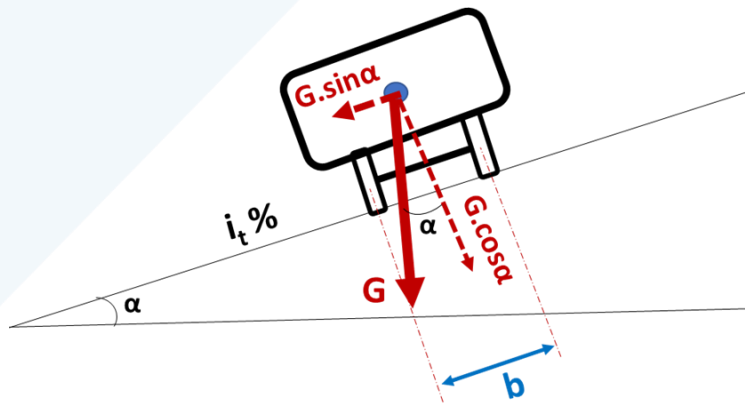
i_t - الميل العرضي للطريق في المنعطف

2- خطر الانزلاق إلى داخل المنعطف:

يجب أن تتحقق المعادلة التالية للمحافظة على توازن العربة:

$$G \cdot \sin \alpha \leq f_2 \cdot G \cdot \cos \alpha$$

$$\text{tg} \alpha = i_t \leq f_2$$

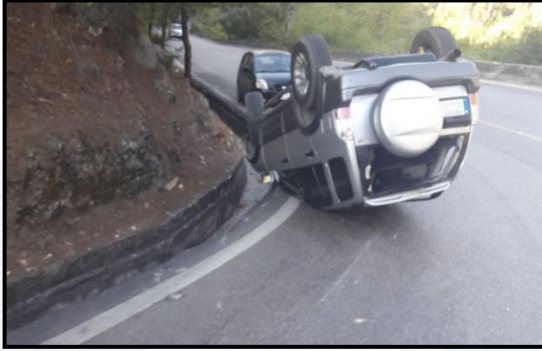


أي أن الميل العرضي الأعظمي للطريق يجب أن يكون أصغر أو يساوي من قيمة عامل الاحتكاك العرضاني، وإذا اعتبرنا أن الحالة الخطيرة هي حالة الحركة على الجليد، حيث أن عامل الاحتكاك العرضاني يساوي 0.1 وبالتالي فإن:

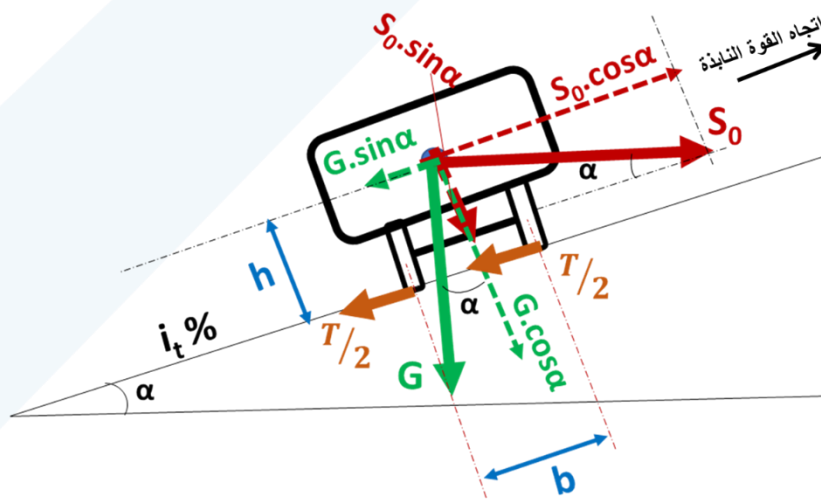
$$i_{t\max} \leq 10\%$$

3- خطر الانقلاب

لحساب ثبات العربة ضد الانقلاب عند سيرها في المنعطف، أي عندما تخضع لقوى نابذة، فإننا ننطلق من شروط توازن عزوم القوى المؤثرة في مراكز سطح التماس بين العجلات (الداخلية والخارجية بالنسبة للمنعطف) وسطح الطريق.



$$(S_o \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha) \cdot h \leq (G \cdot \cos \alpha + S_o \cdot \sin \alpha) \cdot \frac{b}{2}$$



قيمة نصف القطر الموافقة لعدم حصول انقلاب أثناء الحركة على المنعطفات:

$$R \geq \frac{v^2 (2h - i_t \cdot b)}{g(b + 2i_t \cdot h)}$$



$$\frac{b}{2} \geq i_t \cdot h$$



وتتراوح النسبة b/h 1.8 - 2.5

الميل العرضي للمنعطف

عندما يكون الميل العرضي للمنعطف كبيراً وسرعة العربات في المنعطف صغيرة وخاصةً للعربات الشاحنة ذات الحمولات العالية.... يحدث الانقلاب.

مثال (1):

احسب قوة الجر اللازمة لتسيير عربة على طريق يبلغ وزنها 1250 kg ، واحسب السرعة النظرية لهذه العربة، إذا علمت أن استطاعة محرك العربة 140 حصان بخاري، عند عدد دورات الكرنك 4300 دورة / دقيقة، وأن نصف قطر دولاب العربة $r_0 = 38 \text{ cm}$ ، اما نسبة التخفيض في علبة السرعة وفي جهاز نقل الحركة الرئيسي فهي 0.9، وعامل التأثير الديناميكي في العربة 0.85.

$$r_k = \lambda \cdot r_0 = 0.93 \cdot 0.38 = 0.35 \text{ m}$$

قوة الجر اللازمة:

$$P_p = 716.2 \cdot \frac{N_e \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta}{n_e \cdot r_k} = 716.2 \cdot \frac{140 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.85}{4300 \cdot 0.35} = 45.87 \text{ kg.f}$$

$$M_k = p_p \cdot r_k = 45.87 \cdot 0.35 = 16.05 \text{ kg.m}$$

سرعة دوران الدولاب:

$$n_k = n_e \cdot i_0 \cdot i_k = 4300 \cdot 0.9 \cdot 0.9 = 3483 \text{ دورة/دقيقة}$$

سرعة العربة هي المسافة التي يقطعها الدولاب في واحدة الزمن:

$$v = \frac{2\pi * r_k * n_k}{60} = \frac{2 * 3.14 * 0.35 * 3483}{60} = 127.6 \text{ m/sec}$$

قوة الجر اللازمة:

$$f_t = \frac{75 * N_i * Z}{v} = \frac{75 * N_e * \eta * Z}{\frac{2\pi * r_k * n_k}{60}} = \frac{75 * 140 * 0.85 * 0.9}{\frac{2\pi * 0.35 * 4300}{60}} = 51 \text{ kg.f}$$

مثال (2):

ماهو مقدار عزم الدوران المطبق على دولاب عربة يبلغ وزنها 1500 kg.f ، وماهي قيمة السرعة التي تسير بها العربة نظرياً، إذا علمت أن استطاعة محركها 200 حصان بخاري، وعدد دورات الكرنك فيها 3000 دورة / دقيقة، أما نصف قطر الدولاب فهو $r_0=40 \text{ cm}$ ، وأن نسب التخفيض تساوي 0.85، ومعامل المرود الميكانيكي 0.9.

$$r_k = \lambda * r_0 = 0.9 * 0.40 = 0.37 \text{ m}$$

قوة الجر اللازمة:

$$p_p = 716.2 * \frac{N_e * i_k * i_0 * \eta}{n_e * r_k} = 716.2 * \frac{200 * 0.85 * 0.85 * 0.90}{3000 * 0.37} = 83.9 \text{ kg.f}$$

عزم الدوران المطبق على الدولاب:

$$M_k = p_p * r_k = 83.9 * 0.37 = 31.04 \text{ kg.m}$$

عزم الدوران النظري على الدولاب:

$$M_e = \frac{M_k}{i_0 * i_k * \eta} = \frac{31.04}{0.85 * 0.85 * 0.9} = 47.7 \text{ kg.m}$$

السرعة التي تسير بها العربة نظرياً:

$$v = 0.377 * r_k * n_e * i_k * i_o = 0.377 * 0.37 * 3000 * 0.85 * 0.85 = 302.3 \text{ km/h}$$

مثال (3):

تسير عربة على منعطف يبلغ نصف قطره 150 m وبسرعة تصميمية مقدارها 60 Km/h ، فإذا علمت أن وزن العربة 1500 Kg_f، احسب ما يلي:

- 1- قيمة القوة النابذة المؤثرة على العربة عند تحركها على المنعطف بالنيوتن.
- 2- قيمة نصف القطر الأصغري المطلوب لتأمين الرؤية الكافية خلال سيرها ليلاً، إذا علمت أن مسافة الرؤية للتوقف 85m.

قيمة القوة النابذة المؤثرة على المنعطف:

$$s_o = m * \frac{v^2}{R} = \frac{G}{g} * \frac{v^2}{R} = \frac{1500 * 9,81}{9,81} * \frac{16,67^2}{150} = 2778,89 \text{ N}$$

نصف القطر الأصغري:

$$R_{min} = 15 * L_3 = 15 * 85 = 1275 \text{ m} > 150 \text{ m}$$

أي أن نصف القطر المذكور للمنعطف لا يحقق مسافة الرؤية للتوقف ليلاً.

مثال (4):

تسير عربة بوزن 1500 كغ ثقلي على أغشية بحصية مقواة بالبيتومين ذات سطح مستوي وعلى ميل صاعد تبلغ قيم ميله 4% وبسرعة تساوي 80Km/h في منطقة تبلغ سرعة الرياح فيها 40 Km/h وبعكس اتجاه الحركة، فإذا علمت أن قيمة التسارع النسبي للعربة $j=0.013$ ، ماهي قيمة العامل الديناميكي للعربة المتحركة بهذه السرعة، وماهي قيمة قوة الجر التي يجب صرفها للتغلب على مقاومات الحركة المذكورة، (كثافة الهواء تساوي 1.2 كغ/م³ ، عامل مقاومة الوسط الهوائي $C=0.5$ ، المساحة الجبهية للعربة 2 متر مربع.

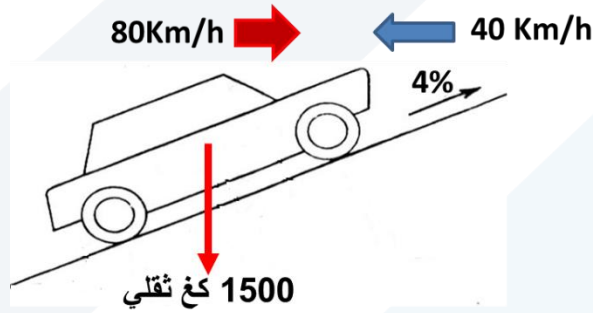
1- المقاومة الناتجة عن دوران الدواليب:

$$p_F = G \cdot f$$

نستنتج قيمة العامل f عامل مقاومة دوران الدواليب 0.02

$$p_F = 1500 * 0.02 = 30 \text{ Kg}$$

نوع الغطاء	عامل مقاومة دوران الدواليب f
غطاء بيتوني أو إسفلتي	0.01 – 0.02
أغطية بحصية أو زلطية مقواة بالبيتومين ذات سطح مستوي	0.02 – 0.025

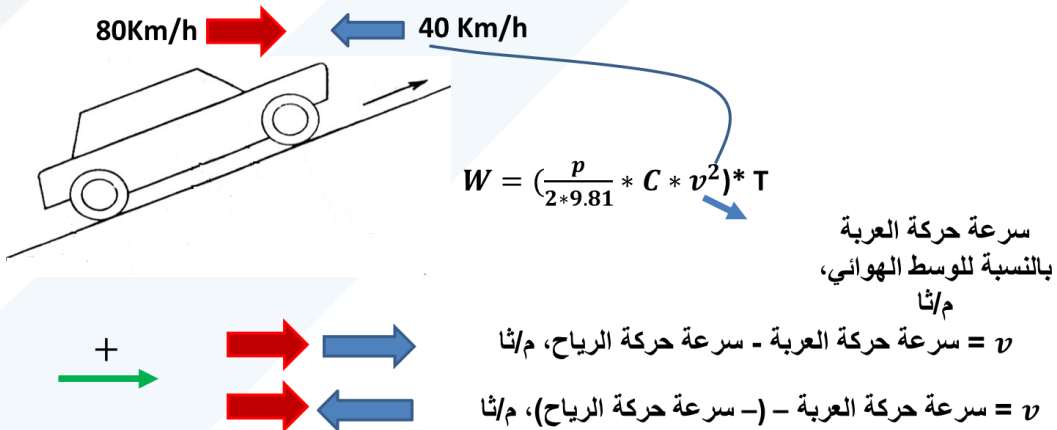


2- المقاومة الناتجة عن الصعود إلى مرتقى:

$$p_i = G \cdot i$$

$$p_i = 1500 \cdot 0.04 = 60 \text{ Kgf}$$

3- المقاومة الناتجة عن حركة الهواء:



$$80 - (-40) = 80 + 40 = 120 \text{ Km/h}$$

$$W = \left(\frac{1.2}{2 \cdot 9.81} \cdot 0.5 \cdot 33.33^2 \right) \cdot 2 = 67.94 \text{ Kgf} = 67.94 \cdot 9.81 = 666.5 \text{ N}$$

4- المقاومة الناتجة عن العطالة:

$$p_j = G \cdot j = 1500 * 0.013 = 19.5 \text{ Kgf}$$

العامل الديناميكي للعربة:

$$D = F + i + j = 0.02 + 0.04 + 0.013 = 0.073$$

قوة الجر اللازمة:

$$D = \frac{P_p - P_W}{G} = f + i + j = 0.073$$

$$D = \frac{P_p - 67.94}{1500} = 0.073$$

$$P_p - 67.94 = 109.5$$

$$P_p = 109.5 + 67.94 = 177.44 \text{ Kgf}$$

مثال (5):

احسب قيمة نصف القطر الأصغري بالأمتار لمنعطف تسير عليه عربة بسرعة 80 km/h، إذا علمت أن الميل العرضي عليه 0.08، وبأن عامل الاحتكاك العرضي يساوي 0.13، على أن يتحقق توازن هذه العربة ضد الانزلاق إلى خارج المنعطف.

$$R_{min} \geq \frac{v^2}{127(f_2 + i_t)} = \frac{80^2}{127(0.13 + 0.08)} = 239.97m \approx 250m$$

مثال (6):

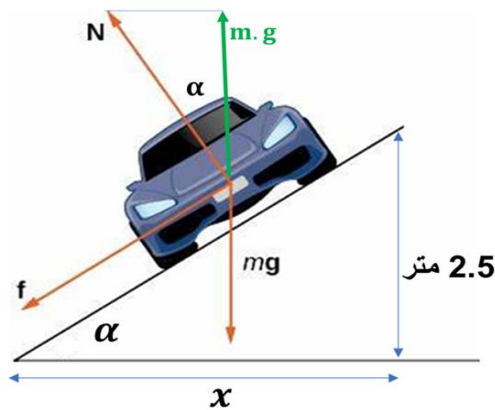
ماهي أقل قيمة نصف قطر منحنى لطريق تسير عليه العربة الشاحنة لتحقيق توازنها ضد الانقلاب خلال سيرها عليه، إذا علمت أن السرعة التصميمية 80 km/h والقيمة الأعظمية للميل العرضي هي 6% والمسافة بين محاور عجلاتها 2.5m وارتفاع مركز ثقل الشاحنة عن سطح الطريق هو 1.8m.

$$R \geq \frac{v^2(2h - i_t * b)}{g(b + 2 * i_t * h)}$$

$$R \geq \frac{22.22^2(2 * 1.8 - 0.06 * 2.5)}{9.81(2.5 + 2 * 0.06 * 1.8)} = 63.9m$$

مثال (7):

ماهي قيمة أكبر سرعة لانطلاق عربة تجتاز منعطف أفقي مائل بنصف قطر قدره 150 متر، إذا كان عرض الطريق 6.5 متر، وارتفاع الحافة الخارجية عن الداخلية 2.5 متر، علماً أن كتلة العربة 1800 كغ، وإهمال قيمة الاحتكاك، ثم احسب مقدار قيمة التسارع المركزي وقيمة رد فعل الطريق العمودي عليه.



$$x^2 = 6.5^2 - 2.5^2 = 42.25 - 6.25 = 36$$

$$x = 6m$$

$$\tan \alpha = i_t = 2.5/6 = 0.417$$

$$v = \sqrt{i_t \cdot R \cdot g} = \sqrt{0.417 \cdot 150 \cdot 9.81} = 24.77m/sec = 89.17 km/h$$

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{613.55}{150} = 4.09 m/sec^2$$

$$N = \frac{m \cdot g}{\cos \alpha} = \frac{1800 \cdot 9.81}{\frac{6}{6.5}} = 19129.5 N$$

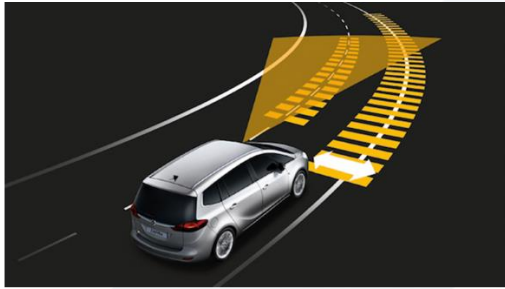
$$R_{min} \geq \frac{v^2}{g(f_2 + i_t)}$$

السرعة، م/ثا

يجب ألا تزيد
السرعة عن 25
م/ثا.

مثال (8):

تسير عربة بسرعة انطلاق 108 كم/سا وأمامها منعطف أفقي بنصف قطر 80 متر، فإذا كان معامل الاحتكاك العرضاني بين العجلة والطريق 0.5 هل بالإمكان لهذه المركبة أن تجتاز المنعطف بهذا الانطلاق وبأمان



$$v^2 \leq f_2 \cdot R \cdot g = 0.5 * 80 * 9.81 = 392.4$$

$$v \leq 19.81 \text{ m/sec} = 71.31 \text{ Km/h}$$

وبالتالي لا تستطيع العربة اجتياز المنعطف بهذا الانطلاق وبأمان لأن سرعتها تتجاوز السرعة المسموحة لها.

$$R_{min} \geq \frac{v^2}{g(f_2 + i_t)}$$

السرعة، م/ثا