

دراسة تأثير اعتماد العوامل اللاخطية لمنظومة تعليق مركبة حمل على تحديد

موقع تثبيت مقعد السائق

رائد مجيد حميد ، ياسين حميد محمود

قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

Email: D.Yaseen.ph.sc@tu.edu.iq

الملخص

اصبحت راحة الراكب من المتطلبات المهمة التي تسعى لتحقيقها الشركات المصنعة وذلك لتأثيرها المباشر على معدل المبيعات وتم التركيز على السائق في هذه الدراسة لتقليل الاهتزاز الذي يصل اليه والذي يسبب عدم وضوح الرؤيا لديه عند القيادة ولتحقيق هذا الهدف تم اختيار نموذج ثنائي البعد لتمثيل موديل رياضي لنصف عجلة حمل (halve truck vehicle) لدرجات رباعية لحرية الحركة (4 DOF) يضاف لها درجة واحدة للكرسي الامامي للقيادة.

تهدف هذه الدراسة الى الوصول الى نتائج دقيقة ، وذلك بدراسة العوامل اللاخطية المؤثرة على اداء المنظومة آخذين بنظر الاعتبار احد اهم مصادر اللاخطية الذي يتمثل بالتصرف اللاخطي للمخمد والمصدر الثاني هو الاتصال الممتد للاطار .

باعتبار جسم المركبة صلدا (Rigid Body) تم اشتقاق المعادلات الحاكمة للحركة باستخدام قانون نيوتن الثاني (Newton Second law) واثارة النموذج باستخدام نوعين من العقبات (obstacle) الأولى هو الموجة النصف جيبيية (halve sine wave) والثانية هي الشبه منحرف (trapezoidal) كتعبير عن تعرجات الطريق التي تتعرض لها المركبة اثناء السير ولغرض الحصول على النتائج تم انشاء برنامج حاسوبي نوع فورتران (Fortran90) لغرض حل المعادلات الرياضية وبعد تشغيل البرنامج تم الحصول على النتائج وهي الإزاحة (displacement) والسرعة (velocity) والتعجيل (acceleration) العمودي في مركز الكتلة (C.G) .

تم اخذ القيم الناتجة ومقارنتها مع نتائج بحوث مشابه وتبين انها مقارنة للنتائج التي تم التوصل اليها في هذه البحوث بعد ذلك تمت المقارنة مع النموذج الخطي لنفس المركبة وبنفس الاثارة وتبين ان اعتماد العوامل اللاخطية يؤدي الى تحسن النتائج.

تطرقنا الى موضوع راحة الراكب لمعرفة ما تحقق لدينا من نتائج عند اعتماد العوامل اللاخطية المذكورة وذلك من خلال اعتماد معايير للراحة الاول كان مقدار التعجيل الاقصى لمقعد السائق (maximum acceleration) والثاني مقدار الطاقة الممتصة (Absorbed Power) وتبين ان اعتماد العوامل اللاخطية يعطينا مرونة اكثر في تحديد موقع تثبيت مقعد السائق نسبة الى مركز كتلة المركبة مع امكانية ايجاد المكان الامثل لتثبيت المقعد والذي يؤدي الى حصوله على اقل مقدار من الاهتزاز .

الكلمات المفتاحية: راحة الراكب ، التسلك اللاخطي لأنظمة التعليق، موديل رياضي للعجلة، درجات رباعية لحرية الحركة، الكرسي الامامي للقيادة.

المقدمة

تقليل الحمل الذي يمكن ان تنقله المركبة بينما زيادة جساءة المنظومة يؤدي الى تقليل استجابة المنظومة للعقبات الصغيرة لذلك يجب خلق موازنة بين الحالتين [1].

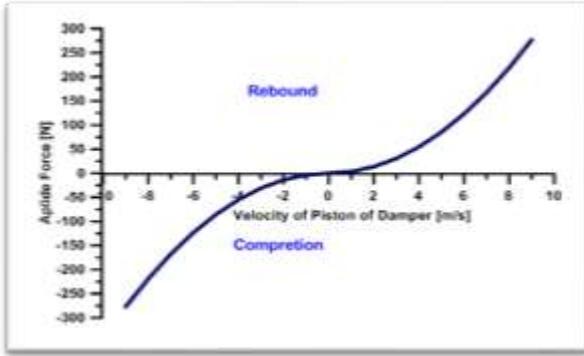
من المعتاد التعامل مع منظومة التعليق كمنظومة خطية مثالية وفي هذه الدراسة تم اعتماد مجموعة من العوامل اللاخطية للتعبير عن التصرف اللاخطي لمنظومات التعليق. وتم التركيز على راحة السائق من خلال المقعد الذي يحتله وهو المسؤول عن مقدار الاهتزاز المرسل الى السائق لذلك يجب تصميمه بالشكل الصحيح وتثبيته في موقع مناسب من خلال اعتماد معايير لتقييم درجة الراحة الاول التعجيل الاقصى لمقعد الراكب (Maximum acceleration) والثاني معيار معتمد عالميا هو مقدار الطاقة الممتصة (Adsorbed Power) .

قام الكثير من الباحثون بدراسة موضوع راحة السائق اذ في عام (1992) قام (Randolph Antony) بإجراء تجربة عملية على مجموعة من الاشخاص وذلك بتسليط حركة اهتزازية عليهم ومتابعة

بعد التطور الكبير الذي حصل في مركبات الحمل اصبحت راحة السائق من الاولويات الواجب تحقيقها عند تصميم المركبة [1] خاصة وان السائق يقضي اوقاتا طويلة عند قيادة هذا النوع من المركبات نظرا للمسافات البعيدة التي تقطعها [2] ومن العوامل المؤثرة على راحة السائق هي موقع تثبيت المقعد نسبة الى مركز كتلة المركبة والذي يضمن حصوله على اعلى درجات الراحة.

من اكثر العوامل المؤثرة على راحة السائق هي الاهتزازات الناتجة اثناء سير المركبة على الطريق الذي يحتوي على انواع متعددة من العقبات حيث يجب على منظومة التعليق ان تقوم بامتصاص معظم هذه الاهتزازات عن طريق مقاومتها بواسطة النوابض وتخميدها بالعناصرالمخمدة [3].

بالنسبة لمركبات الحمل يكون تحقيق راحة السائق موضوع مختلف اذ يتطلب تحقيقه زيادة مرونة منظومة التعليق وهذا غير مرغوب في مركبات الحمل بسبب زيادة فضاء منظومة التعليق مما يؤدي الى

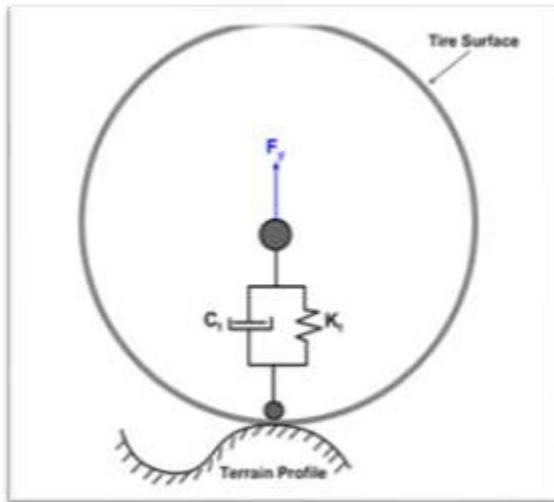


شكل (1) العلاقة اللاخطية بين القوة وسرعة ذراع المخمد

ان زيادة معامل التخميد تقلل من التعجيل العمودي لبدن المركبة مما يزيد من راحة الراكب اضافة الى التقليل من الاثارة الانتقالية (transmissibility) مما يؤدي الى زيادة تمسك الاطار بالأرض وزيادة الامان ولكن هذه الزيادة تصل الى حد معين تنتج بعده نتائج عكسية اذ تؤدي الى تقليل استجابته لمستويات الاثارة القليلة مما يزيد من التعجيل العمودي للبدن ويؤثر بصورة سلبية على راحة الراكب ولتفادي هذه الحالة تم جعل صمامات المخمد تعمل بشكل مفصول وذلك بتقليل جساءة النابض المسيطر على صمام الانضغاط وزيادة جساءة النابض المسيطر على صمام الاستطالة [8] .

ثانيا : الاتصال الممتد للاطار (Extended Contact)

الجساءة المكافئة للاطار لها تأثير ديناميكي مشابه لتأثير باقي اجزاء المنظومة اذ عندما يكون ضغط الاطار مثاليا يكون الاتصال نقطتي كما في شكل (2) وهي الحالة المثالية الواجب تحقيقها .



شكل (2) الاتصال النقطي للاطار

وفي هذه الدراسة تم افتراض ان ضغط الاطار منخفض عن الحالة المثالية وهي الحالات الاكثر شيوعا في المركبات عندها يكون الاتصال بينه وبين الأرض عبارة عن خط مستقيم كما مبين في شكل (3).

الاستجابة لحساب اقصى حد يتحملة الانسان وتبين ان اكثر معدلات التردد التي تؤدي الى اهتزاز الجسم بالكامل هي المعدلات الواطئة والتي تقع بين (0.5 - 10) HZ واقصى حد يمكن ان يتحملة الانسان من الطاقة الممتصة هو watt (1) [4] .

مع التطور الحاصل في مقعد السائق ولغرض التغلب على الخواص اللاخطية التي تسببها المخمدات بسبب النوابض المسيطرة على صمام المخمد الخاص بمقعد السائق قام (Mahmoud El – Kafafy) وآخرون عام (2012) بدراسة استعمال مخمد من النوع المغناطيسي (Magneto – Rheological) الذي يحتوي على سائل تزداد كثافته بدرجة كبيرة عند التعرض للمجال المغناطيسي وعند اصطدام الاطار باي عقبة في الطريق تتولد قوة يتم تحويلها الى مجال مغناطيسي مناسب لمقدار القوة التي تولدت لكي يحدث زيادة مناسبة في كثافة السائل وبالتالي التخميد المناسب لامتصاص الاهتزاز الناتج ويستعمل هذا النوع من المخمدات في مقعد السائق فقط وتجري حاليا دراسة امكانية استعماله في منظومة التعليق الرئيسية للمركبة [5].

وفي عام 2002 بحث (Richard stone) وآخرون في موضوع التصرف اللاخطي للمخمد من خلال اجراء تجربة عملية على مخمد تبين ان نتيجة لتصرف المخمد اللاخطي يزداد معامل تخميده بدرجة كبير مع تغيرات الحمل المسلط عليه ويصل الى قيم عالية اذ لا يبدي اي استجابة خاصة بالنسبة للعقبات الصغيرة التي تؤدي الى حدوث اثارة قليلة مما يؤثر بصورة سلبية على راحة الراكب [6].

العوامل اللاخطية :

في هذه الدراسة تم اعتماد عاملين اساسيين للتعبير عن التصرف اللاخطي لمنظومات التعليق :

اولا : تصرف المخمد

هناك اسباب عديدة لهذا التصرف اهمها الخواص اللاخطية للصمامات المسيطرة على عمل المخمد والجريان المضطرب (turbulent flow) لسائل التخميد ولكن هذا التصرف يعمل قوة في شوط العودة (rebound) اكبر من شوط الانضغاط (compression) [7] وتعني اللاخطية في المخمد عدم ثبوت قيمة معامل التخميد (coefficient of damping) الناتجة بسبب العلاقة اللاخطية بين قوة الاثارة وسرعة مكبس المخمد مما يؤدي الى تغيير مقدار معامل التخميد مع تغير الحمل المسلط عليه كما مبين في شكل (1).

الاطار الامامي $\dot{y}_{tf}, \dot{y}_{tr}, y_{tf}$ (الازاحة ، السرعة ، التعجيل) العمودي لمركز

الاطار الخلفي $\dot{y}_{tr}, \dot{y}_{tr}, y_{tr}$ (الازاحة ، السرعة ، التعجيل) العمودي لمركز كتلة

الاجساء المكافئة للاطار الامامي K_{tf}

الاجساء المكافئة للاطار الخلفي K_{tr}

معامل التخميد المكافئ للاطار الامامي C_{tf}

معامل التخميد المكافئ للاطار الخلفي C_{tr}

الازاحة العمودية لنقطة اتصال الاطار الامامي بالارض y_{Rf}

الازاحة العمودية لنقطة اتصال الاطار الخلفي بالارض y_{Rr}

معامل ثابت التخميد للاخطي α

كتلة مجموعة المقعد (السائق + المقعد) M_d

الاجساء المكافئة للمقعد K_d

معامل التخميد المكافئ للمقعد C_d

البعد الافقي بين مركز كتلة مجموعة المقعد ومركز كتلة المركبة

a

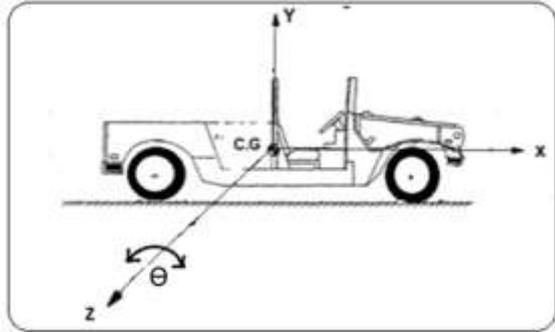
البعد العمودي بين مركز كتلة مجموعة المقعد ومركز كتلة المركبة

b

محصلة القوى العمودية المؤثرة على مجموعة المقعد

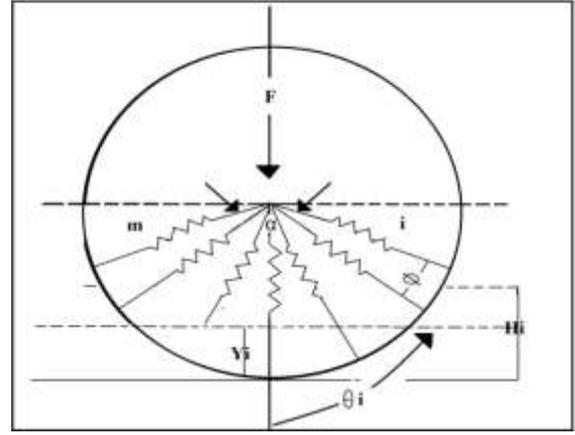
F_d (الازاحة ، السرعة ، التعجيل) العمودي لمركز كتلة

مجموعة المقعد $\dot{Y}_d, \dot{Y}_d, Y_d$



شكل (4) احداثيات المركبة

وتكوين نموذج رياضي لتمثيل حركة جميع الكتل المكونة للنظام وفي هذه الدراسة تم اختيار نموذج تعليق نصف مركبة حمل بأربع درجات من الحرية (4 DOF) يضاف لها واحدة لمقعد السائق كما مبين في شكل (5) :



شكل (3) الاتصال الممتد للاطار

الجانب النظري

يجب تمثيل الاحداثيات قبل اشتقاق القوانين الحاكمة للحركة بمبين في شكل (4) :

الرموز المستخدمة :

C.G. مركز كتلة المركبة

X, Y, Z إحداثيات المركبة

$\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$ (الازاحة ، السرعة ، التعجيل) الزاوي لبطن المركبة

m_s كتلة الاجزاء المعلقة

$y_o, \dot{y}_o, \ddot{y}_o$ (الازاحة ، السرعة ، التعجيل) العمودي لمركز كتلة المركبة

l_1 البعد بين مقدمة المركبة ومركز الكتلة

l_2 البعد بين مؤخرة المركبة ومركز الكتلة

I_z عزم القصور الذاتي للبدن

m_s كتلة الاجزاء المعلقة

K_{sf} اجساء النابض الامامي

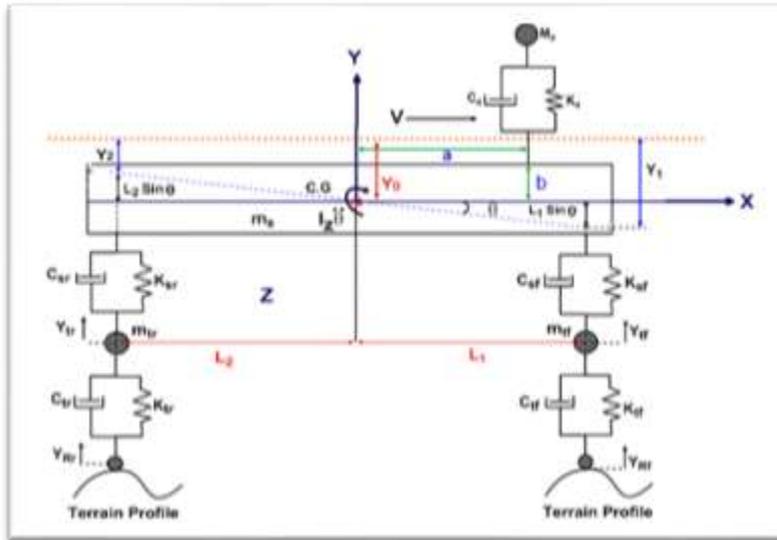
K_{sr} اجساء النابض الخلفي

C_{sf} ثابت التخميد لمنظومة التعليق الامامي

C_{sr} ثابت التخميد لمنظومة التعليق الخلفي

m_{tf} كتلة مجموعة العجلة الامامية

m_{tr} كتلة مجموعة الاطار الخلفي



شكل (5) نموذج رياضي لمنظومة تعلي نصف مركبة لخمس درجات من الحرية

$$\begin{aligned} \ddot{y}_{tf}(m_{tf}) - \dot{y}_o(C_{sf}) - \dot{\theta}(C_{sf}l_1) + \dot{y}_{tf}(C_{tf} + C_{sf}) - \\ y_o(K_{sf}) - (K_{sf}l_1\theta) + y_{tf}(K_{sf} + K_{tf}) = C_{tf}\dot{y}_{Rf} + K_{tf} \\ y_{Rf} \dots (3) \end{aligned}$$

المعادلة الرابعة :

تمثل معادلة الحركة بالاتجاه الشاقولي للاطار الخلفي :

$$\begin{aligned} \ddot{y}_{tr}(m_{tr}) - \dot{y}_o(C_{sr}) + \dot{\theta}(C_{sr}l_2) + \dot{y}_{tr}(C_{tr} + C_{sr}) - \\ y_o(K_{sr}) + (K_{sr}l_2\theta) + y_{tr}(K_{sr} + K_{tr}) = C_{tr}\dot{y}_{Rr} + \\ K_{tr}y_{Rr} \dots (4) \end{aligned}$$

بعد تمثيل حركة كتل النموذج الرياضي جميعا تكون معادلة الحركة كما يلي :

$$[m]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = \{F\} \dots (5)$$

وتكون المصفوفات بالشكل التالي :

➤ مصفوفة الكتلة [m] :

$$[m] = \begin{bmatrix} m_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_{tf} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_{tr} \end{bmatrix}$$

مصفوفة ثابت التخمد [C] :

$$[C] = \begin{bmatrix} (C_{sf} + C_{sr}) & (C_{sf}l_1 - C_{sr}l_2) & (-C_{sf}) & (-C_{sr}) \\ (C_{sf}l_1 - C_{sr}l_2) & (C_{sf}l_1^2 + C_{sr}l_2^2) & (-C_{sf}l_1) & (C_{sr}l_2) \\ (-C_{sf}) & (-C_{sf}l_1) & (C_{tf} + C_{sf}) & 0 \\ (-C_{sr}) & (C_{sr}l_2) & 0 & (C_{tr} + C_{sr}) \end{bmatrix}$$

➤ مصفوفة ثابت النابض [K] :

$$[K] = \begin{bmatrix} (K_{sf} + K_{sr}) & (K_{sf}l_1\theta - K_{sr}l_2\theta) & (-K_{sf}) & (-K_{sr}) \\ (K_{sf}l_1 - K_{sr}l_2) & (K_{sf}l_1^2\theta + K_{sr}l_2^2\theta) & (-K_{sf}l_1) & (K_{sr}l_2) \\ (-K_{sf}) & (-K_{sf}l_1\theta) & (K_{sf} + K_{tf}) & 0 \\ (-K_{sr}) & (K_{sr}l_2\theta) & 0 & (K_{sr} + K_{tr}) \end{bmatrix}$$

أما متجه القوة الذي يمثل قوة الاثارة الخارجية فيكون :

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ C_{tf}\dot{y}_{tf} + K_{tf}y_{Rf} \\ C_{tr}\dot{y}_{tr} + K_{tr}y_{Rr} \end{Bmatrix}$$

وفي هذه الدراسة تما التعبير رياضيا عن هذه الصفة باستعمال معادلة من الدرجة الثانية

في مثل هذه النماذج الرياضية يجب اعتماد مجموعة من الفرضيات لتسهيل عملية اشتقاق المعادلات الحاكمة للحركة وهي :

- 1- اعتبار جسم المركبة صلبا
- 2- زاوية التأرجح صغير اي ان $\sin \theta \cong \theta$ و $\cos \theta \cong 1$
- 3- اهمال قوى الاحتكاك .
- 4- المركبة تسير في طريق مستقيم وبالاتجاه الافقي .

من شكل (5) اعلاه يتبين ان قيم الازاحة العمودية لطرفي بدن المركبة (y_1, y_2) كما يأتي :

$$\begin{aligned} y_1 = y_o + l_1 \sin \theta \rightarrow y_1 = y_o + l_1 \theta \\ y_2 = y_o - l_2 \sin \theta \rightarrow y_2 = y_o - l_2 \theta \end{aligned}$$

وباشتقاق المعادلتين اعلاه نسبة للزمن تصبح :

$$\begin{aligned} \dot{y}_1 = \dot{y}_o + l_1 \dot{\theta} \cos \theta \rightarrow \dot{y}_1 = \dot{y}_o + l_1 \dot{\theta} \\ \dot{y}_2 = \dot{y}_o - l_2 \dot{\theta} \cos \theta \rightarrow \dot{y}_2 = \dot{y}_o - l_2 \dot{\theta} \end{aligned}$$

تم اشتقاق المعادلات الحاكمة للحركة باستخدام قانون نيوتن الثاني ولكون جسم المركبة ذو اربع درجات من الحرية لذلك سوف تكون لدينا اربع معادلات وبعد اشتقاقها تصبح كما يلي :

المعادلة الاولى :

تمثل الحركة الشاقولية للبدن باتجاه المحور (y)

$$\sum F_y = ma \quad [9]$$

$$\begin{aligned} m_s \ddot{y}_o + \dot{y}_o(C_{sf} + C_{sr}) + \dot{\theta}(C_{sf}l_1 - C_{sr}l_2) - \dot{y}_{tf}(C_{sf}) - \\ \dot{y}_{tr}(C_{sr}) + y_o(K_{sf} + K_{sr})(K_{sf}l_1\theta - K_{sr}l_2\theta) - \\ y_{tf}(K_{sf}) - y_{tr}(K_{sr}) = 0 \dots (1) \end{aligned}$$

المعادلة الثانية :

تعبير عن الحركة التآرجحية حول محور (Z)

$$\sum M_z = I_z \ddot{\theta} \quad [9]$$

$$\begin{aligned} (I_z)\ddot{\theta} + y_o(C_{sf}l_1 - C_{sr}l_2) + \dot{\theta}(C_{sf}l_1^2 + C_{sr}l_2^2) - \\ \dot{y}_{tf}(C_{sf}l_1) + \dot{y}_{tr}(C_{sr}l_2) + y_o(K_{sf}l_1 - K_{sr}l_2) + \\ (K_{sf}l_1^2\theta + K_{sr}l_2^2\theta) - y_{tf}(K_{sf}l_1) + y_{tr}(K_{sr}l_2) = 0 \dots (2) \end{aligned}$$

المعادلة الثالثة :

تمثل معادلة الحركة بالاتجاه الشاقولي للاطار الامامي :

يمكن التعبير عن المعادلة التفاضلية الني تمثل حركة المقعد المعلق بالشكل التالي :

$$M_d \ddot{Y}_d + C_d \dot{Y}_d + K_d Y_d = F_d \quad [7] \dots (8)$$

معايير الراحة :

في هذه الدراسة تم اعتماد معيارين :

1- التعجيل الاقصى (maximum acceleration) :

وهو اعلى مقدار يصله التعجيل العمودي لمقعد السائق وله دور كبير في تحديد درجة الراحة .

2- معيار معدل الطاقة الممتصة (Absorbed Power) :

يستعمل هذا المعيار لتحديد الاستجابة البشرية في مجال الاهتزاز ، ويعتمد على مقدار ما يتحمسه جسم الانسان من هذه الطاقة وذلك بإقامة علاقة بين أقصى حد يتحملة الجسم من الطاقة العمودية الممتصة والتعجيل العمودي ، ويعتمد على قوة المدخلة وسعة التردد . [7]

وفي هذه الدراسة تم اعتماد الطاقة الممتصة الناتجة من الحركة بالاتجاه العمودي فقط ، ولغرض تحديد مقدار اقصى حد من الطاقة الممتصة يمكن ان يتحملة جسم الانسان تم وضع مجموعة من الأشخاص بحالات صحية واعمار مختلفة وتسلط اهتزازات على كل منهم وتبين ان اقصى حد يتحملة الانسان من هذه الطاقة هو (1watt) [9] .

في مجال الزمن يمكن التعبير عن الطاقة الممتصة بالمعادلة :

$$A.P = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t F(t) V(t) dt \quad [11] \dots (9)$$

$F(t)$ القوة الآتية في نقطة تطبيق مدخلات الحركة .

$V(t)$ السرعة الآتية في نقطة تطبيق مدخلات الحركة.

وفي مجال التردد فإن قيمة الطاقة الممتصة في أي محور يمكن الحصول عليها باستعمال المعادلة :

$$P = \sum_1^n (C_i) . A_i^2 \quad [11] \dots (10)$$

P الطاقة الممتصة بوحدات (Watt) .

A_i جذر متوسط مربع التعجيل بوحدات (ft/sec²) .

C_i معامل الاستجابة البشرية فيما يتعلق بالمدخلات والتردد

ويمكن ايجاده باستعمال المعادلة :

$$C_i = \frac{K_1 K_0 (F_1 F_4 - F_2 F_3)}{(F_3^2 + W_i^2 F_4^2)} \quad [11] \dots (11)$$

إن

$$W_i = 2\pi . f_i \quad [11]$$

$f_i = \text{Frequency (Hz)}$

أما باقي مكونات المعادلة (11) فهي مبينة في جدول (1) :

جدول (1) قيم مكونات معادلة معامل الاستجابة البشرية [11]

| | |
|-----------|--|
| K_0 | 4.3537 |
| $K_1 K_1$ | 1.356 |
| F_1 | $-0.10245 * 10^{-6} W_i^6 + 0.17583 * 10^{-5} W_i^4 - 0.44601 * 10^{-2} W_i^2 + 1$ |
| F_2 | $0.12882 * 10^{-7} W_i^4 - 0.93394 * 10^{-4} W_i^2 + 0.10543$ |
| F_3 | $-0.45416 * 10^{-9} W_i + 0.37667 * 10^{-5} W_i^4 - 0.56104 * 10^{-2} W_i^2 + 1$ |
| F_4 | $0.21179 * 10^{-11} W_i^6 + 0.51728 * 10^{-7} W_i^4 - 0.17947 * 10^{-3} W_i^2 + 0.10543$ |

$$F = C . \dot{y} + \alpha . C . (\dot{y})^2 \quad [1] \dots (6)$$

إذ أن $\alpha = 0.38$

للتعبير عن هذا التصرف رياضياً نفرض مجموعة من النوابض لكي نحدد مقدار الزاوية بين كل نابض وآخر ويرمز لها (α) ويعين مقدارها ومقدار التشوه (Z) من قبل المستخدم وعليه يمكن حساب جساءة النابض المكافئة باستخدام المعادلة:

$$W_w = K_w \sum_{i=1}^M \delta_i \cos \theta_i \quad [10] \dots (7)$$

حيث :

W_w الحمل الكلي المسلط على العجلة

K_w الجساءة المكافئة للاطار

δ_i التشوه العمودي للنابض

H_i المسافة من النابض (i) الى الخط الذي يمس منطقة

الاطار الغير مشوهه وهو خط افتراضي

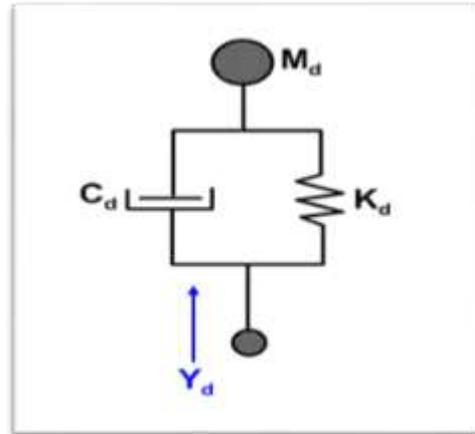
θ_i الزاوية المقاسة من النابض (i) الى الخط العمودي

المار بمركز الاطار

M العدد الكلي للنوابض المفروضة [10]

بعد اشتقاق المعادلات الحاكمة للحركة والتعبير رياضياً عن العوامل اللاخطية المعتمدة تم اثاره المركبة باستخدام العقبات المذكورة سابقا للحصول على النتائج المتمثلة بالإزاحة والسرعة والتعجيل العمودي في مركز كتلة المركبة (C.G) ولكون الدراسة الحالية تدور حول مقعد السائق لذلك يجب نقل النتائج الى المقعد ولتحقيق هذا الهدف تم استخدام طريقة الحركة النسبية (Relative Motion) .

اصبحت النتائج التي حصلنا عليها في مركز كتلة المركبة مدخلات لمقعد السائق كما موضح في شكل (6) :



شكل (6) نموذج رياضي لمقعد الراكب

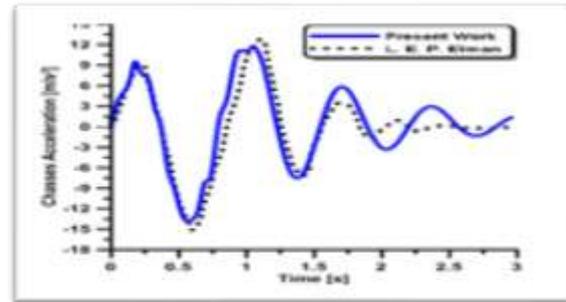
النتائج والمناقشة

كما جرت العادة في البحوث التي تضمنت جانب نظري فان نتائجه تحتاج الى تحقيق لذلك تمت المقارنة مع بحوث اعتمدت التصرف اللاخطي لمنظومات التعليق اذ تمت المقارنة مع نموذج نصف مركبة حمل مبينه بياناتها في الجدول (2)

جدول (2) بيانات نموذج تعليق نصف مركبة حمل [L. E. Etman (1)]

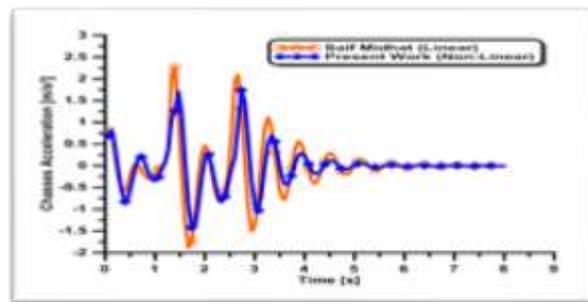
| | |
|-------|-------------|
| m_s | 5077 Kg |
| m_t | 746 Kg |
| K_s | 550 N/m |
| K_t | 2300 N/m |
| C_s | 31955 N.s/m |
| C_t | 750 N.s/m |

والتي عبر فيها الباحث عن اللاخطية بتصرف المخمد فقط وكانت الاثارة ناتجة من عبور المركبة لعقبة بشكل موجة نصف جيبية ومن النتائج المبينة في شكل (7) يتبين ان النتائج التي توصلنا اليها مطابقة وبدرجة مقبولة لنتائج الباحث .



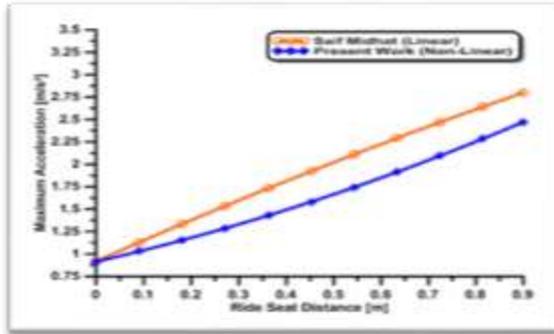
شكل (7) تغير التعجيل العمودي مع الزمن في مركز ثقل مركبة حمل لموجة نصف جيبية سعتها (0.5m) وطولها (6m) بسرعة (80Km/h)

لغرض معرفة ما تحقق لدينا من نتائج عند اعتماد العوامل اللاخطية تمت المقارنة مع النموذج الخطي لنفس المركبة ونفس ظروف السير ومن النتائج الموضحة في شكل (8) يتبين ان اعتماد العوامل اللاخطية يؤدي الى تحسين النتائج الذي تمثل بانخفاض مقدار التعجيل الاقصى (maximum acceleration) بنسبة (26%) وزمن الاستقرار بمقدار (18.8%) عند اعتماد زمن استقرار (0.05% Peak).



شكل (8) مقارنة بين النموذج الخطي واللاخطي للعلاقة بين التعجيل العمودي لمركز ثقل المركبة مع الزمن

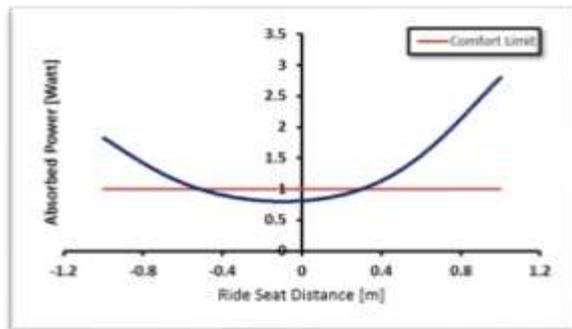
وفي مجال راحة الراكب وعند اعتماد معيار التعجيل الاقصى لمقعد السائق وكما في النتائج المبينة في شكل (9) ان اعتماد العوامل اللاخطية يعطينا مقدار تعجيل اقصى اقل لمقعد السائق من اعتماد النموذج الخطي ولو فرضنا ان التعجيل الاقصى المسموح به لمقعد السائق هو (1.25 m/s²) لوجدنا انه حسب النموذج الخطي يكون موقع تثبيت المقعد هو (0.14 m) بينما عند اعتماد العوامل اللاخطية يزداد هذا المدة ليصل الى (0.24 m) مما يوفر حرية اكبر في تغيير موقع تثبيت مقعد السائق نسبة الى مركز كتلة المركبة .



شكل (9) مقارنة بين النماذج الخطية واللاخطية للعلاقة بين التعجيل

الاقصى لكرسي القيادة الامامي وبعده عن مركز النقل

ولغرض بيان افضل موقع لتثبيت المقعد تم اعتماد معيار الطاقة الممتصة (A.P) كونها من المعايير التي تعبر بدقة عن راحة الراكب وكما مبين في شكل (10) انه كلما اقتربنا من مركز كتلة البدن انخفض مقدار الطاقة الممتصة مع ثبوت الارتفاع بقيمة (0.3m) ومن خلال الشكل يتبين ان افضل موقع لتثبيت المقعد هو خلف مركز كتلة البدن مسافة (0.142 m) والذي يؤدي الى حصول السائق على طاقة ممتصة مقدارها (0.743 watt) ولدينا مسافة متاحة خلف مركز الكتلة لغاية (0.54 m) مع بقاء الراكب في حدود الراحة بينما امام مركز كتلة البدن يقل هذا المدى ليصل الى (0.26 m) .



شكل (10) العلاقة بين الطاقة الممتصة وبعده مقعد السائق عن مركز النقل لمركبة حمل تجتاز حاجز شبه منحرف ارتفاعه بارتفاع (0.25m) وطول (0.1 m) بسرعة (16 Km/h)

الاستنتاجات

تم التوصل في هذه الدراسة الى ما هو مطلوب من تحليل شامل للتغيرات التي تحصل عند اعتماد العوامل اللاخطية المذكورة اذ تبين ان اعتماد العوامل اللاخطية يعطي حرية اكبر في تحديد موقع تثبيت

التوصيات

من الممكن اجراء دراسة اضافية لكي تشمل مجالا اوسع في التطبيق او الدراسات المستقبلية وذلك بالأخذ بنظر الاعتبار واحد او اكثر من التوصيات التالية :

- 1- اعتماد عوامل لا خطية اضافية متصل التصرف للاخطي للنابض الرئيسي للمنظومة .
- 2- اعتماد الاثارة العشوائية في دراسة المنظومة.
- 3- اخذ مرونة البدن بنظر الاعتبار .
- 4- اجراء دراسة عملية ومقارنتها مع النتائج النظرية لغرض دعمها.

المقعد نسبة الى مركز كتلة بدن المركبة وهذا الامر مهم بالنسبة للمصمم ومن اعتماد معيار الطاقة الممتصة يصبح بالإمكان تحديد افضل موقع لتثبيت المقعد والذي يحقق اعلى درجة من الراحة مع تثبيت ارتفاعه بمقدار (0.3 m) بالإضافة الى ذلك يمكن استنتاج النقاط التالية :

- 1- يمكن الاعتماد على نموذج نصف مركبة ثنائي البعد لتمثيل تصرف المركبة عند تعرضها لتعرجات الطريق لما يمتاز به من سهولة ودقة في النتائج.
- 2- ان اختيار العوامل اللاخطية المعتمدة في هذه الدراسة كان موفقا لما انتجته من تغير في النتائج باتجاه تحسينها مقارنة مع النموذج الخطي.

المصادر

- [1] **L. E. Vermeulin** “Design of stroke dependent damper for the front axle suspension of a truck using Multibody system Dynamics and Numerical Optimization” Dynamics System Vol.30, N0.1, Netherland P. P. 81-109 , 2002 .
- [2] **Brogioli , Gobbi** “sensitivity analysis to passenger seat model for ride comfort” Experimental Mechanism. VOL. 51 ISSN 0014 – 4851 P.P.1239 - 1247 Oct. 2011 . (Iraqi Virtual Library) .
- [3]-**Florin Andronic, Ioan Mihal** ""Simulating Passive suspension on an uneven track Surface "" Journal of Engineering Studies and Research , ,Romania P.P. 7-16 VOL.20, 2014 .
- [4] **Mahmoud Al-Kafafy and Samir M. Al-Demerdash** “Automotive ride comfort control using MR fluid” Scientific Research , Engineering 2012 ,4, Egypt (Iraqi Virtual Library) P.P. 179-187 Feb. 2012.
- [5] **Yogesh Sanjay Pathare** “Design and development of quarter car suspension test Rig Model and its simulation "International Journal of Engineering Science and Advance Technology, VOL.-3 ,ISSUE -3,P.P.153-170, India, 2014 .
- [6] **Aberdeen Proving Ground** “Ride dynamics and evaluation of human exposer to whole-body vibration “ Test Operation Procedure 01-1-014A USA Army

- test and evaluation command P. P. 18-39, 29-novambr 2012.
- [7] **Salim Y. Kasim** “Ride analysis for suspension system of off-road tracked vehicle” Ph.D. thesis. School of Mechanical Engineering Turbomatory and Engineering Mechanics Department. Cranfield Institute of Technology Gen . 1991 .
- [8] **Richard Stone and Jeffrey K. Ball** “Automotive engineering Fundamentals” SAE International , PA 15096 – 0001 ISBN 0-7680-0987- USA . Autumn 2002 .
- [9] **Zahib Hussain and Nurul-Absar Khowdhury** “Ride comfort of 4-Degree of freedom non-linear heavy vehicle suspension” ISESCO JORNAL of Science and Technology VOL.8 Number 13 P.P. 80-85 May 2012 .
- [10] **Kumber , Sawant and Tamboli** “An overview of disarray in non-linear active suspension system under random road excitation with time delay” International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), VOL.2 Issue.1 P.P.332-335, India, Feb, 2012 .
- [11] **Randolph Anthony Jones** “Validation study of two rigid body dynamic computer model” Technical Report GL-92-17 Under Project No. 1V665810DE65 Mississippi . USA , P.P 17-72 September 1992 .

study the effect of depending the non – linear factors of suspension systems of a truck vehicle on determine the location of driver seat

Yaseen H. Mahmood , Raaid M. Hameed

Department of Physics, College of Science, Tikrit University, Tikrit, Iraq

yaseen.hameed67@gmail.com

raadmajeed65@gmail.com

Abstract

Passenger comfort has become an important requirement for manufactures to achieve because of the direct effect on its seals rate the driver has been concentrate on this study to decrease the vibration that reach on him that cause unclear of his vision when driving and to achieve this goal a tow – dimensional model has been chosen to represent suspension system of halve truck vehicle for fore degree of freedom (4DOF) and by add one degree of driver seat .

In this study and to obtain accurate result we study the Non – Linear factors that act on the suspension system performance Taking into account one of the most important sources of nonlinearity, which is the non-linear behavior of the damper and the second source is the extended contact of the tire .

By considering the body of the vehicle is rigid The equations of the movement were derived using Newton's second law and excitement the car by using two types of obstacles , the first is halve sine wave and the second is trapezoidal as an expression of the road irregularity that the car is exposed through traveling and to obtain the results a Fortran 90 computer program was created for the purpose of solving mathematical equations. After running the program we obtain the results represented by displacement , velocity and the normal acceleration in the center of gravity of cars body .

The results were compared with the results of newly published research adopted The nonlinear behavior of the suspension systems and it was found that is approaches by acceptable degree and to find out the extent of improvement in the results when considering the nonlinear factors we compare with the linear symbol of same vehicle and by use same excitation It was found that the adoption of nonlinear factors leads to improved results .

Then we carried out to ride comfort To know what results we have achieved when adopting the nonlinear factors Through the adoption comfort criteria the first was the amount of maximum acceleration of the driver's seat and the second is the amount of Absorbed Power then its found that depending the Non – Linear factors give more flexibility to determining the ride seat connect with respect to center of gravity of car body with determination the optimum place to connect it that leads to obtain minimum percentage of vibration .

Key words: Ride Comfort , Non – Linear behavior , halve vehicle , 4DOF , driver seat .