

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ОТРЫВА КОЛЕСА МАШИНЫ ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ МЕТОДОМ ПАРЦИАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ

**Полянский А.С., д.т.н., проф., Кириенко Н.М., к.т.н., доц.,
Задорожня В.В., к.т.н., доц.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Разработан перспективный способ контроля текущих углов наклона мобильных машин, работающих на уклоне до момента отрыва колеса с использованием метода парциальных ускорений. Предложена конструкция прибора для мониторинга момента отрыва колеса, определяющего устойчивое положения машины. Применение разработанного метода на практике позволяет получить оценку параметра устойчивости машины в реальном времени и обеспечить безопасность её эксплуатации.

Введение. Особенностью техники с шарнирно-сочлененной рамой (наличие связанного вертикального и свободного горизонтального шарниров) является статическая определимость схемы машины на опорной поверхности, но в процессе движения, отрыв одного из колес от почвы может быть принят в качестве критерия, характеризующего начало потери поперечной устойчивости и опрокидывания машины на склоне.

Анализ последних достижений и публикаций. Ряд авторов в своих работах [1, 2] подчеркивают, что процесс бокового опрокидывания шарнирно-сочлененных машин характеризуется не только взаимодействием колес с опорной поверхностью, но и взаимным расположением секций, связанных вертикальным шарниром.

В исследованиях В.Ф. Коновалова [3], оценка устойчивости к опрокидыванию проводится с энергетической точки зрения по обобщенному критерию ρ_y , характеризующему запас устойчивости:

$$\rho_y = 1 - \frac{\mathcal{E}_{\text{стаб}}}{\mathcal{E}_{\text{опр}}} \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{стаб}}$ - энергия стабилизирующих сил;

$\mathcal{E}_{\text{опр}}$ - энергия, необходимая для опрокидывания трактора.

В случае, если вращение трактора возникает от падения или внезапного поднятия одного из бортов трактора, то условие устойчивости рассматривают в виде:

$$G_T \cdot \Delta h_n \geq \frac{1}{2} J_{OT} \cdot \omega_{OT} \quad (2)$$

В результате оценки определяется угол наклона $\gamma_{\text{ускл}}$, где внезапный наезд на неровность не приводит к опрокидыванию. При этом связь угловой скорости ω_{OT} опрокидывания трактора с поступательной $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ принимается

прямопропорциональной.

Указанную связь можно рассматривать при малых скоростях движения, когда можно пренебречь деформацией шин, подвески и опорной поверхности, а также при условии копирования трактором профиля неровностей дороги.

Таким образом, при исследованиях устойчивости изучалось опрокидывание тракторов от частных возмущений, для упрощения математического описания неровностей принимались определенные геометрические формы, а для получения решений задавались неизменные переменные во времени и пространстве граничные условия. Поэтому решение задач, связанных с определением параметров и повышением поперечной устойчивости положения таких машин моделированием взаимосвязи возмущенного и невозмущенного состояния движения, является актуальным.

Цель и постановка задачи. Целью работы является повышение поперечной устойчивости шарнирно-сочлененных средств транспорта, на основе исследования момента отрыва колеса при движения на уклоне и по неровностям случайного профиля опорной поверхности.

Известно, что поперечная устойчивость большегрузных автомобилей и колесных тракторов значительно меньше, чем поперечная устойчивость других дорожных транспортных средств и в значительной степени зависит от габаритных размеров и веса.

При оценке устойчивости против опрокидывания критерием является предельный угол устойчивости положения, в нашем примере, в поперечной плоскости [4].

На рисунке 1 предьявлена схема сил, действующих на колесную машину в поперечной плоскости при движении на боковом уклоне. Колесная машина представлена в виде двухмассовой модели. Вес неподрессоренных масс сосредоточен в точке C_H (обозначен G_H), поддрессоренных масс - в точке C_{II} (обозначен G_{II}). При этом $G = G_H + G_{II}$.

Общие реакции на левых R'_Z и правых R''_Z колесах будут равны соответственно

$$R''_Z = R''_{ZH} + R'_{ZII}, \quad (3)$$

$$R'_Z = R'_{ZH} + R'_{ZII}. \quad (4)$$

Причем

$$G_{II} = R'_{ZII} + R''_{ZII}, \quad (5)$$

$$G_H = R'_{ZH} + R''_{ZH}. \quad (6)$$

Исследованиями [4] установлено, что

$$R'_z = R'_{ZH} + R'_{ZII} = G_H \left(0,5 - \frac{r_0}{B} \operatorname{tg} \beta \right) + 0,5 G_{II} \left[1 - \frac{G}{G_{II}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0} + \frac{2r_0}{B} \cdot \frac{G_H}{G_{II}} \operatorname{tg} \beta \right] \quad (7)$$

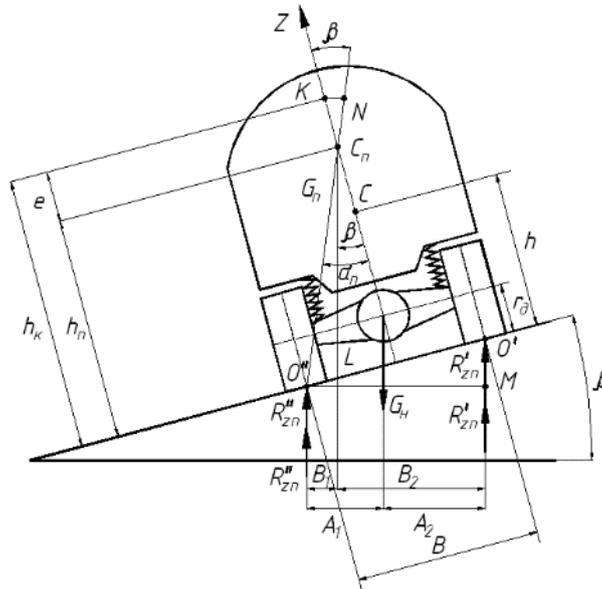


Рис. 1 – Схема сил, действующих на колесную машину в поперечной плоскости

Выполнив преобразования, получим зависимость реакции на правом колесе в поперечной плоскости от величины предельного угла устойчивости

$$R'_z = 0,5G \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0} \right). \quad (8)$$

Формула (8) показывает, что если угол уклона опорной поверхности будет равен углу начала отрыва колеса, то есть $\beta = \alpha_0 \rightarrow R'_z = 0$, тогда начнётся процесс опрокидывания. Эта ситуация является предельно допустимой если отсутствуют какие-либо другие динамические нагрузки при движении колесной машины. В случае нарушения данного условия произойдет аварийная ситуация - опрокидывание.

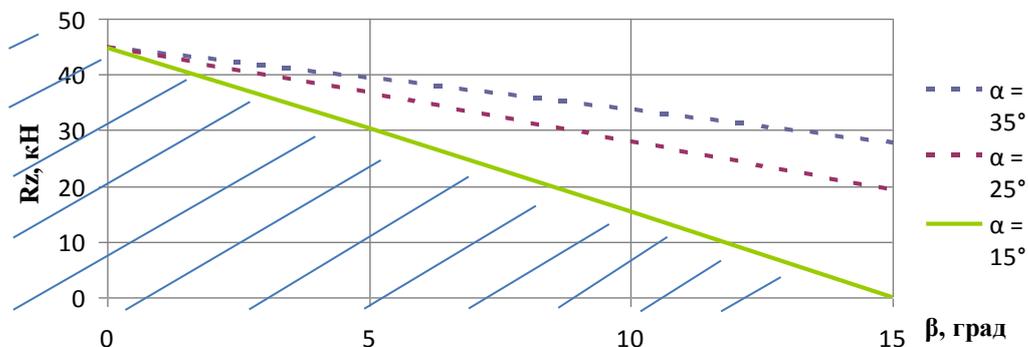


Рис. 2 – Условие сохранения поперечной устойчивости положения колесной машины при различных углах статической устойчивости (α_0) и угла наклона ($\beta = 0-15^\circ$) (зона поперечной устойчивости заштрихована)

В процессе движения машины при выполнении технологической операции, будут меняться величины уклона наклона и их соотношение с различными углами статической устойчивости, образуя зону безопасного использования этой машины.

Результаты проведенных расчетов на примере колесной машины класса 3тс типа Т-150К – 09 показаны на рисунке 2.

Используя в качестве критерия равенство нулю реакции в точке отрыва колеса, обоснованы допустимое и предельное значение углов наклона машины при выполнении технологических операций. С использованием полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, по обеспечению поперечной устойчивости колесных машин при движении на уклоне и неровностям опорной поверхности, разработана бортовая контрольно - измерительная система, которая базируется на приборе ПЗФ - 2К (рис. 3).

Предложенный прибор, реагируя на отрыв колеса при движении по неровной дороге, сигнализирует оператору о превышении угла наклона, что заставляет его, включится в процесс управления. Предупреждение в виде световой сигнализации и надписи «Угол наклона допустимый», «Угол наклона предельный X или Y», которое поступает от установленных датчиков положения контрольно - измерительного комплекса, требуют от оператора принять решение о переходе на безопасный режим движения, тем самым, повышая безопасность движения колесных машин с шарнирно-сочлененными рамами.



Рис . 3 – Общий вид прибора ПЗФ- 2К: а) « Угол наклона допустимый»; б) «Угол наклона предельный X или Y».

Использование предложенной контрольно-измерительной системы показало, что наличие информации о диапазоне углов, характеризующих приближение момента отрыва колеса в виде допустимого и предельного недостаточно для принятия оператором рационального решения по предотвращению опрокидывания.

Следует доработать эту систему путём выведения на экран текущего значения углов наклона машины в режиме реального времени работы, сохранив при этом световую сигнализацию допустимого (зелёный свет) и предельного (красный свет) значения этих углов.

Выводы. 1. Разработан перспективный способ контроля текущих углов наклона мобильных машин, работающих на уклоне до момента отрыва колеса с использованием метода парциальных ускорений.

2. Предложена конструкция прибора для мониторинга момента отрыва колеса, определяющего устойчивое положения машины. Применение разработанного метода на практике позволяет получить оценку параметра устойчивости машины в реальном времени и обеспечить безопасность её эксплуатации.

Список используемых источников

1. Пospelov Ю. А. Оценка устойчивости тракторов и тракторных поездов. / Ю.А. Пospelov, Р.А. Левин А.В. Галаган //.– Тракторы и с. - х. машины - . 2003. - № 1. С 20-21.
2. Боклаг В. М. Анализ общей устойчивости шарнирно-сочленённых машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец.: 05.05.03 / В. М Боклаг. – Х., 1964. - 22 с.
3. Коновалов В. Ф. Динамическая устойчивость тракторов. / В. Ф. Коновалов - М.: Машиностроение, 1981.- 144 с.
4. Задорожня В.В. Повышение безопасности использования колесных машин при выполнении транспортных работ на поперечном уклоне: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20/ В.В. Задорожня. - Харьков, 2014. – 20с.

Аннотация

ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ВІДРИВУ КОЛЕСА МАШИНИ ПРИ ПЕРЕКИДАННІ МЕТОДОМ ПАРЦІАЛЬНИХ ПРИСКОРЕНЬ

Полянський А.С., Кирієнко Н.М., Задорожня В.В.

Розроблено перспективний спосіб контролю поточних кутів нахилу мобільних машин, що працюють на ухилі до моменту відриву колеса з використанням методу парціальних прискорень. Запропоновано конструкцію приладу для моніторингу моменту відриву колеса, що визначає стійке положення машини. Застосування розробленого методу на практиці дозволяє отримати оцінку параметра стійкості машини в реальному часі і забезпечити безпеку її експлуатації.

Abstract

DEFINING MOMENT SEPARATION WHEELS CAR DURING ROLLOVER USING PARTIAL ACCELERATIONS

A. Polanski, N. Kiriienko, V. Zadorozhnyaya

A promising way to monitor the current angle of inclination of the mobile machines running on an incline until clear of the wheel using the method of partial acceleration. A design of the device for monitoring the separation of the wheel torque, determining a steady state machine. Application of this method in practice allows you to obtain an estimate of the parameter stability of the machine in real time and ensure the safety of its operation.