

МОДЕЛИРОВАНИЕ БУКСОВАНИЯ КОЛЕС ТРАКТОРА С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВЕДУЩЕГО МОСТА

Один из наиболее эффективных способов повышения тяговых качеств колесного трактора – использование полноприводных схем тракторов типа 4х4. С этой целью в трансмиссиях универсально-пропашных тракторов класса 14 – 20 кН применяются межосевые обгонные и фрикционные муфты для автоматического включения в ведущий режим дополнительного моста.

Для исследования тяговой динамики трактора 4х4, обоснования рациональных параметров межосевого привода необходимо учесть буксования колес, достаточно близкий к действительному.

Зачастую буксование ведущих колес в динамических моделях машинно-тракторных агрегатов (МТА) представляют упрощенно, в виде ограничения крутящих моментов на колесах максимальным моментом по сцеплению шин с грунтом, что приводит к значительному искажению результатов исследований динамики трактора, особенно при нескольких ведущих мостах.

Кривые буксования колес, т.е. зависимости буксования от момента на колесе, полученные при тяговых испытаниях, хорошо соответствуют выражению

$$M_k = M_{\varphi_{\max}} (1 - e^{-k\delta}), \quad (1)$$

где M_k – крутящий момент на колесе; $M_{\varphi_{\max}}$ – максимальный крутящий момент на колесе по сцеплению с

поверхностью движения при буксовании, равно 1; k – коэффициент аппроксимации экспериментальной кривой; δ – величина буксования колес. Буксование колеса определяется по формуле [1]:

$$\delta = \frac{v_k^T - v_k^D}{v_k^T}, \quad (2)$$

где v_k^T v_k^D – соответственно теоретическая и действительная скорость оси колеса.

Анализ экспериментальных кривых буксования трактора на связанных грунтах показывает, что при неустановившемся и установившемся движении кривые отличаются незначительно. Это позволяет при исследовании разгона трактора использовать экспериментальные кривые буксования, полученные при тяговых испытаниях.

Особенность работы межосевых приводов тракторов МТЗ заключается в том, что дополнительный мост автоматически включается в ведущий режим работы при достижении колесами заднего моста какой-то величины буксования, определяемой кинематикой трансмиссии, радиусами качения колес и конструкцией автоматического механизма блокирования межосевого привода. При заблокированном межосевом приводе связь между буксованием заднего δ_2 и дополнительного δ_1 ведущих мостов будет [1]

$$\delta_1 = \frac{\delta_2 - k_H}{1 - k_H}, \quad (3)$$

где k_H - величина конструктивного кинематического несоответствия, определяемая соотношением

$$k_H = 1 - \frac{v_{k1}^T}{v_{k2}^T} = 1 - \frac{r_{k1} i_2}{r_{k2} i_1}, \quad (4)$$

где v_{k1}^T , v_{k2}^T - теоретические скорости осей колес трактора; r_{k1} , r_{k2} - радиусы качения передних и задних колес; i_1 , i_2 - передаточные числа ветвей трансмиссии трактора от элемента разделения потоков мощности соответственно до передних и задних колес.

В работе авторов [2] приведена динамическая система МТА с рассматриваемым здесь межосевым приводом, а также математическое описание ее работы. В соответствии с ним крутящий момент, передаваемый колесами дополнительного ведущего моста трактора, определяется из уравнения

$$\dot{M}_{86} = C_{86} (\omega_8 - \omega_6^I), \quad (5)$$

где C_{86} - крутильная жесткость вала динамической системы МТА, соответствующая упругим характеристикам шин; ω_8 - приведенная угловая скорость инерционной массы динамической системы, соответствующей моменту инерции колес дополнительного моста; ω_6^I - приведенная угловая скорость заднего конца

вала динамической системы, упругие свойства которого эквивалентны крутильной жесткости шин дополнительного моста, эта скорость соответствует величине v_k^T в выражении (2). Упругому крутящему моменту M_{86} однозначно соответствует момент, определяемый выражением (1) при буксовании колес моста, соответствующем скорости ω_6' .

В уравнении (5) – два неизвестных M_{86} и ω_6' , и для того, чтобы его проинтегрировать, определим ω_6' следующим образом. С учетом выражений (1) и (2) для приведенных угловых скоростей масс расчетной динамической системы (см. [2]) можно записать

$$\omega_6' = \omega_6 \frac{1}{1 - \delta_1(M_{86})}, \quad (6)$$

где ω_6 – угловая скорость, соответствующая величине v_k^D в выражении (2), записанном для колес дополнительного моста; $\delta_1(M_{86})$ – функция, обратная зависимости (1) и полученная экспериментально. Аналогично учитывается буксование колес заднего ведущего моста трактора.

При заблокированном состоянии межосевого привода с автоматизированным механизмом блокирования выполняется соотношение (3), поэтому при описании буксования колес разных мостов на поверхности движения достаточно знать экспериментальную кривую буксования колес только основного ведущего моста.

В работе исследовалось изменение буксования ведущих колес тракторного поезда в составе полноприводного трактора МТЗ-82А и прицепа 2ПТС-4 при трогании и прямолинейном разгоне на грунтовой дороге в зависимости от режимов работы дополнительного моста, величины кинематического несоответствия и номера передачи, на которой осуществлялся разгон. Для удобства решения этой задачи на аналоговой вычислительной машине (АВМ) зависимости, характеризующие буксование колес основного δ_2 и дополнительного δ_1 мостов трактора, вводятся следующим образом. Вначале, используя экспериментальную кривую буксования, по значению момента на колесах определяем соответствующее ему буксование колес заднего моста, по которому, используя зависимость (6), находим теоретическую скорость колес. При этом

$$\omega_6' = \omega_6 F_1(\delta_1); \quad \omega_6'' = \omega_6 F_2(\delta_2), \quad (7)$$

где $F_1(\delta_1) = \frac{1}{1-\delta_1}$; $F_2(\delta_2) = \frac{1}{1-\delta_2}$ - функции буксования колес соответствующих мостов, которые набираются на блоках нелинейностей АВМ. При изменении значений буксования δ от 0 до 1 функции $F_1(\delta_1)$ и $F_2(\delta_2)$ будут изменяться от 1 до ∞ , что затрудняет ее задание на АВМ. Поэтому значения последних ограничиваются пределами изменения от 1 до 10, что соответствует практически наблюдаемым границам изменения буксования колес от 0 до 0,9.

На основании динамической и математической моделей движения МТА [2] с учетом выражений (1) - (7) разработана его электронная модель применительно к АВМ типа МН - 18.

Результаты решения представлены в виде графиков зависимости максимального буксования передних и задних колес трактора для разных режимов работы дополнительного моста от величины передаточного числа трансмиссии (рис. 1 и 2).

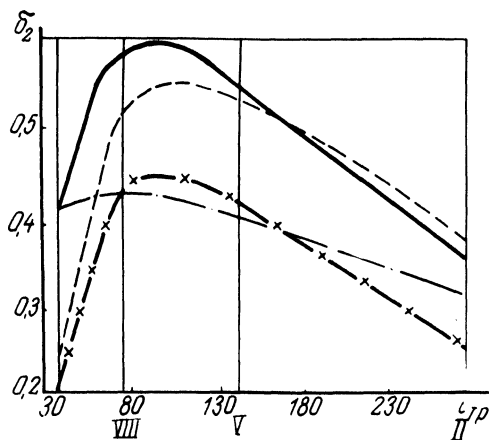


Рис. 1. График зависимости максимального буксования задних колес трактора от передаточного числа трансмиссии. Режим работы переднего моста: — ведомый; --- +k_n принудительное включение; -x-x- k_n принудительное включение; -.-.- автоматическое включение.

Как видно из рис. 1, при трогании с места МТА с отключенным передним мостом буксование задних колес δ_2 с повышением номера передачи возрастает от 0,35 на 2-й передаче до максимального значения, равного 0,58 на 7-8-й передачах, т.е. увеличивается приблизительно на 70%. При увеличении номера передачи до 9-10-й, на которой теоретически при взятых исходных данных еще возможно трогание, буксование колес падает. Следует отметить, что в действительности трогание на высших передачах недопустимо, а в более тяжелых условиях движения невозможно, однако решение задачи

проводилось с целью выявить предел возможности осуществления трогания.

Автоматическое подключение переднего моста по сравнению с ведомым режимом уменьшает интенсивность роста буксования задних колес на 34% с увеличением номера передачи до 8.

Отрицательное кинематическое несоответствие при постоянно заблокированном межосевом приводе уменьшает максимальное значение буксования задних колес приблизительно так же, как и при работе дополнительного моста в автоматическом режиме. Однако в этом случае максимальная величина буксования колес дополнительного моста возрастает на 25% по сравнению с автоматическим режимом, достигая значения 0,48 (рис. 2).

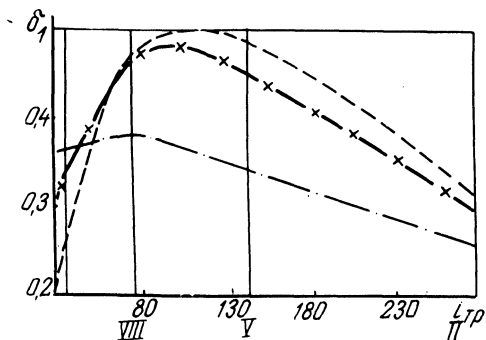


Рис. 2. График зависимости максимального буксования передних колес трактора от передаточного числа трансмиссии.

Следовательно, наилучшие характеристики разгона соответствуют автоматическому режиму работы межосевого привода и принудительному его блокированию при отрицательном кинематическом несоответствии угловых скоростей колес разных мостов.

Л и т е р а т у р а

1. Гуськов В.В. Теория трактора. — Минск, 1977.
2. Атаманов Ю.Е., Теленченко В.В., Гаяновский Г.А. Влияние автоматического подключения переднего ведущего моста на нагруженность трансмиссии трактора 4х4. — В сб.: Авто-тракторостроение, Автоматические системы управления мобильными машинами. Минск, 1979, вып.12.