

нуля. Связано это с тем, что нами принята ω_a , возникающая мгновенно и сохраняющаяся постоянной в диапазоне всех углов поворота.

Проведенный анализ показывает, что имеет место существенная разница между кинематическим несоответствием m и m' , m'' . Это оказывает значительное влияние на тяговые свойства и нагруженность наружного и внутреннего колес ПВМ трактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г у с ь к о в В.В. Тракторы. – Ч. II: Теория. – Минск: Выш. шк., 1977. – 384 с.
2. И в а н о в С.С. Оптимальная угловая скорость поворота управляемых колес самоходного комбайна // Механизация и электрификация соц. сельск. хоз-ва. – 1970. – № 10. – С. 42–43.
3. Л е ф а р о в А.Х. Исследование тяговых свойств автомобилей и колесных тракторов 4 × 4 в зависимости от схемы силового привода: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1974. – 50 с.

УДК 629.114.2

В.П. ЗАРЕЦКИЙ, канд.техн.наук (БПИ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ СТАБИЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Перспективными мобильными средствами для работы на склоне являются транспортные средства со стабилизацией остова в вертикальном положении одним бортом, т. е. за счет перемещения колеса, занимающего нижнее положение по склону, вниз от исходного положения при неподвижном колесе противоположного борта [1]. Перемещение колес такого транспортного средства, например полуприцепа, происходит за счет системы стабилизации, включающей расположенные со стороны каждого борта рычаги с опорными колесами, снабженные приводом поворота от гидроцилиндров, которые подключены к автомату-стабилизатору [2].

Усилие на гидроцилиндре исполнительного механизма стабилизации (рис. 1) зависит от соотношения плеч рычага, нормальной силы $F_{ст}$ со стороны опорной поверхности на колесо и силы F_k сопротивления качению колеса, лежащих в плоскости качения колеса:

$$F_{ц} = a [F_{ст} \cos(\varphi - \alpha_{ц}) - F_k \sin(\varphi - \alpha_{ц})] / (c \sin \epsilon), \quad (1)$$

где $\epsilon = \arccos [(c^2 + l^2 - d^2)/(2cd)]$; $d = \sqrt{X_{ц,п}^2 + Y_{ц,п}^2}$; $\alpha_{ц}$ – угол отклонения продольной оси полуприцепа в вертикальной плоскости относительно горизонтали местности.

Сила $F_{ст}$ в процессе стабилизации определяется суммарной силой, расположенной в поперечной нормальной к опорной поверхности плоскости, и изменяется в зависимости от положения в поперечной плоскости остова и ходовой части полуприцепа, которое характеризуется углом стабилизации α_m . Угол стабилизации – угол поперечного склона, на котором при данном положении исполнительного механизма поперечная плоскость симметрии полуприцепа занимает вертикальное положение:

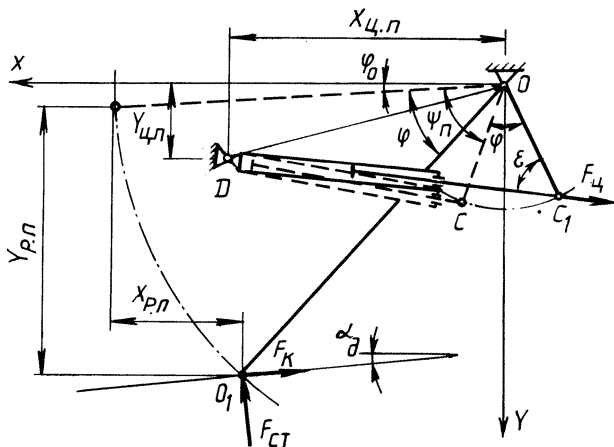


Рис. 1. Схема исполнительного механизма стабилизации полуприцепа:
 $OO_1 = a$; $OC = OC_1 = c$; $OD = d$; $CD = l$

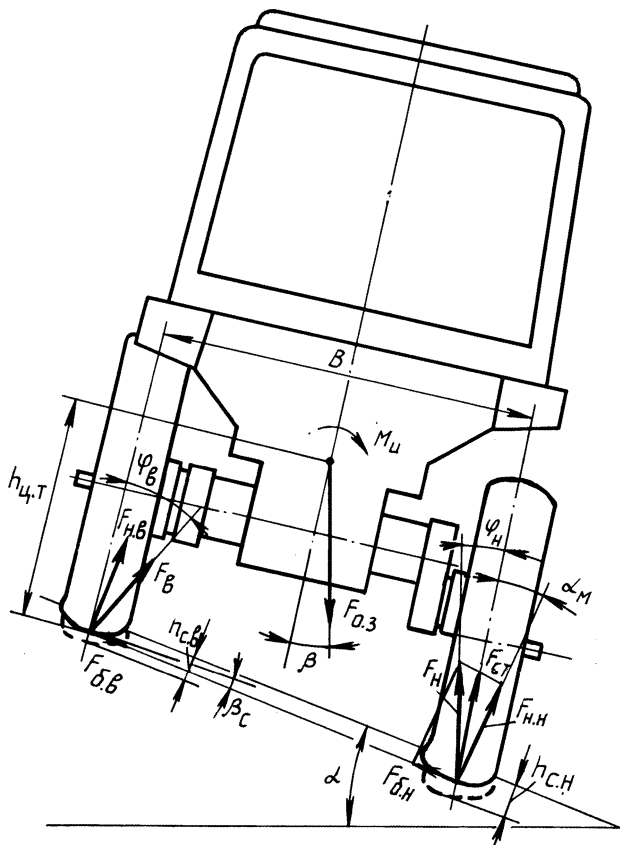


Рис. 2. Схема для определения силы, необходимой для стабилизации транспортного средства на склоне

$$a_M = \operatorname{arctg} \left\{ \sqrt{X_{p.n}^2 + Y_{p.n}^2} \cos [\operatorname{arctg}(X_{p.n}/Y_{p.n}) - a_n] / B \right\},$$

где $X_{p.n} = a (\cos \varphi_0 - \cos \varphi)$; $Y_{p.n} = a (\sin \varphi - \sin \varphi_0)$; B — колея транспортного средства.

Для определения максимальной силы $F_{ст}$ рассмотрим процесс стабилизации транспортного средства одним бортом на поперечном склоне без учета боковой эластичности шин (рис. 2). При стабилизации транспортного средства на склоне, кроме поворота остова и ходовой части в поперечной плоскости относительно центра контакта вышерасположенного по склону колеса, происходит изменение расстояния между следами колес. При наезде транспортного средства на склон с увеличивающейся крутизной в процессе стабилизации происходит увеличение этого расстояния за счет перемещения вниз по опорной поверхности колеса, расположенного ниже по склону. При стабилизации в результате наезда на склон с уменьшающейся крутизной упомянутое расстояние уменьшается за счет смещения вниз вышерасположенного по склону колеса [3].

При реагировании системы стабилизации на крен остова к основанию склона нижерасположенное по склону колесо скользит по нему. На колесо со стороны опорной поверхности в поперечной плоскости действуют нормальная $F_{н.н}$ и боковая $F_{б.н}$ силы. Модуль боковой силы определяется нормальной силой и коэффициентом сцепления шин с опорной поверхностью $F_{б.н} = F_{н.н} \mu_{сц}$. В результате суммарная сила на нижерасположенное по склону колесо

$$F_n = F_{н.н} \sqrt{1 + \mu_{сц}^2}$$

не будет действовать в плоскости его качения, а располагаться под углом к плоскости качения колеса в сторону вершины склона

$$\varphi_n = \operatorname{arctg}(F_{б.н}/F_{н.н}) - a_M = \operatorname{arctg}(\mu_{сц}) - a_M.$$

С учетом этого процесс стабилизации транспортного средства при отклонении остова от вертикали к подножию склона описывается уравнением

$$F_{o.з} [(0,5B \pm e_{ц.т}) \cos \beta + h_{ц.т} \sin \beta] + M_n + F_n B \operatorname{tg} a_M \sin \varphi_n - F_{ст} B = 0, \quad (2)$$

где $F_{ст} = F_n \cos \varphi_n$; $\beta = a - a_M - \operatorname{arctg} [(h_{с.н} - h_{с.в})/B]$; $F_{o.з}$ — нагрузка, проходящая на ось, снабженную механизмом стабилизации; $h_{ц.т}$ — вертикальная координата центра тяжести транспортного средства относительно точки опоры вышерасположенного по склону колеса; $e_{ц.т}$ — смещение центра тяжести транспортного средства от продольной плоскости симметрии (со знаком "плюс" — вниз по склону, со знаком "минус" — вверх); β — угол поперечного крена транспортного средства; a — угол поперечного склона; $h_{с.н}$, $h_{с.в}$ — суммарные деформации шины и грунта соответственно нижерасположенного и вышерасположенного по склону колес в плоскости их вращения, проходящей через центр давления пятна контакта; M_n — момент сил инерции.

В процессе стабилизации транспортного средства при отклонении остова от вертикали к вершине склона по поверхности будет перемещаться верхнее колесо, и процесс стабилизации опишется уравнением:

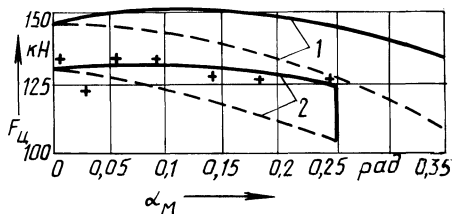


Рис. 3. Изменение усилия на силовом цилиндре привода механизма стабилизации полуприцепа в процессе выравнивания из исходного положения:

1 — на склоне крутизной 0,44 рад;
 2 — на склоне крутизной 0,244 рад;
 — — с учетом изменения расстояния между следами колес; - - - без учета изменения расстояния между следами колес; + + — точки, полученные экспериментально

$$F_{о.з} [(0,5B \pm e_{ц.т}) \cos \beta - h_{ц.т} \sin \beta] - F_{ст} B - M_{и} - \sqrt{F_{б.н}^2 + F_{ст}^2 \cos^2 \alpha_M} B \operatorname{tg} \alpha_M \sin \varphi_H = 0. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) позволяют определить $F_{ст}$ при стабилизации и, используя выражение (1), усилия на гидроцилиндре исполнительного механизма горного полуприцепа. На стадии проектирования необходимо знать максимальные усилия в приводе, которые могут возникнуть в эксплуатации. Эти усилия следует определять в критической ситуации, т. е. при выравнивании нестабилизированного транспортного средства, расположенного на максимальном поперечном склоне. Так как механизация сельскохозяйственных работ допускается на склонах крутизной до 0,35 рад, максимальный крен полуприцепа с учетом возможного наезда на единичные неровности составит не более 0,44 рад. Для этого случая момент сил инерции можно не учитывать.

Усилие на гидроцилиндре исполнительного механизма стабилизации горного полуприцепа 1ПТС-4Г по мере выравнивания на склоне из нестабилизированного положения сначала увеличивается, а затем начинает уменьшаться (рис. 3). Это обусловлено трением между колесами и опорной поверхностью. Проверка достоверности теоретических зависимостей осуществлялась замером давления в полостях гидроцилиндров при включении системы стабилизации горного полуприцепа, расположенного на бетонной дорожке с наклоном поверхности 0,244 рад. Разница между теоретическими и экспериментальными данными не более 6 %.

Таким образом, полученные зависимости позволяют определять максимальные нагрузки в исполнительных механизмах стабилизации транспортных средств на стадии проектирования, повысить точность прочностных расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

- Зарецкий В.П., Яцкевич В.В., Пронько В.Ф. К вопросу стабилизации универсально-пропашных колесных тракторов // Автотракторостроение. — Минск: Выш. шк., 1982. — Вып. 17. — С. 71–73.
- А. с. 1156928 (СССР). Тракторная тележка для транспортировки грузов по склонам / В.В. Гуськов, П.В. Зеленый, В.П. Зарецкий и др.
- Зеленый П.В., Яцкевич В.В., Зарецкий В.П. О влиянии автоматической системы стабилизации крутосклонного трактора на его курсовую устойчивость // Автотракторостроение. — Минск, 1981. — Вып. 16. — С. 96–100.