

Полянський Олександр Сергійович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com
Задорожня Вікторія Володимирівна, к.т.н., доцент, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ СТІЙКОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ ПРИ ПЕРЕКИДАННІ

Основні експлуатаційні характеристики стійкості руху та пов'язані з ними дорожньо-транспортні пригоди визначають ефективність використання техніки [1]. На стійкість руху, як експлуатаційну властивість транспортного засобу, впливають різні експлуатаційні фактори: швидкість руху, стан дорожнього покриття, поздовжні і поперечні ухили полотна дороги, поздовжня база, колія коліс, координати центру мас та інші. Питанням перекидання присвячені роботи [2-4]. Ряд авторів відзначають вплив на процес перекидання критичної швидкості руху машини, конструктивних параметрів колісних машин, дорожніх умов та іншого, але запропоноване різноманіття критеріїв і показників для їх оцінки мають низьку точність, що ускладнює вирішення практичних завдань, пов'язаних із забезпеченням безпеки руху колісних машин. У роботі [5] показано, що втрата поперечної стійкості і перекидання машини характеризується не тільки взаємодією коліс з опорною поверхнею, але і взаємним розташуванням секцій, енергетичним станом рухомих секцій однієї щодо іншої, пов'язаних вертикальним шарніром. Розроблені методики оцінки стійкості [6] дозволяють оцінити вплив моментів лише окремих сил на перекидання, але судити про величину критичного кута або про безпечний режим руху колісної машини, можна з великим наближенням.

Для машин з жорсткою рамою параметрами стійкості є граничні кути статичної стійкості, при яких забезпечується стійкість як у поздовжньому так і поперечному напрямках. Статична стійкість машин з шарнірно-зчленованою рамою визначається мінімальним кутом схилу β , на якому трактор втрачає стійкість при деякому куті складання δ і куті повороту γ однієї секції рами відносно іншої (рис. 1).

Зі зміною кута складання δ різко змінюється положення центру мас і навантаження на колеса. Тому критичним кутом стійкості слід вважати такий максимальний кут схилу, на якому при будь-якому маневруванні колісної машини, тобто при будь-яких кутах складання, зберігається контакт всіх її коліс з ґрунтом.

Для отримання залежності, що зв'язує кут ухилу β з кутом повороту секції рами в поперечній площині γ_{x1} , отримано рівняння руху для секції, що має меншу стійкість проти перекидання в поперечній площині

$$I_{x_1} \frac{dw_{x_1}}{dt} = m_1 \cdot g \cdot \sin(\beta_i + \gamma_{x_1}) h_1 - m_1 \cdot g \cdot \cos(\beta_i + \gamma_{x_1}) \cdot \frac{B}{2}, \quad (1)$$

де I_{x_1} – момент інерції секції відносно поздовжньої вісі, що проходить через центр мас; w_{x_1} – кутова швидкість секції в поперечній площині; m_1 – маса секції; g – прискорення вільного падіння, $g=9,81$ м/с²; β_i – кут поперечного ухилу шляху; γ_{x_1} – кут повороту секції в поперечній площині; h_1 – висота центру мас секції; B – колія машини.

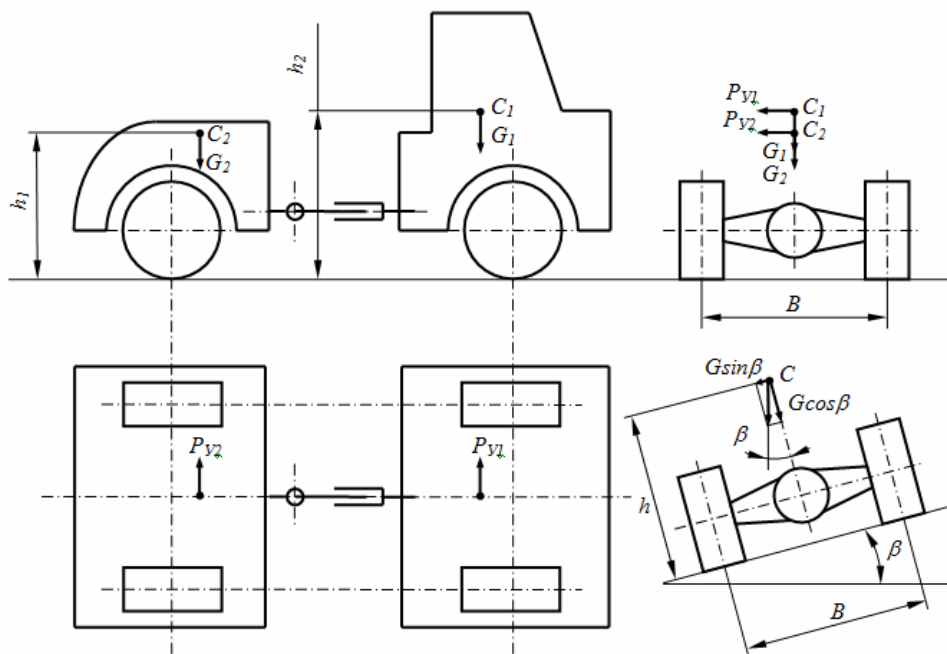


Рисунок1 – Сили, що діють на машину з шарнірно-зчленованою рамою на поперечному ухилі

Перетворимо вираз (1) таким чином, щоб виділити кут повороту секції γ_{x_1} , отримаємо

$$\frac{d^2\gamma_{x_1}}{dt^2} = g \frac{h_1}{i_{x_1}^2} \sqrt{1 + \frac{B^2}{4h_1^2}} \sin(\alpha - \beta - \gamma_{x_1}), \quad (2)$$

$$\text{де } \alpha = \arcsin\left(\frac{\frac{gB}{2i_x^2}}{g \frac{h_1}{i_{x_1}^2} \cdot \sqrt{1 + \frac{B^2}{4h_1^2}}}\right) = \arcsin \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4h_1^2}{B^2}}} = \arctg \frac{2h}{B}.$$

При малих кутах повороту секції $tg\gamma_{x_1} = \gamma_{x_1}$

$$\frac{d^2\gamma_{x_1}}{dt^2} + g \cdot \frac{h_1}{i_{11}^2} \cdot \sqrt{1 + \frac{B^2}{4h_1^2}} \cos(\alpha - \beta) \cdot \gamma_{x_1} = g \frac{h_1}{i_{x_1}^2} \sqrt{1 + \frac{B^2}{4h_1^2}} \cdot \sin(\alpha - \beta). \quad (3)$$

Отримано неоднорідне диференціальне рівняння 2-го порядку, ліва частина якого в загальному вигляді описує рух секції, а права частина –

окремий випадок, тобто враховує певні параметри розглянутої секції. Рішення цього рівняння дозволяють визначити час руху однієї секції до обмежувальних упорів другої.

Знаючи час руху першої секції до обмежувальних упорів, можна визначити кутову швидкість секції

$$w_{x1_{гран}} = g \cdot \frac{h_1}{i_{x1}^2} \sqrt{1 + \frac{B^2}{4h_1^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\gamma_{1_{гран}}^1}{tg^2(\beta - \alpha)}} \cdot \sin(\beta - \alpha). \quad (4)$$

Отримана залежність для визначення кутової швидкості секції дозволяє визначити кінетичну енергію її обертання в поперечній площині

$$W_{\kappa} = \frac{I_{x1} \cdot w_{x1}^2}{2} = \frac{m_1 \cdot g^2 \cdot h_1^2}{i_{x1}^2} \cdot \left(1 + \frac{B^2}{4h_1^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{x1_{гран}}^2}{tg^2(\beta - \alpha)}\right) \cdot \sin^2(\beta - \alpha). \quad (5)$$

Далі, визначаючи величину підйому центру мас колісної машини, що рухається ухилом, енергетичним методом визначається його динамічна стійкість.

В результаті проведених досліджень встановлено зв'язок додаткового кута повороту горизонтального шарніра між секціями машини з шарнірно-зчленованою рамою при русі на поперечному схилі з параметрами її динамічної стійкості. Отримані залежності дозволяють визначити кінетичну енергію секції колісної машини при перекиданні.

Література

1. Дорошенко Н.А. Обоснование и разработка выбора методов параметров трактора типа Т-150К по показателям плавности хода и устойчивости на транспортных работах: автореф. дисс. на соиск учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 / Н.А. Дорошенко. – Харьков, 1990. – 24 с.
2. Кірієнко М.М. Вимоги до статистичних даних про дорожньо-транспортні випадки з тракторами / М.М. Кірієнко, О.С. Полянський, В.В. Задорожня, О.В. Климчук // Вісник ХНТУСГ. Тракторна енергетика в рослинництві. – 2007. – Вип 60. – С. 101-105.
3. Теория и расчет трактора „Кировец” / [Шувалов Е.А., Бойков А.В., Добряков Б.А., Пантюхин М.Г. Под общ. ред. А.В. Бойкова]. – Л.: Машиностроение, 1980. – 208 с.
4. Колёсные тракторы для работы на склонах / [Амельченко П.А., Ксенович И.П., Гуськов В.В., Якубович А.И.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 248 с.
5. Боклаг В.М. Анализ общей устойчивости шарнирно-сочленённых машин: автореф. дисс. на соиск учен. степени канд. техн. наук. – Харьков, 1964. – 22 с.
6. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов / Коновалов В.Ф. – М.: Машиностроение, 1981. – 144 с.