

Полянский А.С., д.т.н., проф., Дубинин Е.А., к.т.н., доц.

КРИТЕРИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННЫХ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА

Предложен критерий, позволяющий оценивать и прогнозировать динамическую поперечную устойчивость положения шарнирно-сочлененных средств транспорта при движении по дорогам с различным рельефом.

Устойчивость средств транспорта при движении зависит от большого количества различных факторов и влияет на безопасность эксплуатации. Для шарнирно-сочлененных машин при выполнении различных видов работ, в том числе транспортных, наиболее типичными причинами опрокидывания являются: наезд колеса секции на препятствие или его попадание в яму, опрокидывание на косогоре при повороте с прицепом. Так, подавляющее большинство случаев опрокидывания тракторов различных конструкций (более 80%) связано с нарушением динамических критериев устойчивости, при этом более 70% из них приходится на боковое опрокидывание, почти половина из них является следствием неблагоприятного микрорельефа местности [1, 2]. Вопросам опрокидывания средств транспорта, в том числе и шарнирно-сочлененных, посвящен ряд работ [1-5]. Оценка поперечной устойчивости колесного шарнирно-сочлененного трактора возможна на основе использования метода парциальных ускорений. Однако при проведении исследований авторами работы [5] не было учтено влияние упругих свойств ходовой системы и подвески на устойчивость. Также не исследованной осталась взаимосвязь параметров движения средства транспорта с условием сохранения поперечной динамической устойчивости.

Для шарнирно-сочлененных средств транспорта при движении на уклоне оценивают устойчивость каждой секции и наихудший параметр принимают в качестве критерия оценки устойчивости всей машины (при условии свободного взаимного перемещения элементов горизонтального шарнира). Это связано, прежде всего, с конструктивными особенностями секций.

Учет влияния на поперечную устойчивость средства транспорта его подвески и ходовой системы выполняется, исходя из условия отсутствия их взаимного влияния, с целью определения степени влияния каждого из элементов системы, так как наклон осуществляется относительно различных центров крена.

Получен критерий в виде критической скорости $V_{кр}$ средства транспорта для оценки и прогнозирования динамической поперечной устойчивости положения с учетом жесткости подвески и приведенной жесткости системы "Шины-грунт"

$$V_{кр} \leq \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot B^2}{h_c \cdot \sin^2 \varphi} \cdot \frac{1 - \cos(\alpha - \beta - \alpha_n - \alpha_\kappa)}{\frac{i_x^2}{h_c^2} \cdot \cos \alpha + \sec \alpha}}, \quad (1)$$

где B – колея средства транспорта (поперечная колесная база);

α – угол поперечной статической устойчивости средства транспорта;

β – угол поперечного уклона дороги;

α_n – дополнительный угол крена из-за деформации подвески;

α_κ – дополнительный угол крена из-за деформации системы "Шины-грунт";

h_c – высота центра масс;

i_x – радиус инерции секции относительно горизонтальной оси, проходящей через центр масс;

g – ускорение свободного падения;

φ – угол атаки неровности.

На примере шарнирно-сочлененного колесного трактора тягового класса 30 кН рассчитаны критические скорости прямолинейного движения каждой секции при разблокированном и заблокированном горизонтальном шарнире по дорогам с различным углом уклона при наезде на единичное препятствие высотой 0,3 м.

Таблица 1 - Результаты расчета критических скоростей секций шарнирно-сочлененного колесного трактора тягового класса 30 кН при наезде на препятствие

Угол поперечного уклона дороги β , град	0	5	10	15	20	25
Скорость 1 секции, м/с	21,5	17,8	14,0	10,3	6,5	2,8
Скорость 2 секции, м/с	29,3	26,5	23,8	20,9	18,0	15,0
Скорость 2-х секций при заблокированном горизонтальном шарнире, м/с	23,1	19,3	15,3	11,4	7,4	3,4

Анализ данных показывает, что реальная угроза опрокидывания колесного трактора в случае его прямолинейного движения существует при наезде на препятствие при перемещении по склону с углом поперечного уклона не менее 15^0 . В результате расчетов установлено, что первая секция трактора имеет наименьший запас устойчивости. При этом вторая секция устойчива на всем диапазоне рассчитанных эксплуатационных скоростей. Также установлено, что блокировка горизонтального шарнира может повысить динамическую устойчивость шарнирно-сочлененного колесного трактора тягового класса 30 кН не менее чем на 7%.

Литература

1. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов / Коновалов В.Ф. – М.: Машиностроение, 1981. – 144 с.
2. Пospelов Ю.А. Анализ причин опрокидывания тракторов / Ю.А. Пospelов, Р.А. Левин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – №7. – С. 24-27.
3. Пospelов Ю.А. Устойчивость трактора / Пospelов Ю.А. – М.: Машиностроение, 1966. – 247 с.
4. Боклаг В.М. Анализ общей устойчивости шарнирно-сочленённых колесных машин: автореф. дисс. на соиск. степени канд. техн. наук / В.М. Боклаг. – Харьков, 1964. – 21 с.
5. Подригало М.А. Оценка устойчивости положения колесных машин методом парциальных ускорений / Подригало М.А., Полянский А.С., Клец Д.М., Корчан Н.С., Задорожня В.В. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, том 1. – С 58-66.

Полянский Александр Сергеевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.

Дубинин Евгений Александрович – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.