

предварительный этап которых проводится на уклоне, необходимо определить энергию, поглощаемую тормозными механизмами автотранспортного средства за время торможения. Необходимо также рассчитать энергию, поглощаемую одним тормозным механизмом, определить эквивалентное число циклов торможений и время между ними, а затем произвести расчет теплового режима работы тормозного механизма по изложенной выше методике.

Предлагаемая методика расчета температур деталей может быть применена также для определения температур деталей сцеплений и других узлов, работа которых характеризуется периодическим или непрерывным выделением тепловой энергии.

Вследствие относительно простого алгоритма предлагаемая методика может быть применена в инженерной практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чичинадзе А.В. Расчет и исследование внешнего трения при торможении. — М.: Наука, 1977. — 231 с.
2. Балабин И.В., Никольников Э.Н. Исследование эквивалентных режимов теплонагруженности тормозных механизмов при циклическом и непрерывном торможениях. — Автомоб. пром-сть, 1976, № 12, с. 16-18.
3. Исследование и расчет температурного режима автомобильных тормозов/А.В. Чичинадзе, П.И. Таланов, А.Б. Гредескул и др. — Автомоб. пром-сть, 1972, № 7, с. 23—26.
4. Жуковский Ю.М. Расчет тепловых режимов работы тормозных механизмов тракторов. — В кн.: Автотракторостроение: Теория и конструирование мобильных машин. Минск; Выш. шк., 1980, вып. 15, с. 111—116.
5. А.с. 724372 (СССР). Устройство для охлаждения тормозов автомобилей/В.В. Гуськов, Ю.М. Жуковский, Г.А. Молош и др. — Оpubл. в Б.И., 1980, № 12.
6. ГОСТ 22895—77. Тормозные системы автотранспортных средств. Технические требования. Введ. 01.01.81. Срок действия до 01.01.86.
7. Steinhilper W. Der zeitliche Temperaturverlauf in Snelgeschalteten Reibungskupplungen und Bremsen. — ATZ, 1963, Н. 10, S. 326—329.

УДК 629.114.3—0,73

П.В. ЗЕЛЕНЬИЙ, канд.техн.наук (БПИ)

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА СО СМИНАЕМЫМ НАКЛОННЫМ ОСНОВАНИЕМ

Взаимодействие колеса с поверхностью склона характеризуют три определяющие его тягово-сцепные свойства и курсовое движение силовых параметра: сила сопротивления качению, боковая составляющая вертикальной нагрузки, касательная сила тяги.

Сила сопротивления качению колеса по склону в поперечном направлении, затрачиваемая на колеобразование, по В.В. Гуськову [1]

$$X = 0,5 k_{\kappa} \int_a^b (h_{\Pi}^x)^2 dx,$$

где k_{κ} — коэффициент объемного смятия грунта; h_{Π}^x — вертикальная деформация грунта в функции ширины следа колеса [2].

Очевидно, что сила сопротивления качению с учетом наличия на шине грунтозацепов

$$X = 0,5 k_{\kappa} \int_a^b [f(h_{\Pi}^x)^2 + (1-f)(h_{\Pi}^x - h_3^x)^2] dx,$$

где f — коэффициент насыщенности пятна контакта грунтозацепами; h_3^x — высота грунтозацепов.

Боковая составляющая вертикальной нагрузки на колесо направлена по касательной к профилю поперечного сечения протектора шины в центре давления (рис. 1, а)

$$P' = G_{\kappa} \sin a',$$

где G_{κ} — нагружающая колесо сила; a' — угол наклона касательной к профилю протектора в центре давления.

Для вычисления выведем уравнение профиля поперечного сечения протектора. Возможны три частных случая взаимодействия колеса со склоном.

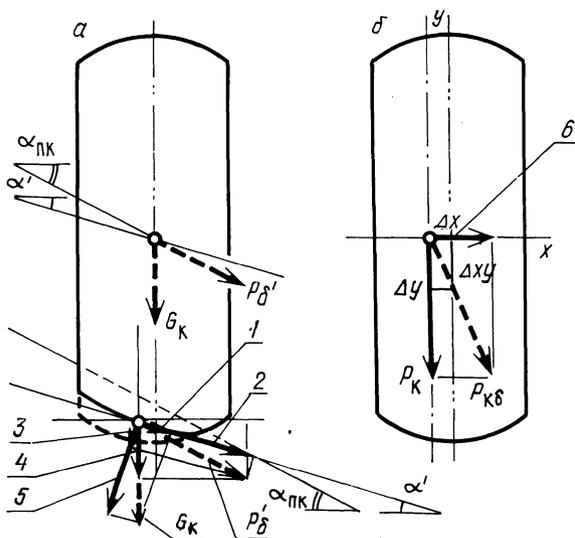


Рис. 1. Параметры нагружения грунта колесом склонохода:

а — в поперечной плоскости; б — в плоскости качения колеса; 1 — $G_{\kappa} \sin a'$; 2 — $P'_{\delta} \cos (a_{\text{ПК}} - a')$; 3 — $P'_{\delta} \sin (a_{\text{ПК}} - a')$; 4 — $P'_{\delta} \sin a_{\text{ПК}}$; 5 — $G_{\kappa} \cos a'$; 6 — $P'_{\delta} = G_{\kappa} \sin a' + P'_{\delta} \cos (a_{\text{ПК}} - a')$.

1. Колесо — эластичное; поверхность склона — недеформируема. В этом случае профиль беговой дорожки протектора совпадает в зоне контакта с профилем опорной поверхности, т.е. описывается одним и тем же уравнением [2]:

$$y_{\Pi}^6 = y_2 = (b - x) \operatorname{tg} a_{\text{пк}} + 4db^2/B^2,$$

где $a_{\text{пк}}$ — угол наклона в поперечной плоскости колеса; d и B — стрела сегмента и ширина профиля протектора; b — абсцисса точки пересечения поперечных сечений профилей беговой дорожки и поверхности склона.

2. Колесо — жесткое; поверхность склона — деформируема. Профиль протектора шины в процессе деформации грунта не изменится и поэтому его уравнение по беговой дорожке [2]

$$y_{\Pi}^6 = 4d x^2/B^2.$$

3. Колесо — эластичное; поверхность склона — деформируема. Уравнение профиля протектора по беговой дорожке может быть найдено, учитывая, что $h_{\Pi}^x = h_c^x - h_{\text{ш}}^x$ как разность

$$y_{\Pi}^6 = y_2 - h_{\Pi}^x = (b - x) \operatorname{tg} a_{\text{пк}} + \frac{4d}{B^2} b^2 - h_c^x + h_{\text{ш}}^x,$$

где h_c^x и $h_{\text{ш}}^x$ — вертикальная суммарная деформация шины и грунта и деформация шины в функции ширины следа колеи [2]

$$h_{\text{ш}}^x = k_{\text{к}} \sqrt{D_0 B_a (h_c^x)^3} / (C + k_{\text{к}} \sqrt{D_0 B_a h_c^x}),$$

где D_0 — свободный диаметр колеса; B_a — ширина следа колеи [2]; C — коэффициент радиальной жесткости шины.

Дифференцирование уравнений профиля шины в недеформированном состоянии выявило, что в первом случае $a' = a_{\text{пк}}$, во втором

$$a' = \operatorname{arctg} (8 dx/B^2),$$

в третьем

$$a' = \operatorname{arctg} \left\{ -\operatorname{tg} a_{\text{пк}} + \frac{[C^2 + 0,5 k_{\text{к}} C \sqrt{D_0 B_a B h_c^x}] (8dx/B^2 + \operatorname{tg} a_{\text{пк}})}{[C + k_{\text{к}} \sqrt{D_0 B_a B h_c^x}]^2} \right\}.$$

Касательная сила тяги, боковая составляющая вертикальной нагрузки на колесо и боковая сила извне (со стороны остова трактора) обуславливают возникновение в поверхности склона попереч-

ных и продольных напряжений. От способности грунта выдерживать напряжения в указанных направлениях зависит развиваемая колесом результирующая касательной P_K и боковой P_6 сил сцепления (рис. 1, б) [3]

$$P_{K6} = \sqrt{P_K^2 + P_6^2}$$

В соответствии с рис. 1, б результирующая боковых сил

$$P_6 = P^I + P_6^I \cos(a_{пк} - a'),$$

где P_6 — боковая сила, приложенная к колесу со стороны остова параллельно поверхности склона.

В то же время

$$P_{K6} = R_T + R_{cp},$$

где R_T и R_{cp} — результирующие касательной и боковой сил сцепления, развиваемые за счет сдвига и среза грунта.

Откуда касательная сила тяги колеса на склоне

$$P_K = \sqrt{(R_T + R_{cp})^2 - P_6^2}$$

Результирующая сил сцепления, развиваемых колесом за счет сдвига грунта,

$$R_T = \int_0^{L_a} \int_0^{B_a} \tau_{xy} dF = \int_0^{L_a} \int_0^{B_a} \tau_{xy} dx dy,$$

где τ_{xy} — напряжение сдвига в грунте; dF — элементарная площадка опорной поверхности колеса, равная $dx dy$; L_a — длина пятна контакта колеса на склоне.

На основании функциональной зависимости между напряжением сдвига и деформацией грунта профессора В.В. Кацыгина [4] (воспользовавшись допущением о равномерном в первом приближении распределении давления в пятне контакта, принятым проф. В.В. Гуськовым при выводе формул касательной силы тяги колеса на горизонтальной поверхности и склоне [1], и осуществив, кроме того, те же преобразования) получим аналогичное по форме выражение для результирующей касательной и боковой сил сцепления, развиваемых колесом за счет сдвига грунта

$$R_T = \frac{f_{ск} B_a L_a q_{cp} k_T}{\Delta xy} \left[\ln \operatorname{ch} \frac{\Delta xy}{k_T} - f_{пр} \left(\frac{1}{\operatorname{ch} \frac{\Delta xy}{k_T}} - 1 \right) \right],$$

где $f_{ск}$ и k_T — коэффициенты трения скольжения и деформации грунта; q_{cp} — среднее давление в пятне контакта; $f_{пр}$ — приведен-

ный коэффициент трения грунта; Δ_{xy} — результирующая деформация сдвига грунта.

Согласно рис. 1, б,

$$\Delta_{xy} = \delta L_a \sqrt{1 + P_6^2 / P_k^2},$$

где δ — буксование.

Откуда касательная сила тяги колеса на склоне с учетом выражения [1] для результирующей сил сцепления, развиваемых за счет среза грунта

$$P_k = \sqrt{\left\{ \frac{f_{ск} B_a k_\tau q_{ср}}{\delta \sqrt{1 + P_6^2 / P_k^2}} \left[\ln \operatorname{ch} \frac{\delta L_a}{k_\tau} \sqrt{1 + \frac{P_6^2}{P_k^2}} - \right. \right. \\ \left. \left. - f_{пр} \left(1 / \left[\operatorname{ch} \frac{\delta L_a}{k_\tau} \sqrt{1 + \frac{P_6^2}{P_k^2}} \right] - 1 \right) + 2\tau_{ср} h_3 L_a / t \right]^2 - P_6^2 \right\}},$$

где $\tau_{ср}$ — напряжение среза грунта; h_3 , t — высота и шаг грунтозацепов.

Решение полученного уравнения возможно численными методами. Однако в тех случаях, когда боковая сила P_6 незначительна по сравнению с P_k , т.е. обосновано допущение о равенстве единице

выражения $\sqrt{1 + P_6^2 / P_k^2}$, касательная сила тяги может быть вычислена непосредственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г у с ь к о в В.В. Тракторы: Теория. — Минск: Выш. шк., 1977, ч. II. — 384 с. 2. З е л е н ы й П.В. К вопросу взаимодействия колеса со склоном. — В кн.: Автотракторостроение: Теория и конструирование мобильных машин. Минск: Выш. шк., 1982, вып. 17, с. 63—67. 3. А н д р е е в А.Ф. Влияние кинематической связи ведущих колес на устойчивость прямолинейного движения колесного трактора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Минск, 1972. — 20 с. 4. К а ц ы г и н В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий. — В кн.: Вопросы сельскохозяйственной механики. Минск: Ураджай, 1964, т. 13, с. 5—165.