

рон, на 18 - 24% по сравнению с серийной подвеской во всем диапазоне скоростей движения. Снижение указанных нагрузок, действующих на балку переднего моста, в интервале скоростей движения 4 - 6 м/с не превышает 20%. С увеличением скорости движения до 6 - 8 м/с величина динамических нагрузок на балку переднего моста резко возрастает и достигает 4,4 кН при скорости 8 м/с, в то время как на тракторе с экспериментальной подвеской величина указанных нагрузок не превышает 2 кН во всем диапазоне скоростей движения.

Снижение жесткости подвески передних колес трактора кл. 14 кН способствует уменьшению динамической нагруженности деталей переднего моста, что позволяет значительно повысить его надежность и долговечность.

Л и т е р а т у р а

1. Отраслевая нормаль автомобилестроения. ОН 025 332-69. Плавность хода. Методы испытаний. М., 1970. 2. Шушкевич В.А. Основы тензометрии. Минск, 1975.

УДК 629.114.2

В.И. Кабанов, канд.техн.наук,
А.Х. Лефаров, докт.техн.наук

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ В БЛОКИРОВАННОМ СИЛОВОМ ПРИВОДЕ МАШИН ТИПА 4 х 4

В настоящее время практически все исследователи сходятся на том, что основной особенностью заблокированного привода является кинематическое несоответствие расчетных скоростей движения разных осей полноприводных машин вследствие неизбежной разницы в размерах шин одной модели и эксплуатационных условий движения. Наличие кинематического несоответствия перераспределяет тяговую нагрузку между мостами (или между колесами одного моста при заблокированном межколесном приводе), повышает потери мощности в движителе и на режиме поворота машины.

При движении машины с колесами, свободно насаженными на оси (например, прицеп), или полноприводного автомобиля с дифференциальной связью всех колес в ведомом режиме происходит естественное согласование пройденного пути, угловых скоростей колес и линейных скоростей их центров. Это отно-

сится и к машине 4 x 4, замененной эквивалентной схемой из двух колес (рис. 1).

При заблокированном межосевом приводе, когда приводные валы к двум осям имеют одинаковые угловые скорости $\omega_{O1} = \omega_{O2} = \omega_O$, также возможно аналогичное кинематическое согласование. При прямолинейном движении оно определяется равенством

$$v_{T1} = v_{T2} = \omega_1 r_{k2}^o = \frac{\omega_o}{i_1} r_{k1}^o = \frac{\omega_o}{i_2} r_{k2}^o,$$

где v_{T1} и v_{T2} - расчетные (теоретические) скорости осей двух мостов; ω_{O1} и ω_{O2} - угловые скорости передних и задних колес; r_{k1}^o и r_{k2}^o - радиусы качения в ведомом режиме передних и задних колес; i_1 и i_2 - передаточные числа в приводе к передним и задним колесам (от раздаточного редуктора до колес). Следовательно, условие согласования можно записать так:

$$r_{k1}^o i_2 = r_{k2}^o i_1. \quad (1)$$

Это значит, что даже при разных размерах (моделях) колес, но соответствующих передаточных числах мостов можно получить необходимое кинематическое согласование. Если это равенство

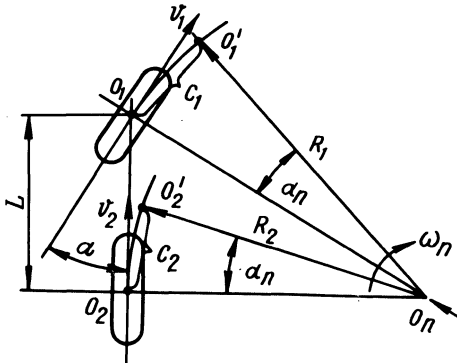


Рис. 1. Кинематическое несоответствие при движении машины на повороте.

не соблюдается за счет одного или обоих параметров, то имеет место кинематическое рассогласование, или кинематическое несоответствие. Оно значительно влияет на эксплуатационные свойства машины и оценивается безразмерным коэффициентом m_{ri}

$$m_{ri} = \frac{r_{k2}^o i_1 - r_{k1}^o i_2}{r_{k2}^o i_1}, \quad (2)$$

где m_{ri} - коэффициент кинематического несоответствия, учи-

тывающий неравенства радиусов качения в ведомом режиме и передаточных чисел мостов. При одинаковых передаточных числах двух мостов

$$m_r = \frac{r_{к2}^0 - r_{к1}^0}{r_{к2}^0} \quad (3)$$

С этим случаем мы встречаемся в машинах с колесами одной модели, но имеющими некоторую разницу в радиусах качения в ведомом режиме за счет допуска на изготовление шин, неодинакового износа протекторов, разного давления воздуха в шинах и неравных весовых нагрузках.

Если колеса строго одинаковых размеров ($r_{к1}^0 = r_{к2}^0$), а $i_1 \neq i_2$, то

$$m_1 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} \quad (4)$$

Кинематическое несоответствие m_1 вводится в машины, где применяются межосевые муфты свободного хода, с целью автоматического отключения одного моста при движении по усовершенствованным твердым дорогам и автоматической блокировки межосевого привода при движении вне дорог (например, тракторы МТЗ-52 и 82).

Величина m_1 выбирается таким образом, чтобы компенсировать возможное рассогласование скоростей $v_{Т1}$ и $v_{Т2}$ вследствие неизбежной разницы в размерах радиусов передних и задних колес и неровностей дороги и тем самым обеспечить надежное отключение одного моста. Обычно в существующих машинах $m_1 = 0,5 \rightarrow 0,08$. В зарубежных машинах, как правило, $m_1 = 0,07$.

Условие согласования по уравнению (1), предусматривающее расчетное равенство линейных скоростей центров мостов, справедливо при прямом движении и при движении на повороте, если управляемыми являются обе оси и задние колеса движутся по следу передних. Когда управляемой является одна ось и центры мостов движутся по кривым разных радиусов, тогда, наоборот, для получения кинематического согласования пройденного пути и угловых скоростей передних и задних колес линейные скорости центров мостов должны быть неодинаковыми.

Пути, проходимые передним и задним колесами (рис.1), можно выразить следующим образом:

$$C_1 = v_{Т1} t \quad \text{и} \quad C_2 = v_{Т2} t \quad , \quad \text{откуда} \quad t = \frac{C_1}{v_{Т1}} = \frac{C_2}{v_{Т2}}$$

В это уравнение подставим значения C_1, C_2, v_{T1} и v_{T2} , полученные из следующих выражений:

$$C_1 = R_1 \alpha_{\Pi} \quad \text{и} \quad C_2 = R_2 \alpha_{\Pi}; \quad v_{T1} = \frac{\omega_0}{i_1} r_{k1}^0 \quad \text{и} \quad v_{T2} = \frac{\omega_0}{i_2} r_{k2}^0.$$

В результате получим условие согласования при криволинейном движении машины $r_{k2}^0 i_1 R_1 = r_{k1}^0 i_2 R_2$. Если это равенство не соблюдается, будет иметь место кинематическое несоответствие, оцениваемое коэффициентом, аналогичным указанному выше.

В общем случае

$$m_{riR} = \frac{r_{k2}^0 i_1 R_1 - r_{k1}^0 i_2 R_2}{r_{k2}^0 i_1 R_1}. \quad (5)$$

Если радиусы равны,

$$m_{iR} = \frac{i_1 R_1 - i_2 R_2}{i_1 R_1}. \quad (6)$$

Если радиусы качения не равны, а передаточные числа одинаковые,

$$m_{rR} = \frac{r_{k2}^0 R_1 - r_{k1}^0 R_2}{r_{k2}^0 R_1}. \quad (7)$$

При равных передаточных числах и радиусах качения

$$m_R = \frac{R_1 - R_2}{R_1}, \quad (8)$$

Кинематическое рассогласование может быть за счет вертикальной неровности дорожного полотна. Но и при ровной дороге возможны, как показано выше, семь случаев кинематического несоответствия-равенства (2) - (8).

При определении кинематического несоответствия в общих случаях могут оказаться неизвестными параметры, входящие в выражения (2), (5), (6), (7), и, наоборот, могут быть известны частные значения m по выражениям (3), (4), (8). Поэтому целесообразно знать связь между коэффициентами для общих и частных случаев кинематического несоответствия. Для этой цели преобразуем выражение (5)

$$1 - m_{riR} = \frac{r_{k1}^0 i_2 R_2}{r_{k2}^0 i_1 R_1} = \frac{r_{k2}^0 - r_{k2}^0 + r_{k1}^0}{r_{k2}^0} \frac{i_1 - i_1 + i_2}{i_1} x$$

$$\times \frac{R_1 - R_1 + R_2}{R_1} = (1 - m_r) (1 - m_i) (1 - m_R).$$

Откуда

$$m_{riR} = 1 - (1 - m_r)(1 - m_i)(1 - m_R); \quad (9)$$

$$m_{ri} = 1 - (1 - m_r)(1 - m_i); \quad (10)$$

$$m_{iR} = 1 - (1 - m_i)(1 - m_R); \quad (11)$$

$$m_{rR} = 1 - (1 - m_r)(1 - m_R). \quad (12)$$

Формулы (9) - (12) определяют точные значения общих (суммарных) коэффициентов m . Если в любом из этих выражений в правой части раскрыть скобки и пренебречь величинами второго и более высокого порядка малости (имеется в виду, что все частные значения m малы), то получим приближенные значения этих коэффициентов $m_{riR} = m_r + m_i + m_R$; $m_{ri} = m_r + m_i$; $m_{iR} = m_i + m_R$; $m_{rR} = m_r + m_R$.

Для практических расчетов приближенные формулы следует считать приемлемыми. Только на минимальных радиусах поворота машины, когда m_R возрастает до значения $\infty 0,2$, возможно, придется взять более точные формулы (9) - (12).

Кинематическое рассогласование в колесном движителе является главной особенностью заблокированного привода. Полученные формулы позволяют определить численные значения величин кинематического несоответствия с учетом всех основных факторов, влияющих на него.

Зная величину кинематического несоответствия, можно определить истинные величины буксований колес переднего и заднего мостов, а затем, используя соответствующие коэффициенты тангенциальной жесткости шин и грунта, установить распределение тяговой нагрузки по ведущим мостам. Последнее имеет значение не только для определения нагрузочных режимов мостов, но и, главным образом, для определения КПД движителя машины [1].

Л и т е р а т у р а

1. Лефаров А.Х., Кабанов В.И. Потери мощности на буксование колесного трактора 4 x 4 с заблокированным межосевым приводом. - "Тракторы и сельхозмашины", 1971, №12.