

колеса используется "пятое" колесо. Число оборотов "пятого" колеса и испытываемого колеса замеряется соответственно потенциометрическими датчиками 12 и 7. Определение вышеуказанных величин производится по известным методикам. Посредством "пятого" колеса производится измерение истинного угла увода испытываемой шины. Этот угол определяется разностью угла разворота шины относительно продольной оси трактора-тягача и угла увода тягача относительно направления качения колеса с испытываемой шиной. Измерение угла увода тягача производится с помощью свободно буксируемого за тягачом "пятого" колеса. Для получения отклонения шлейфа осциллографа, пропорционального углу увода трактора-тягача, на вертикальный кшворень "пятого" колеса устанавливается потенциометрический датчик угла поворота 11.

Сигналы от потенциометрических и тензометрических датчиков поступают соответственно в распределительные коробки РК-I и РК-II, расположенные на раме установки. Далее через пульт управления сигналы поступают на шлейфы осциллографа и регистрируются на ленте.

Перед началом испытаний производится тарировка измерительно-регистрирующей аппаратуры, строятся тарировочные графики и определяются масштабные (тарировочные) коэффициенты. В начале каждого заезда производится запись нулевых отметок.

#### Л и т е р а т у р а

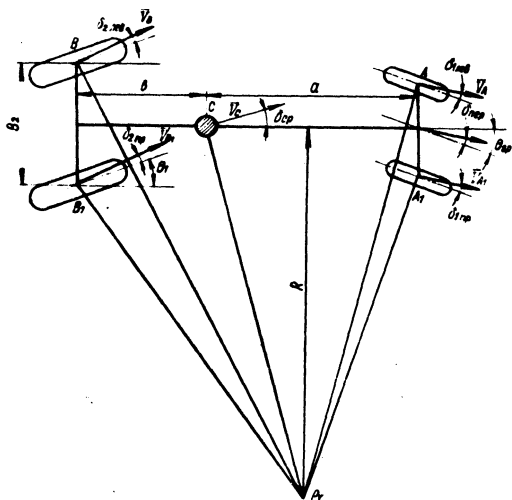
1. Бойков В.П. и др. К вопросу об исследовании бокового увода тракторных шин. - В сб.: Автотракторостроение. Минск, 1975, вып. 7.

В.А. Ким, Н.А. Разоренов, Ю.Е. Атаманов

#### АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД УЧЕТА БУКСОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА СО ВСЕМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ КОЛЕСАМИ НА ПЛОСКОЙ МОДЕЛИ

При движении тракторного поезда имеет место значительное буксование ведущих колес трактора, которое может влиять на характер движения всего поезда. Установлено, что значительное буксование колес увеличивает угол увода, который, в

Рис. 1. Расчетная схема трактора.



свою очередь, существенно влияет на характер движения всей механической системы.

Для того чтобы учесть буксование колес трактора на плоской модели при произвольном случае движения, необходимо решить задачу приведения масс задних колес трактора к центру масс трактора. Приведение производилось с учетом того, что задний мост трактора не подрессорен, кузов абсолютно жесткий; инерционные характеристики передних колес во внимание не принимались.

Кинетическая энергия всей системы после приведения равна

$$\frac{M_{\text{пр}} v_c^2}{2} = \frac{M_{\text{тр}} v_c^2}{2} + \frac{I \omega_{k2\text{лев}}^2}{2} + \frac{I \omega_{k2\text{пр}}^2}{2} \quad (\text{условие приведения}),$$

где  $\omega_{k2\text{пр}}$  и  $\omega_{k2\text{лев}}$  - угловая скорость вращения правого и левого колес заднего моста трактора;  $I$  - момент инерции колес.

Из рис. 1 следует:

$$\left(R - \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg} \delta_{2\text{пр}} = \left(R + \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg} \delta_{2\text{лев}};$$

$$\delta_{1\text{пр}} = \frac{\delta_{1\text{пр}} + \delta_{1\text{лев}}}{2}; \quad \delta_{2\text{ср}} = \frac{\delta_{2\text{пр}} + \delta_{2\text{лев}}}{2}; \quad (1)$$

$$\delta_{\text{ср.с}} = \frac{b}{L} \left[ \operatorname{tg} \frac{(\theta_1 + \theta_2)}{2} - \delta_{1\text{ср}} \right] - \frac{a}{L} \delta_{2\text{ср}}, \quad (2)$$

где  $\delta_{1\text{пр}}$ ,  $\delta_{2\text{лев}}$  - соответственно боковой увод правых и левых колес по осям;  $\delta_{1\text{ср}}$ ,  $\delta_{2\text{ср}}$  - соответственно боковой увод центров заднего и переднего моста;  $L$ ,  $B$ ,  $b$ ,  $a$  - геометрические размеры, указанные на рис. 1;  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  - углы поворота передних и задних колес.

Так как углы увода не превышают  $5 - 10^\circ$ , то без большой погрешности можно считать, что тангенсы равны их углам.

Из уравнений (1) получим

$$\delta_{2\text{лев}} = \left(1 - \frac{B}{2R}\right) \delta_{2\text{ср}}; \quad \delta_{2\text{пр}} = \left(1 + \frac{B}{2R}\right) \delta_{2\text{ср}}. \quad (3)$$

С другой стороны, из рис. 1

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg}(\theta_{\text{ср}} - \delta_{1\text{ср}}) + \operatorname{tg} \delta_{2\text{ср}}}.$$

Подставим в выражение (3) значение  $R$ , получим

$$\delta_{2\text{лев}} = \left\{ 1 - \frac{B[\operatorname{tg}(\theta_{\text{ср}} - \delta_{1\text{ср}}) + \operatorname{tg} \delta_{2\text{ср}}]}{2L} \right\} \delta_{2\text{ср}};$$

$$\delta_{2\text{пр}} = \left\{ 1 + \frac{B[\operatorname{tg}(\theta_{\text{ср}} - \delta_{1\text{ср}}) + \operatorname{tg} \delta_{2\text{ср}}]}{2L} \right\} \delta_{2\text{ср}},$$

аналогично найдем углы увода передних колес:

$$\delta_{1\text{лев}} = \delta_{1\text{ср}} - \frac{\operatorname{tg} \theta_{\text{пр}} - \operatorname{tg} \theta_{\text{лев}}}{2};$$

$$\delta_{1\text{пр}} = \delta_{1\text{ср}} + \frac{\operatorname{tg} \theta_{\text{пр}} - \operatorname{tg} \theta_{\text{лев}}}{2}.$$

Данное выражение найдено из условия

$$\left(R - \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg}(\theta_{\text{пр}} - \delta_{1\text{пр}}) = \left(R + \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg}(\theta_{\text{пр}} - \delta_{1\text{пр}});$$

$$\theta_{1\text{cp}} = \frac{\theta_{1\text{лев}} + \theta_{1\text{пр}}}{2}.$$

Инерционные характеристики передних колес не будем учитывать ввиду их незначительности:

$$v_B \cos(\delta_{2\text{лев}} + \theta_1) = \omega_{1\text{лев}} R \eta \delta;$$

$$v_{B1} \cos(\delta_{2\text{пр}} - \theta_1) = \omega_{1\text{пр}} R \eta \delta.$$

Из теоремы о скоростях точек при плоском движении найдем

$$v_B \cos(\delta_{2\text{пр}} + \alpha_1) = v_c \cos(\alpha_1 + \delta_{\text{cp}});$$

$$\omega_{\text{к.лев}} = \frac{v_c \cos(\alpha_1 + \delta_{\text{cp}})}{R \eta \delta \cos(\delta_{2\text{лев}} + \alpha_1 + \theta_1)} \cos \delta_{2\text{лев}};$$

$$\frac{\omega_{\text{к.лев}} R \eta \delta}{\cos \delta_{2\text{пр}}} = v_c \cos(\alpha_1 + \delta_{\text{cp}});$$

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{тр}} + \frac{I}{R^2 \eta^2} \left[ \frac{\cos^2(\alpha_1 - \delta_{\text{cp}})}{\cos^2(\delta_{2\text{лев}} + \alpha_1 + \theta_1)} \cos^2 \delta_{2\text{лев}} + \frac{\cos^2(\alpha_1 + \delta_{\text{cp}})}{\cos^2(\alpha_1 - \delta_{2\text{пр}} - \theta_1)} \cos^2 \delta_{2\text{пр}} \right].$$

Окончательно приведенная масса равна

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{тр}} + \frac{I}{R^2 \eta^2} \left\{ \frac{\cos^2 \left[ \alpha_1 - \frac{b}{L} (\text{tg} \theta_{\text{cp}} - \delta_{1\text{cp}}) - \frac{a}{L} \delta_{2\text{cp}} \right]}{\cos^2 \left[ \left( 1 - \frac{B \text{tg}(\theta_{\text{cp}} - \delta_{1\text{cp}}) + \text{tg} \delta_{2\text{cp}}}{2L} \right) \delta_{2\text{cp}} + \dots \right]} \dots \rightarrow \right.$$

$$\left. \rightarrow \frac{\cos^2(\alpha_1 + \theta_1)}{\cos^2 \left[ 1 - \frac{B [\text{tg}(\theta_{\text{cp}} - \delta_{1\text{cp}}) + \text{tg} \delta_{2\text{cp}}]}{2L} \right]} \delta_{2\text{cp}} + \right.$$

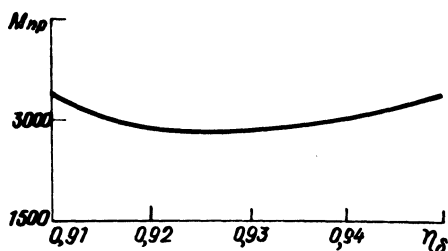


Рис. 2. Изменение приведенной массы от  $\eta_{\delta}$ .

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\cos^2 \left[ \alpha_1 + \frac{b}{L} (\text{tg} \theta_{\text{ср}} - \delta_{1\text{ср}}) - \frac{a}{L} \delta_{2\text{ср}} \right]}{\cos^2 \left[ \left( 1 + \frac{B [\text{tg} (\theta_{\text{ср}} - \delta_{\text{ср}}) + \text{tg} \delta_{\text{ср}}]}{2L} \right) \delta_{1\text{ср}} - \alpha_1 - \theta_1 \right]} \times \\
 & \times \cos^2 \left[ 1 + \frac{B [\text{tg} (\theta_{\text{ср}} - \delta_{1\text{ср}}) + \text{tg} \delta_{2\text{ср}}]}{2L} \right] \delta_{2\text{ср}} \left. \right\}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Полученное уравнение позволяет изучить движение трактора с учетом буксования на плоской модели при произвольном его движении. Выражение  $M_{\text{пр}} = M_{\text{тр}} + \frac{2I}{R^2}$ , используемое для определения приведенной массы при прямолинейном движении без буксования, является частным случаем уравнения (4). На рис. 2 приведен график изменения  $M_{\text{пр}}$  от к.п.д. при  $\delta_1 > \delta_2$ .

В.В. Яцкевич, Нгуен Минь Дыонг,  
Е.А. Романчик, П.В. Зеленый, А.Т. Скойбеда

#### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

Эффективность использования сельскохозяйственной техники в основном определяется производительностью агрегата, затратами живого труда и материально-денежных средств при