القوى المؤثرة على الجرّار

The Forces Acting on Tractor

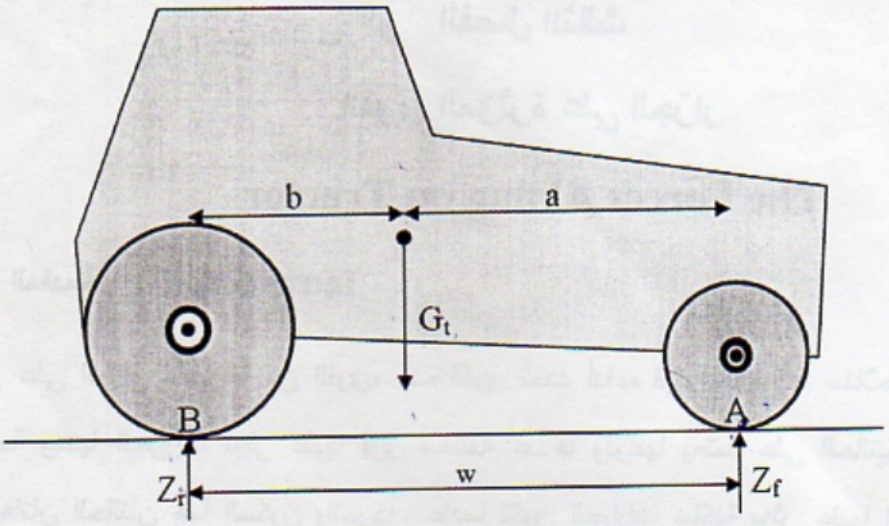
3.1 المقدمة Introduction

تؤثر على الجرّار مجموعة من القوى، هذه القوى تحدد أداءه في الحقل كما سنلاحظ لاحقاً. العجلات بصورة عامة ومنها الجرارات تؤثر عليها قوى مختلفة عددها ونوعها يعتمد على الحالتين التي توجد فيهما الجرارات وهاتان الحالتان هما السكون والحركة. عندما تكون الجرارات ساكنة يؤثر عليها الوزن الذي يمر من مركز الثقل إلى الأسفل. فضلا عن ذلك يؤثر عليها رد فعل التربة على الإطارات الأمامية والخلفية أو السرفتين. تأثير رد الفعل إلى الأعلى ويمر من مركزي الإطارات الأمامية والخلفية بالنسبة للجرارات ذات الإطارات. أما

القوى المؤثرة على الجرّار في حالة السكون.

Forces acting on the

يؤثر على الجرار عندما يكون ساكناً ثلاث قوى رئيسة هي الوزن الذي يمر من مركز الثقل الذي يقع على مسافة قريبة من الإطارات الخلفية خصوصاً للجرارات التي تولد دفع بإطاراتها الخلفية فقط (2WD). وردّ فعل التربة على الإطارات الخلفية والأمامية (الوزن الذي تحمله الإطارات الخلفية والأمامية). هاتان القوتان يمران من



شكل (3.1): القوى المؤثرة على الجرار في حالة السكون (Static state).

$$Z_r + Z_f = G_t \quad \text{.....(3.1)}$$

إذ:

يوزع الوزن على الإطارات الخلفية والأمامية بحسب موقع مركز ثقل الجرّار من الإطارات الخلفية أو الأمامية أي يعتمد على نسبة المسافة بين مركز ثقل الجرّار ومركز الإطارات الأمامية (a) (رد فعل التربة على الإطارات الأمامية) والمسافة بين مركزي الإطارات الأمامية والخلفية (w).ولحساب الوزن المؤثر على الإطارات الخلفية نأخذ العزم حول النقطة (A) (شكل 3.1).

Z_r= الوزن الاستاتيكي للإطارات الخلفية (kN)

w= المسافة بين مركزي الإطارات الأمامية والخلفية (m)

يلاحظ من المعادلة (3.3) زيادة الوزن المؤثر على الإطارات الخلفية كلما زادت قيمة (a) أي كلما اقترب مركز ثقل الجرّار من مركز الإطارات الخلفية أو كلما إبتعد عن مركز الإطارات الأمامية.

إذ:

= الوزن الاستاتيكي للإطارات الأمامية(kN)

= المسافة بين مركز الإطارات الخلفية ومركز ثقل الجرّار.

تظهر المعادلة (3.5) زيادة الوزن المؤثر على الإطارات الأمامية مع زيادة (b) إي عندما يقترب مركز الثقل من الإطارات الأمامية.

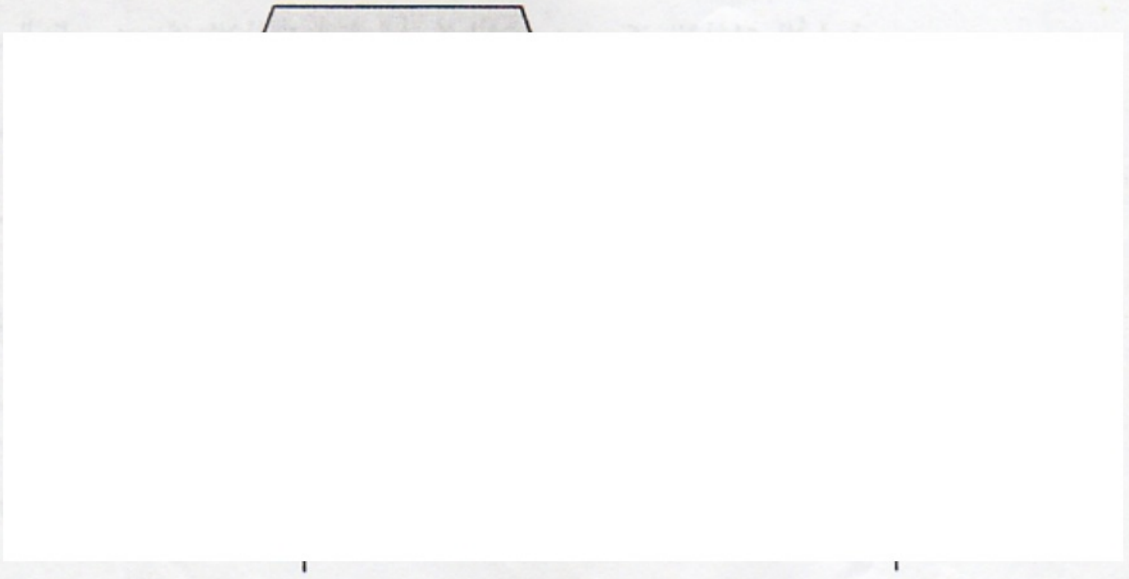
3.3 القوى المؤثرة على الجرار في الحالة الديناميكية.

forces acting on the tractor when at a dynamic state

عندما يبدأ الجرار بالحركة يتحول من حالة السكون إلى الحالة الديناميكية. عندها تظهر قوى أخرى

الجرار لغرض الحركة إلى الإمام وتظهر هذه القوة عند مساحة تلامس الإطارات الخلفية إذا كان الجرار من نوع 2WD أو الإطارات الخلفية والأمامية إذا كان الجرار من نوع 4WD أو السرفتين للجرارات من النوع المسرف.

مساحة تلامس الإطارات أم السرف مع التربة فضلاً عن ذلك تؤثر على الجرار قوة يطلق عليها قوة السحب (F) وهي قوة مطلوبة لسحب الحمل سواء كان آلة أو غيرها إلى الإمام (شكل 3.2).



شكل (3.2): القوى المؤثرة على الجرار في حالة الحركة (Dynamic state).

هذه القوى المؤثرة على الجرار سواءاً كان في حالة السكون أو حالة الحركة يجب أن تكون في حالة توازن فيما أذا كانت القوى أفقية أم عمودية. القوى الأفقية يعبر عنها بالمعادلة (3.6).

$$H = F + R \qquad \text{.....(3.6)}$$

أذ:

القوى العمودية يعبر عنها بالمعادلة (3.1).

تسبب قوة السحب تغير في قيمتي الوزن المؤثر على الإطارات الخلفية (Z_r) والأمامية (Z_f) للجرار. مقدار هذا التغير يعتمد على قيمة قوة السحب إذا كانت أفقية وعلى زاوية ميلان هذه القوة مع الأفق إذا كانت

الوزن الذي تحمله الإطارات الخلفية (Z_{rd}) عندما يكون الجرّار في حالة الحركة يحسب بأخذ عزم حول النقطة (A) (شكل 3.2) (المعادلة 3.7).

Z_{rd}= الوزن الديناميكي للإطارات الخلفية (kN)

h= ارتفاع عمود السحب.

تظهر المعادلة (3.8) أن الوزن الديناميكي للإطارات الخلفية (Z_{rd}) أكبر من الوزن الاستاتيكي (Z_r) بمقدار ($F\frac{h}{w}$) الذي يمثل الوزن المنقول من الإطارات الأمامية إلى الإطارات الخلفية. تزداد قيمة الوزن المنقول

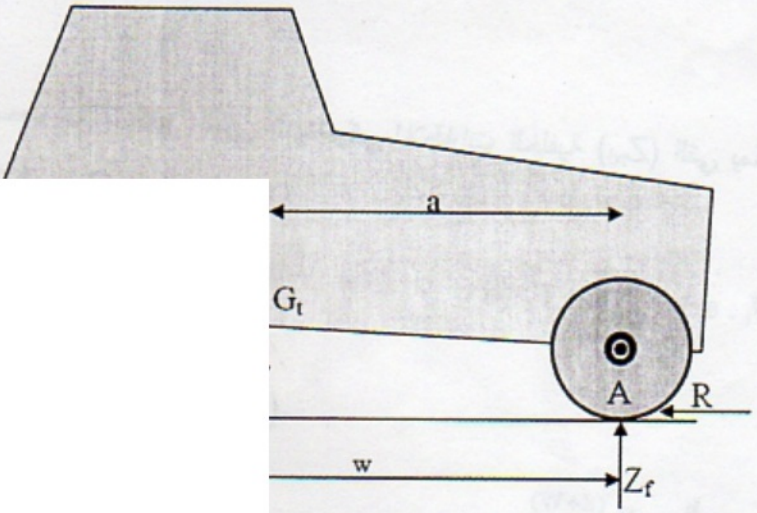
المؤثر عليها فيدخل الجرار في مشكلة الأتزان والاستدارة وعندما يفقد الوزن بأكمله، وقد يتعرض الجرار الى الانقلاب.

الوزن الذي تحمله الإطارات الأمامية (Z_{fd}) عندما يكون الجرار في حالة الحركة يمكن حسابه بأخذ عزم حول النقطة (B) (الشكل 3.2) (المعادلة 3.9).

تظهر المعادلة (3.10) انخفاض الوزن الديناميكي للإطارات الأمامية (Z_{fd}) مقارنةً مع الوزن الاستاتيكي

الأمامية صفرا وعندها يدخل الجرار بمشكلة عدم التوازن وصعوبة الاستدارة. ولمنع حدوث هذه الحالة يضاف وزن إلى الإطارات الأمامية لتعويض بعض النقص الذي يحدث عند سحب الجرار حملاً يحتاج إلى قوة سحب كبيرة.

عندما تكون قوة السحب مائلة بزاوية مع الأفق تتغير قيمتا الوزن الديناميكي للإطارات الخلفية والأمامية كما تتغير القوى الأفقية والعمودية المؤثرة على الجرار إذ تقل القوى الأفقية بينما تزداد القوى العمودية (شكل 3.3).



شكل (3.3): القوى المؤثرة على الجرار في حالة الحركة عندما تكون قوة السحب مائلة.

Dynamic state with inclined draft force

يعبر عن القوى الأفقية المؤثرة على الجرار في حالة الحركة بالمعادلة (3.11).

.....(3.11)

إذ:

F_h= المركبة الأفقية لقوة السحب F والتي يعبر عنها بالمعادلة (3.12).

.....(3.12)

إذ:

θ= زاوية ميل قوة السحب (F) عن خط الأفقي.

إما القوى العمودية فيمكن التعبير عنها بالمعادلة (3.13).

.....(3.13)

حيث:

F_v=

.....(3.14)

عندما تكون قوة السحب مائلة يتغير الوزن الديناميكي للإطا
العزوم حول النقطة (A) (شكل 3.3).

.....(3.15)

إذن Z_{rd} يمكن التعبير عنها بالمعادلة (3.16).

.....(3.16)

تظهر المعادلة (3.16) زيادة الوزن الديناميكي للإطارات الخلفية بمقدار أكبر عندما تكون قوة السحب مائلة مقارنة مع قوة السحب الأفقية. إذ يزداد الوزن الديناميكي بمقدار $F_v\frac{(d+W)}{W}$ الذي يطلق عليه الوزن الإضافي additional weight فضلاً عن الوزن المنقول من الإطارات الأمامية إلى الخلفية وهذه الزيادة بوزن الإطارات الخلفية هي على حساب الوزن الذي تحمله الإطارات الأمامية (Kepner 1987 and Long 1967). تؤدي زيادة وزن الإطارات الخلفية إلى تحسين قابلية الجرار على توليد قوة السحب.

إما الوزن الديناميكي للإطارات الأمامية (Z_{fd}) فيمكن حسابه بأخذ العزوم حوله النقطة (B) (شكل 3.3) (المعادلة 3.17).

.....(3.17)

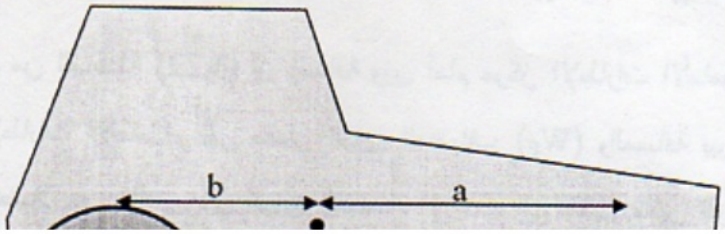
إذن الوزن الديناميكي للإطارات

.....(3.18)

تظهر المعادلة (3.18) بوضوح
وبمقدار أكبر مما هو عليه عندما تكو
الذي قيمته $F_v\frac{d}{W}$. يسبب نقل مقدار كبي
الصفر مما يسبب مشكلة كبيرة لتوازن ا
الوزن المفقود لإبقاء الجرار متوازناً وبقاء

of the front wheels center.

عند إضافة وزن للإطارات الأمامية (W_F) بموقع يبعد عن مركزها بمسافة (L) يؤدي الوزن إلى تقليل الوزن المفقود من الإطارات الأمامية بصورة واضحة ويقلل من الوزن المنقول للإطارات الخلفية (شكل 3.4).



شكل (3.4): القوى المؤثرة على الجرار عند إضافة أوزان للإطارات للأمامية.

Dynamic state with added weight (W_F)

الوزن الديناميكي للإطارات الخلفية Z_{rd} يمكن حسابه بأ

.....(3.19)

Yاذن Z_{rd} يعبر عنة بالمعادلة (3.20)

.....(3.20)

تظهر المعادلة (3.20) أن إضافة وزن أمام مركز الإطارات الأمامية تقلل من الزيادة بالوزن الديناميكي للإطارات الخلفية. يعتمد مقدار الانخفاض بالوزن الديناميكي للإطارات الخلفية على قيمة الوزن المضاف وعلى بعده عن مركز الإطارات الأمامية (L). ولكن عند ثبوت قيمة الوزن المضاف فإن العامل المحدد هي المسافة (L).

إما الوزن الديناميكي للإطارات الأمامية فيمكن حسابه بأخذ العزوم حول النقطة (B) (المعادلة 3.21).

.....(3.21)

أذن Z_{fd} يعبر عنة بالمعادلة (3.22).

.....(3.22)

يلاحظ من المعادلة (3.22) إن إضافة وزن أمام مركز الإطارات الأمامية يضيف وزناً لها. يعتمد الوزن المضاف للإطارات الأمامية على مقدار الوزن المضاف (W_F) والمسافة بين الوزن ومركز الإطارات الخلفية (L+w). فضلا عن ذلك يؤدي الوزن المضاف (W_F) إلى تقليل تأثير الوزن المنقول من الإطارات الأمامية إلى الخلفية وعندها لا يصل الوزن الديناميكي للإطارات الأمامية إلى الصفر حتى إذا تساوى الوزن المنقول مع الوزن الاستاتيكي ($G_t \frac{b}{w}$).

ولتوضيح الحالات السابقة سوف نتطرق لبعض الأمثلة.

مثال(1):

جرّار كتلته 5 طن المسافة بين مركزي الإطارات الأمامية والخلفية 2.5m. مركز الثقل يبعد عن مركز الإطارات الخلفية بمقدار 0.8m. الجرار يسحب خلفه حمل يحتاج 10kN. احسب الوزن المؤثر على الإطارات الأمامية والخلفية إذا كان ارتفاع عمود السحب عن سطح التربة 0.5m.