

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕСТКОГО КОЛЕСА
МОТОАГРОТЕХНИКИ С ОПОРНЫМ ОСНОВАНИЕМ
В ТОРМОЗНОМ РЕЖИМЕ**

Овсянников С.И., канд. техн. наук, доцент

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко*

Рассмотрены вопросы механики качения жесткого колеса в режиме торможения, как мгновенное опрокидывание рычага. Представлены зависимости для определения основных показателей взаимодействия колеса с опорной поверхностью в тормозном режиме: силы, скорости, мощность. Установлено, что качение колеса в тормозном режиме приводит к уменьшению глубины колеи.

Введение. Надежность машин базируется на точных и достоверных результатах расчета силового и скоростного взаимодействия между деталями, узлами и в целом машины. Для тракторных агрегатов фактором определения надежности элементов трансмиссии и двигателя является взаимодействие движителей с опорным основанием в зависимости от сцепных свойств. В качестве движителей мотоагротехники для выполнения энергоемких операций применяют жесткие металлические колеса с развитыми грунтозацепами.

Взаимодействию колеса с грунтом посвящено большое количество работ, но сущность процесса качения до сих пор не раскрыта. Не раскрыты понятия "колесо" и "качение", выражения "сопротивление качению колеса" и "сцепные свойства". Среди многочисленных отечественных исследователей процесса качения только академик В.П. Горячки определил "колесо как непрерывно действующий рычаг", а "качение как непрерывное опрокидывание относительно одной из точек обода". ГОСТ 17697-72 также не раскрывает базовые термины "колесо", "качение" и "буксование". Поэтому стандартизированные теоретические построения оказались не обоснованными, сила и момент торможения, скольжение – условными, а причинно-следственная часть сопротивления качению и сцепления с опорным основанием – нераскрытыми.

Анализ публикаций. В работе [1] описывается методика расчета уплотняющего воздействия колесного движителя на почву, однако не рассматривается природа контакта колеса с опорным основанием. В ра-

боте [2] рассмотрено взаимодействие колесного движителя с почвогрунтом, как вязко-упругой средой, но сам процесс качения остался не раскрытым. Лопарев А.А. [3] наиболее полно раскрыл кинематику процесса качения эластичного колеса по твердому основанию. Однако в работе не рассматривается процесс взаимной деформации шины и основания.

В работе [4] рассмотрены вопросы механики качения гладкого жесткого колеса по деформируемой поверхности, раскрыта суть качения жесткого гладкого колеса, как мгновенное опрокидывание рычага относительно мгновенного центра. Установлено, что с увеличением буксования увеличивается глубина колеи, а коэффициент сопротивления качению уменьшается, т.к. колесобразование увеличивается под действие касательной силы тяги. Предложены закономерности для расчета сил, скоростей, мощностей и безразмерных коэффициентов взаимодействия гладкого жесткого колеса с опорным основанием в ведомом и ведущем режимах качения. Однако в работе не отображены процессы качения в тормозном режиме.

Целью работы является определение основных показателей взаимодействия ведущего жесткого колеса мотоагротехники с опорным основанием в тормозном режиме.

Результаты работы. В тормозном режиме колесо вращается с угловой скоростью ω_T , к оси колеса приложен тормозной момент M_T , под действием которого образуется юз со скоростью V_S , что приводит к замедлению опрокидывания точки O рычага OC (рис.1).

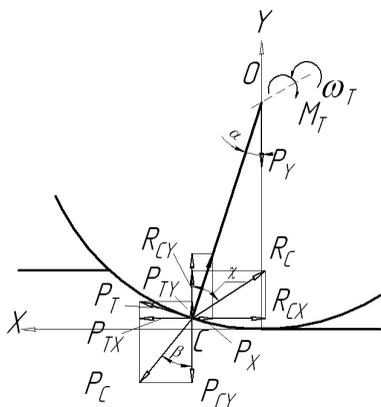


Рис. 1. Схема действия сил на колесо в режиме торможения.

На конце рычага C при крутящем моменте $M_T=0$ действуют силы, как и для качения колеса в ведомом режиме: P_{CV} – нормальная нагрузка и P_X – сопротивление грунта качению. С увеличением тормозного момента

в точке C возникает сила P_T , направленная по касательной к окружности. Составляющая P_{TX} действует в горизонтальной плоскости и уплотняет почву в направлении движения, что приводит к проскальзыванию колеса вдоль опорного основания. Максимальное значение составляющей P_{TX} достигается по условию сцепления колеса с опорным основанием:

$$P_{TX} = P_Y \cdot tg\beta = P_Y \cdot \varphi, \quad (1)$$

$$\text{так как } tg\beta = \varphi, \quad (2)$$

где P_Y – нормальная нагрузка, действующая на ось колеса;

β - угол наклона результирующей силы P_C в точке C ;

φ - коэффициент сцепления в режиме торможения.

Реакции от действия сил в точке C соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также суммарная будут равны:

$$R_{CX} = P_X + R_{TX}, \quad (3)$$

$$R_{CY} = P_Y - P_{TY}, \quad (4)$$

$$R_C = \sqrt{R_{CX}^2 + R_{CY}^2}. \quad (5)$$

Вертикальная составляющая P_{TY} тормозной силы P_T способствует уменьшению действия вертикальной нагрузки P_{CY} , следовательно, глубина колеи в тормозном режиме будет меньшей, чем при качении ведомого или ведущего колеса.

При качении колеса без тормозного момента, т.е. в ведомом режиме, горизонтальная и вертикальная составляющие реакции грунта образуют угол α , а $tg\alpha = f$ является коэффициентом сопротивления качению в ведомом режиме. В режиме торможения угол отклонения действия реакции увеличивается на величину β (2), тогда суммарная реакция будет действовать под углом наклона $\chi = \alpha + \beta$:

$$tg\chi = \frac{R_{CX}}{R_{CY}} = \frac{P_X + R_{TX}}{P_Y - P_{TY}} = \frac{f + \varphi}{1 - f \cdot \varphi}. \quad (6)$$

Скорость опрокидывания рычага относительно мгновенного центра будет уменьшаться на величину скорости скольжения рычага (рис.2):

$$V_{OX} - V_{CS} = V_{OX} \cdot (1 - s), \quad (7)$$

где s – коэффициент скольжения в режиме торможения.

Мощность сопротивления качению тормозящего колеса будет равна:

$$N_{IT} = -P_Y \cdot (V_{OX} - V_{CS}) \cdot tg\chi = P_Y \cdot r_\delta \cdot \omega_T \cdot \frac{f + \varphi}{1 - f \cdot \varphi}, \quad (8)$$

где r_δ – радиус колеса.

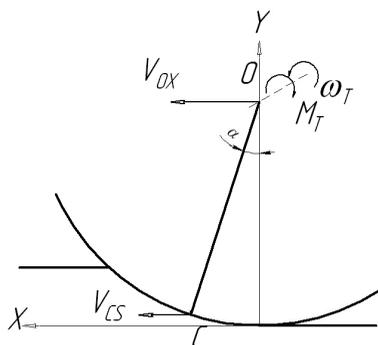


Рис.2. Кинематическая схема действия скоростей на колесо в режиме торможения.

При блокировании колеса $V_{OX} = V_{CS}$, а угловая скорость вращения $\omega_T = 0$, поэтому мощность сопротивления качению будет равна нулю.

Для решения практических задач необходимо измерить силу сопротивления качению колеса в ведомом режиме P_X , максимальную силу движения колеса в заблокированном состоянии R_{CX} и нормальную нагрузку на колесо P_Y . Основные параметры и характеристики качения определяются по формулам:

коэффициент сопротивления качению
$$f = \frac{P_X}{P_Y}, \quad (9)$$

коэффициент сцепления в режиме торможения
$$\varphi = \frac{R_{CX} - P_X}{P_Y}, \quad (10)$$

реакция грунта на образование колеи
$$R_{CY} = \frac{R_{CX}(1 - f \cdot \varphi)}{f + \varphi}, \quad (11)$$

горизонтальная составляющая тормозной силы
$$P_{TX} = R_{CX} - P_X. \quad (12)$$

тормозной момент
$$M_T = \frac{P_Y \cdot \varphi}{r_K \cdot \cos \alpha} \quad (13)$$

Выводы.

Теоретические исследования позволили раскрыть суть качения жесткого колеса в тормозном режиме, предположив, что качение является процессом мгновенного опрокидывания рычага относительно мгновенного центра.

На основе теоретических исследований установлено, что с увеличением скольжения уменьшается глубина образования колеи.

Предложены закономерности для определения основных параметров качения колеса в тормозном режиме.

Список использованных источников

1. Золотаревская Д.И. Влияние вязкоупругих свойств почвы и сил трения на тяговые свойства и уплотняющее воздействие колесных тракторов на почву / Д.И. Золотаревская // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – №3. – С. 13-17.
2. Левин Н.А. Определение некоторых показателей взаимодействия колесного движителя трактора с почвогрунтом / Н.А. Левин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1986. - №6. – С. 6-10.
3. Лопарев А.А. К вопросу о качении колеса с эластичной шиной / А.А. Лопарев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. - №4. – С. 26-27.
4. Овсянников С.И. К вопросу о качении жесткого колеса мотоагротехники / С.И. Овсянников // Наук. видання, Вісник ХНТУСГ вип. № 136 Системотехніка і технології лісового комплексу. Х.: ХНТУСГ - 2013. С. 43-54.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВЗАЄМОДІЇ ЖОРСТКОГО КОЛЕСА МОТОАГРОТЕХНІКИ З ОПОРНОЮ ОСНОВОЮ У РЕЖИМІ ГАЛЬМУВАННЯ

Овсянников С.И.

Розглянуті питання механіки кочення жорсткого колеса у режимі гальмування, як миттєве перекидання важеля. Запропоновані залежності для визначення основних показників взаємодії колеса з опорною основою в режимі гальмування: сили, швидкості, потужність. Встановлено, що кочення колеса в режимі гальмування призводить до зменшення глибини колії.

Abstract

DETERMINATION OF BASIC INDEXES OF CO-OPERATION OF HARD WHEEL OF WALKING TRACTOR WITH SUPPORTING FOUNDATION IN BRAKE MODE

Ovsyannikov S.

The questions of mechanics of wobbling of hard wheel are considered in the mode of braking, as an instantaneous knocking over of lever. Dependences are presented for determination of basic indexes of co-operation of wheel with an underpayment in the brake mode: forces, speeds, power. It is set that wobbling of wheel in the brake mode results in diminishing of depth of track.