

Л и т е р а т у р а

1. Веденяпин Г.В., Киртбая Ю.К., Сергеев М.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. - М., 1963. - 431 с. 2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М., 1968. - 720 с.

УДК 629.113.2 - 587

В.С.Баев, В.В.Ванцевич, канд. техн. наук,
А.Х.Лефаров, д-р техн. наук (БПИ)

ПОВОРАЧИВАЕМОСТЬ КОЛЕСНЫХ МАШИН С САМОБЛОКИРУЮЩИМИСЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛАМИ В ВЕДУЩИХ МОСТАХ

Проблема поворачиваемости колесных внедорожных машин, хотя и рассмотрена в ряде работ [1, 2], актуальна и в настоящее время. Сложность заключается в том, что в этих машинах с целью повышения проходимости приходится отказываться от обычных дифференциальных приводов и применять блокируемые дифференциалы, самоблокирующиеся дифференциалы и т. д.

В данной работе приведена методика определения сил и моментов, препятствующих повороту и возникающих в пределах одного ведущего моста с самоблокирующимся дифференциалом. Располагая такой методикой, можно определить влияние межколесного привода на поворачиваемость машины при любом числе ве-

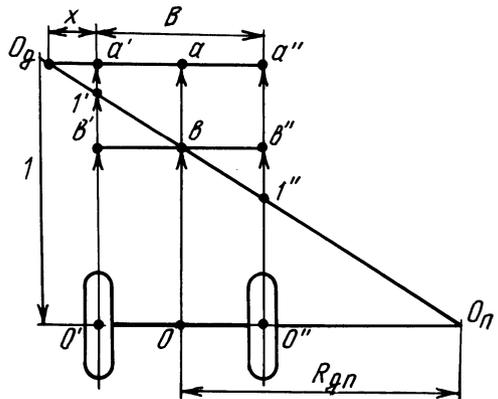


Рис. 1. План скоростей ведущего моста на повороте.

дущих мостов. На рис. 1 показан план скоростей трех характерных точек ведущего моста O' , O и O'' для случая, когда самоблокирующийся дифференциал еще не сработал. Точки a' , a и a'' отражают векторы теоретических скоростей v_T , а точки b' , b и b'' - векторы действительных скоростей при прямом движении с

учетом тангенциальной деформации шин и грунта, оцениваемых коэффициентом буксования $\delta = (r_k^0 - r_k) / r_k^0$. В этой формуле r_k^0 - радиус качения колеса в ведомом режиме на твердой дороге, r_k - радиус качения в текущем тяговом режиме.

Точки $1'$ и $1''$ показывают векторы действительных скоростей центров колес O' и O'' на повороте. Отрезки $a' - 1'$ и $a'' - 1''$ в некотором масштабе отражают: значения потерянных скоростей $v_{\delta'}^I$ и $v_{\delta''}^{II}$, значения буксований δ' и δ'' и тяговых усилий колес $P_k^I = k \delta'$ и $P_k^{II} = k \delta''$, если иметь в виду линейную зависимость между силой тяги и буксованием и равную весовую нагрузку колес. Момент M_p , действующий от дороги на мост и препятствующий повороту машины, для этого случая можно подсчитать по формуле [3]:

$$M_p = \frac{B^2 k}{2R} (1 - \delta), \quad (1)$$

где R - радиус поворота моста и k - коэффициент тангенциальной жесткости шин и грунта, величина, обратная тангенциальной податливости λ .

Отношение отрезков $a'' - 1''$ к $a' - 1'$ (рис. 1) соответствует отношению P_k^{II} к P_k^I в случае равных нормальных нагрузок и отражает степень изменения тяговых сил колес на повороте, оказывающего решающее влияние на момент сопротивления повороту. Рост этого отношения можно ограничить, установив в редуктор моста самоблокирующийся дифференциал. Тогда при достижении отношения тяговых сил значения коэффициента блокировки дифференциал срабатывает, и дальнейшее изменение сил прекращается. Отметим, что следует различать два коэффициента блокировки: покоя - K_p и движения - K_d . Величина K_p соответствует коэффициенту трения покоя в дисках дифференциала μ_p , величина K_d соответствует коэффициенту трения скольжения μ . По результатам испытаний самоблокирующихся дифференциалов МТЗ-82 и их дисковых муфт получены уравнения регрессии для расчета μ_p и μ в зависимости от момента на корпусе дифференциала M_0 и давлений на дисках q .

Для дифференциала со стальными дисками

$$\mu_p = 0,140 M_0^{0,13} \text{ или } \mu_p = 0,108 q^{0,13}, \quad \mu = 0,09201 + 0,01608 q - 0,00257 q^2.$$

Для дифференциала с металлокерамическими дисками

$$\mu_p = 0,150 M_0^{0,095} \text{ или } \mu_p = 0,124 q^{0,095}, \quad \mu = 0,11400 + 0,00388 q - 0,00057 q^2,$$

где M_0 измеряется в кН·м, а q в МПа. Подсчитав по методике [3] геометрический параметр дифференциала Π и зная

μ_{Π} и μ , можно определить K_p и K_d . Срабатыванию дифференциала соответствуют моменты сопротивления повороту, определяемые величинами K_p , K_d и δ :

$$M_{\Pi} = Bk\delta \frac{K_p - 1}{K_p + 1}, \quad M_c = Bk\delta \frac{K_d - 1}{K_d + 1}. \quad (2)$$

Приравняв выражения (1) и (2), можно найти радиус поворота, при котором начинает срабатывать дифференциал:

$$R_{\text{дп}} = 0,5B \frac{K_p + 1}{K_p - 1} \frac{1 - \delta}{\delta}, \quad (3)$$

и радиус поворота в период скольжения дисков дифференциала

$$R_{\text{дс}} = 0,5B \frac{K_d + 1}{K_d - 1} \frac{1 - \delta}{\delta}. \quad (4)$$

Из формул (3), (4) и рис. 1 также следует, что центры поворота трактора, лежащие правее точки O_{Π} , соответствуют блокированному приводу и возрастанию величины M_p , а центры поворота, расположенные левее точки O_{Π} , — дифференциальному приводу и постоянной величине M_c .

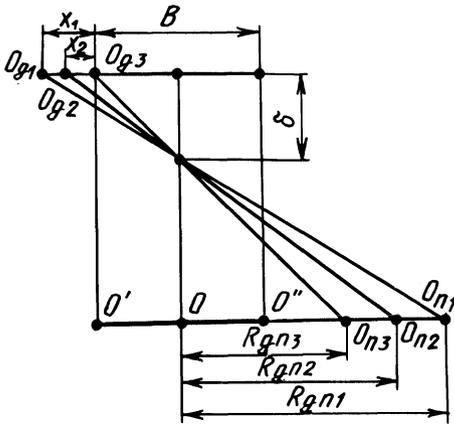
Рассмотрим влияние межколесного привода на поворачиваемость двухосной машины с одним ведущим мостом при равных нормальных нагрузках на колеса. Схема, представленная на рис. 1, соответствует началу срабатывания дифференциала. Из подобия треугольников $O_d a' 1'$ и $O_d a'' 1''$ можно записать

$$K_p = \frac{P'_k}{P''_k} = \frac{B + x}{x}, \quad \text{откуда } x = \frac{B}{K_p - 1}.$$

Если из точки O_d провести пучок прямых, то каждой из них будет соответствовать случай движения блокированного моста на повороте с определенным значением δ при определенной тяговой нагрузке и дорожно-грунтовых условиях. При этом отношение отрезков, отражающих величины потерянных скоростей колес, одинаковы, как отрезков, образованных пересечением сторон треугольника параллельными прямыми, и равны K_p . Из этого следует, что при одном и том же K_p радиусы поворота, при которых начинает срабатывать дифференциал, будут разными в зависимости от величины δ . Постоянство K_p определяет и постоянство величины x .

Рис. 2 отражает режим движения, когда тяговая нагрузка и дорожные условия неизменны, т. е. постоянная величина δ , а меняется коэффициент блокировки покоя K_p (за счет изменения параметра дифференциала Π). Соответственно меняются величины x и $R_{\text{дп}}$. Из рисунка следует, что чем больше коэффициент блокировки, тем позже наступает срабатывание дифференциала. При

этом $R_{\text{дп}}$ становится меньше, а отношение сил тяги колес - больше. Точка $O_{\text{дз}}$ ($x = 0$) соответствует началу срабатывания дифференциала свободного хода (ДСХ), т. е. случаю, когда $K_p = \infty$. Как видно из рисунка, нулевое значение $\delta'(P_k = 0)$ наступает при довольно малом значении $R_{\text{дп}}$, особенно на мягких почвах. При всех остальных значениях R , когда центр поворота находится правее точки $O_{\text{пз}}$, наружное колесо не отключается и оба колеса имеют положительные тяговые усилия.



На рис. 3 приведен график, построенный применительно к автопоезду МАЗ общим весом 300 кН и сцепным весом ведущего моста 50 кН при движении по дороге с твердым покрытием ($f = 0,02$) и грунту ($f = 0,05$). Кривые 1 и 2 показывают изменения $R_{\text{дп}}$ при $K_p = \infty$ (ДСХ) и $K_p = 3$ (для простоты расчета примем $K_p = \text{const}$). Эти изменения определяются величиной δ . Каждая точка этих кривых указывает на радиус $R_{\text{дп}}$, при котором срабатывает дифференциал и прекращается возрастание момента M_p , препятствующего повороту машины. Значения этих моментов показывают кривые 3 и 5 для твердой дороги и 4 и 6 - для грунта. Причем кривые 3, 4 соответствуют ДСХ, а 5 и 6 - $K_p = 3$.

Рис. 2. Влияние коэффициента блокировки K_p на радиус поворота $R_{\text{дп}}$

Для случая движения указанного автопоезда по твердой дороге $P_k = 6$ кН; $\delta = 0,015$ и $k = 2 \cdot 10^2$ кН. При повороте с $K_p = 3$ радиус $R_{\text{дп}} = 130$ м; $M_{\text{п}} = 3$ кН·м, а соответствующие тяговые силы $P_k^I = 1,5$ и $P_k^{II} = 4,5$ кН. При повороте с ДСХ $R_{\text{дп}} = 65$ м; $M_{\text{п}} = 6$ кН·м; $P_k^I = 0$, $P_k^{II} = 6$ кН, в то время как с заблокированным приводом $M_{\text{пmax}} = 34$ кН·м (случай полного буксования внутреннего колеса); $P_k^I = -14$ кН; $P_k^{II} = 20$ кН; $R = 11,5$ м.

Для случая движения по грунту $P_k = 15$ кН; $\delta = 0,06$; $k = 1,25 \cdot 10^2$ кН. При повороте с $K_p = 3$ радиус $R_{\text{дп}} = 31$ м. $M_{\text{п}} = 7,5$ кН·м, а соответствующие силы тяги $P_k^I = 3,75$ кН и $P_k^{II} = 11,25$ кН. При повороте с ДСХ $R_{\text{дп}} = 15,5$ м; $M_{\text{п}} = 15$ кН·м, $P_k^I = 0$; $P_k^{II} = 15$ кН. Отметим, что сила P_k^{max} по сцеплению также равна $G_k \varphi = 25 \cdot 0,6 = 15$ кН.

Приведенные расчеты показывают, что при использовании ДСХ

наружное колесо не отключается и внутреннее соответственно недогружается, пока радиус поворота не уменьшится до значения $R_{\text{дп}} = 65$ м на асфальте и $R_{\text{дп}} = 15,5$ м на грунте. Дифференциал с $K_p = 3$ срабатывает при $R_{\text{дп}} = 130$ м на асфальте и при $R_{\text{дп}} = 31$ м на грунте.

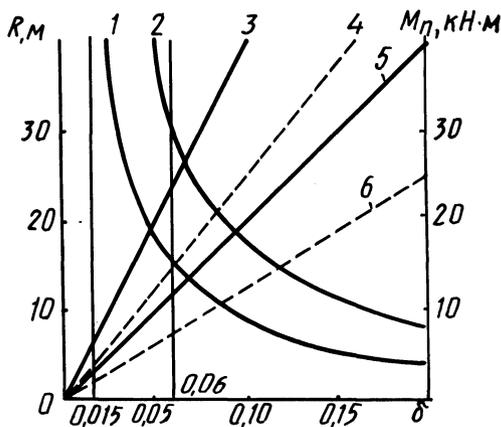


Рис. 3. Зависимость радиуса $R_{\text{дп}}$ и момента M_n от буксования δ .

Предложенная методика исследований позволяет определить радиус поворота для различных дорожно-полевых условий, при котором срабатывает самоблокирующийся дифференциал и прекращается возрастание момента, препятствующего повороту.

Л и т е р а т у р а

1. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. - М., 1971. - 416 с.
2. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин. - М., 1970. - 176 с.
3. Лефаров А.Х. Дифференциалы автомобилей и тягачей. - М., 1972. - 147 с.

УДК 631.316.44

А.И.Бобровник, канд. техн.наук,
В.С.Чешун (БПИ)

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА РАБОЧИХ ОРГАНОВ САМОХОДНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Весьма эффективным направлением реализации растущей энергонасыщенности тракторов и специальных самоходных машин является широкое применение активных рабочих органов с гидрав-