

УДК – 629.113.014

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН ПРИ МАНЁВРЕ «ВХОД В КРУГ»

Турсунов И.С.

Доцент кафедры Ташкентского государственного
транспортного университета

Ахмедов Д.А.

Заместитель начальника кафедры Университета общественной
безопасности республики Узбекистан

АННОТАЦИЯ

В ходе данного исследования были проанализированы манёвры современных колесных машин. Управляемость и устойчивость движения является одним важных эксплуатационных свойств колесной машины [1,2,3,4].

Ключевые слова: Манёвр, колесная машина, круг, современная техника.

ABSTRACT

In the course of this study, the maneuvers of modern wheeled machines were analyzed. Controllability and driving stability is one of the important operational properties of a wheeled vehicle [1,2,3,4].

Keywords: Maneuver, wheeled vehicle, circle, modern technology.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка управляемости колесных машин проводится с помощью комплекса оценочных измерителей, которые определяется в соответствие с ГОСТ 31507-2012 [1] испытаниями «смена полосы движения», «вход в круг», «устойчивость движения по заданной прямой» и др. Этим же ГОСТом даются предельные допустимые значения показателей управляемость и устойчивость колесной машины.

В статье рассматривается моделирование движения колесной машины при резком (скачкообразном) повороте рулевого колеса. Оценка управляемости в этом режиме проводится по характеристике переходного процесса угловой скорости поворота колесной машины, рис.1.

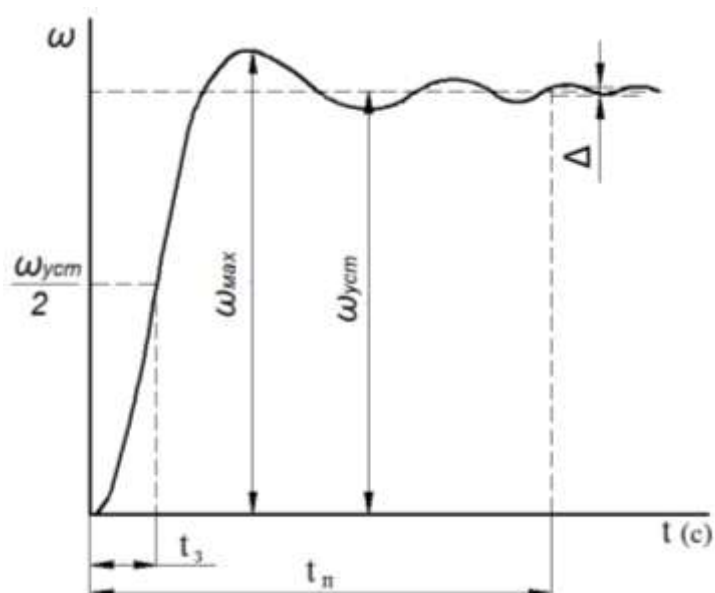


Рис.1.График переходных процессов и их основные показатели

По кривой переходной характеристики проводится оценка «быстродействия» и времени «запаздывания» поворота колесной машины. Быстродействие колесной машины, определяется временем переходного процесса t_n угловой скорости поворота, которое определяется как промежуток времени, по истечении которого выходная переменная отличается от своего установившегося значения не более чем на некоторую условно малую величину (обычно $\Delta = 0.03\omega_{уст}$).

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Другим измерителем является время запаздывания t_3 , равное отрезку времени, заключенному между моментом приложения входного скачкообразного сигнала и моментом времени, при котором осредненная величина угловой скорости становится равной половине ее установившегося значения.

Для расчетного определения характеристик машины при входе в поворот использовалась математическая модель с тремя степенями свободы (движение машины в продольном направлении, поворот вокруг вертикальной оси, поперечной крен кузова) рис.2.

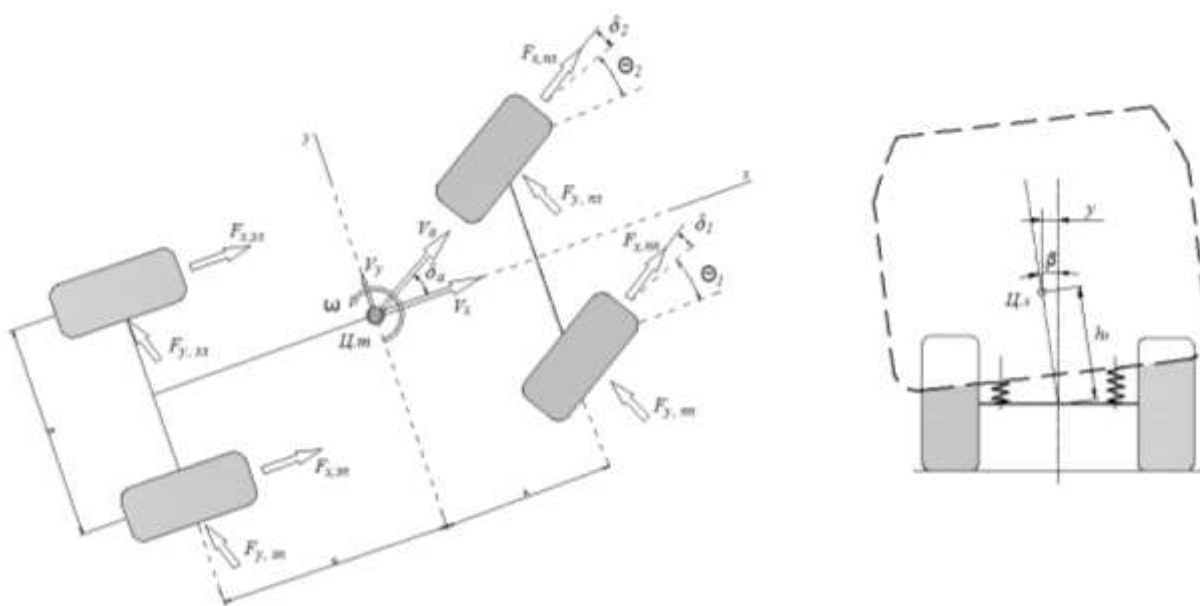


Рис.2. Расчетная схема движения колесной машины.

Уравнения движений колесной машины описывается тремя дифференциальными уравнениями второго порядка:

$$\begin{cases} M_a(\omega + \dot{\delta}_a)v_a - m_n h_n \ddot{\beta} = F_{y,nn} + F_{y,nl} + F_{y,zn} + F_{y,zl} \\ I_z \dot{\omega} + I_{xz} \ddot{\beta} = A(F_{y,nn} + F_{y,nl}) - B(F_{y,zn} + F_{y,zl}) \\ I_{xn} \ddot{\beta} + I_{xz} \dot{\omega} = m_n h_n (\omega + \dot{\delta}_a)v_a - \sum M_{cn} - \sum M_{\lambda}, \end{cases}$$

где, M_a – полная масса колесной машины, ω – угловая скорость поворота колесной машины, δ_a – угол увода колесной машины (угол между вектором скорости центра тяжести машины и его продольной оси), v_a – скорость колесной машины, m_n – подрессоренная масса машины, h_n – расстояния от центра тяжести машины до оси крена, β – угол крена кузова, F_x , F_y – продольная и поперечная сила действующие на каждое колеса, I_z – момент инерции колесных машин относительно оси z , I_{xz} – центробежный момент инерции машин относительно осей x и z , I_{xn} – момент инерции подрессоренных частей машин относительно оси x , A , B – расстояние от центр тяжести до передней и задней осей, $\sum M_{cn}$ – суммарный момент сопротивления крену подрессоренных масс, $\sum M_{\lambda}$ – суммарный момент сопротивления амортизаторов крену, индексы nn , nl , zn , zl – принадлежат переднему правому, переднему заднему, заднему правому и заднему левому колесам соответственно.

Для решения системы уравнений разработана имитационная модель в среде Matlab/Simulink.

Расчеты проводились при различных конструктивных параметрах колесной машины. Масса машины варьировалась от значения снаряженной массы (4520 кг) до полной (5560 кг), коэффициенты сопротивления уводу варьировались от 61 кН/рад (шина 12.00-18) до 76.5 кН/рад (шина 12.00-20), угловая жесткость подвески изменялась от 90 кНм/рад до 135 кНм/рад (установки стабилизатора поперечной устойчивости), коэффициенты сопротивления амортизаторов принимались равными 0.98 кН-с/рад.

Результаты расчетного моделирования нормированных переходных характеристик по угловой скорости поворота приведены на рис.3.

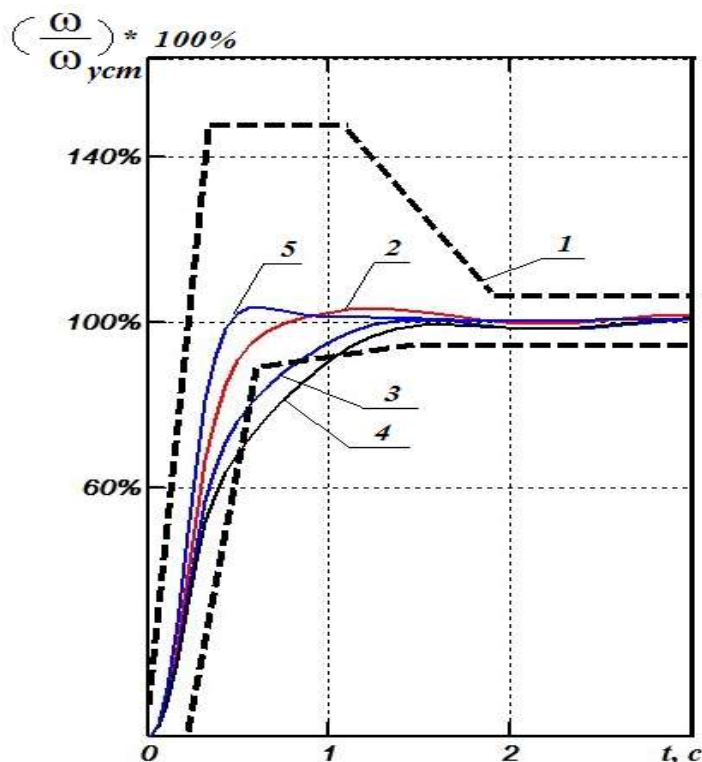


Рис.3. Нормированные значения отношения угловой скорости поворота к его установившемуся значению:

1-допустимый диапазон значений по ГОСТ 31507-2012 и SAE;

2,3,4-переходные процессы колесной машины с полной нагрузки при скорости 10, 20, 25 м/с соответственно; 5-переходной процесс колесной машины снаряженном состоянии при скорости 25 км/ч.

На этом же рисунке (рис.3.) наложена область допустимых значений нормированной переходной характеристики угловой скорости поворота по

ГОСТ 31507-2012. Из рисунка видно, что кривые 3 и 4, соответствующие номинальным параметрам машины при полной нагрузке при скоростях 20-25 м/с выходят из области допустимых значений. Это связано с тем, что при полной нагрузке машины характер поворачиваемости переходит в область избыточной. Как известно, избыточная поворачиваемость машины характеризуется большей амплитудой угловой скорости поворота и большим временем переходного процесса.

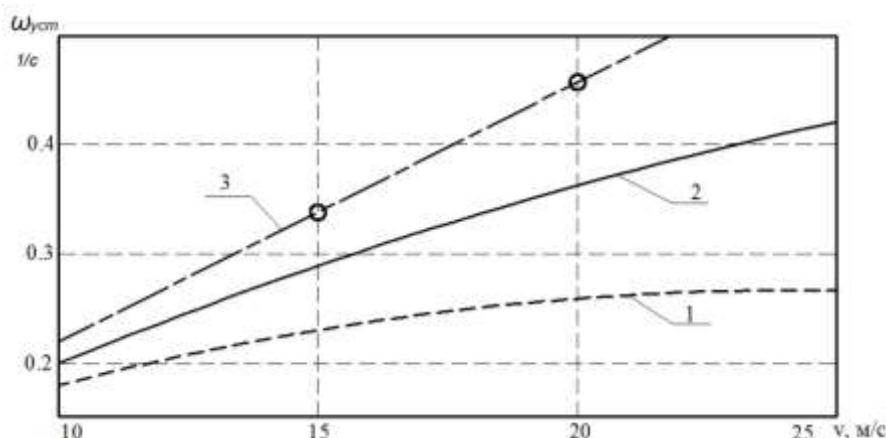


Рис.4. Зависимость установившейся угловой скорости поворота от скорости движения (1-снарёженное состояние, 2-с полной нагрузкой, 3-бесподвесочная машина с «жесткими колесами»)

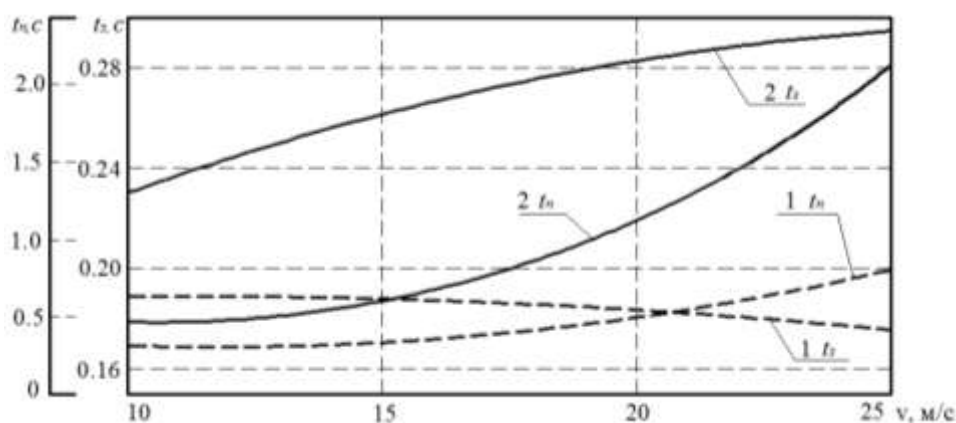


Рис.5. Зависимость времени переходного процесса и времени запаздывания поворота машины от скорости движения:
1-снарёженное состояние, 2-с полной нагрузкой.

Сказанное подтверждается показателями переходных характеристик, приведенных на рисунках 4 и 5. На рис.4. показаны установившиеся значения угловой скорости поворота в зависимости от скорости движения. Из рисунков видно, что при полной нагрузке установившиеся значения угловой скорости

значительно больше, чем при порожнем состоянии машины. Кроме того, темп роста установившиеся угловой скорости при полной нагрузке больше чем для снаряженного состояния.

Из рис.5. видно, что время переходного процесса при скорости 25 м/с при полной нагрузке более чем в четыре раза больше, чем при порожнем состоянии машины. Время запаздывания поворота с ростом скорости движения также увеличивается, причем при полной нагрузке больше 1.6 раз в диапазоне скоростей 10...25 м/с, чем при порожнем состоянии.

Для коррекции поворачиваемости машины были проведены расчеты с учетом характеристик шины 13.00-18 и 12.00-20 вместо устанавливаемых шин 12.00-18.

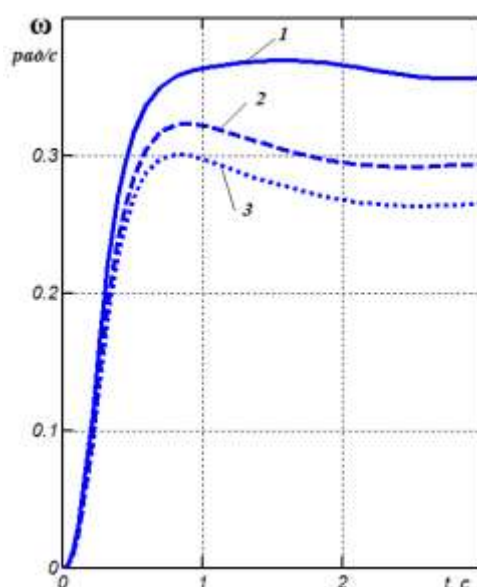


Рис.6. Переходные характеристики машины с полной нагрузкой при скачкообразном повороте управляемых колес, $v=20$ м/с:

1- $p_{u1}=2.8$ атм., 2 – $p_{u2}=2.6$ атм., 3 – $p_{u3}=2.4$ атм.

Результаты расчетов приведены на рис.6. Из рисунка видно, что с уменьшением давления воздуха в шине до 2.6 атм. максимальная угловая скорости поворота ω_{max} уменьшается на 12%, установившейся угловой скорости $\omega_{уст}$ на 18%. С уменьшением давления до 2.4 атм. максимальная угловой скорости поворота уменьшается на 17%, установившейся угловой скорости на 25%.

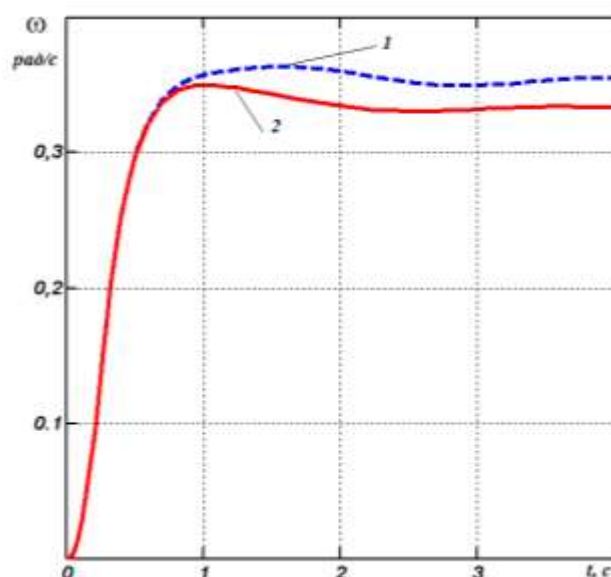


Рис.7. Переходные характеристики машины с полной нагрузкой при изменении коэффициентов кинематического увода переднего ε_1 и заднего ε_2 моста. $v=20$ м/с. (1- $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.158$; 2- $\varepsilon_1 = -0.158$, $\varepsilon_2 = 0.158$).

Результаты расчетов приведены на рис.6. и рис.7. Из рисунка видно, что с увеличением коэффициента сопротивления уводу шин на 1.1 ($K_2=67.1$ кН/рад, шина 13.00-18) зависимость установившиеся угловой скорости при полной нагрузке уже вписывается в диапазоне допустимых значений по ГОСТ 31507-2012.

Установлено, что машина в порожнем состоянии обладает недостаточной поворачиваемостью. При полной нагрузке характеристики машины переходной в области избыточной поворачиваемости.

REFERENCES

1. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Методы испытаний. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 31507-2012. Москва. Стандартиформ, 2013 г.
2. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Конструкции подвесок/Пер. с нем.
3. В.П.Агапова. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.: ил.
4. Динамика колесных машин: монография / И.С.Сазонов [и др.]. - Могилев: Белорус.-Рос.ун-т, 2006. – 462с. : ил.