

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАКАХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Рассматриваются нагрузки в траках при движении гусеничной машины, вызванные изменением скорости их движения. В общем случае скорость трака (рис. 1) состоит из скорости машины, (переносной, поступательной, постоянной по величине и направлению) и скорости трака относительно машины (постоянной по величине, равной скорости движения машины, и переменной по направлению)

$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{пер} + \vec{V}_{отн}, \quad |\vec{V}_{пер}| = |\vec{V}_{отн}| \quad (1)$$

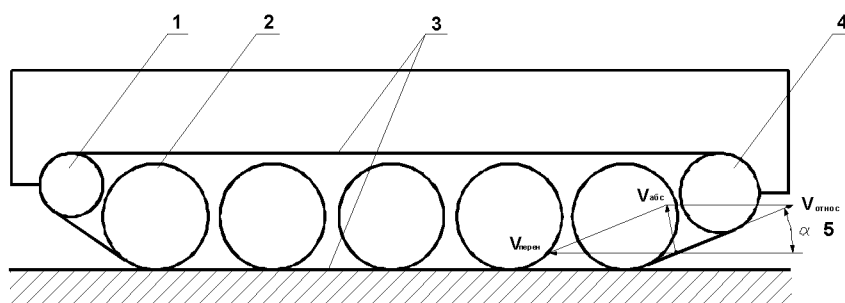


Рис. 1. Кинематическая схема гусеничной машины и скорости трака: 1, 4 – ведомая и ведущие звездочки, 2 – катки, 3 – нижняя и верхняя ветви гусеницы, 5 – скорости ц.м. трака

В этом случае, при контакте с дорогой, абсолютная скорость трака равна нулю $\vec{V}_{nep} + \vec{V}_{отн} = 0$, а трака верхней ветви гусеницы равна удвоенной скорости движения машины $\vec{V}_{nep} + \vec{V}_{отн} = 2 \cdot \vec{V}_{nep}$. Для любого положения трака гусеницы величина абсолютной скорости равна

$$|\vec{V}_{абс}| = 2 \cdot |\vec{V}_{nep}| \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

где α – угол наклона вектора относительной скорости к линии вектора переносной скорости ($0 \leq \alpha \leq 2 \cdot \pi$, рис. 1).

Таким образом, изменение абсолютной скорости и кинетической энергии трака зависит только от изменения направления его относительной скорости. (рис. 2). При прямолинейном движении машины с постоянной скоростью переносное и кориолисово ускорения трака равны нулю. Относительное ускорение представлено изменяющимися нормальной и тангенциальной составляющими. При отсутствии сил трения, работу выполняют внешние тангенциальные силы, действующие в траках гусениц.

Тогда, производная по времени кинетической энергии трака равна мощности внешних сил дающих это изменение

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{dA(t)}{dt} = \vec{F}_{танг} \cdot \vec{V}_{абс}, \quad (3)$$

где T – кинетическая энергия трака гусеницы, t – время, $F_{танг}$ – тангенциальная сила в траке, $V_{абс}$ – абсолютная скорость трака.

По известным данным левой части ($\frac{dT(t)}{dt}$, рис. 2, б) а также абсолютной скорости ($\vec{V}_{абс}$, рис. 2, а) и направления тангенциальных сил ($\vec{F}_{танг}$, рис. 1) правой части уравнения (3) определяются тангенциальные составляющие сил в траках гусениц ($\vec{F}_{танг}$, рис. 2, в)

$$F_{танг} = \frac{m \cdot V_{nep}^2}{R \cdot tg \frac{\alpha}{2}},$$

где m – масса трака, R – радиусы звездочек, катков.

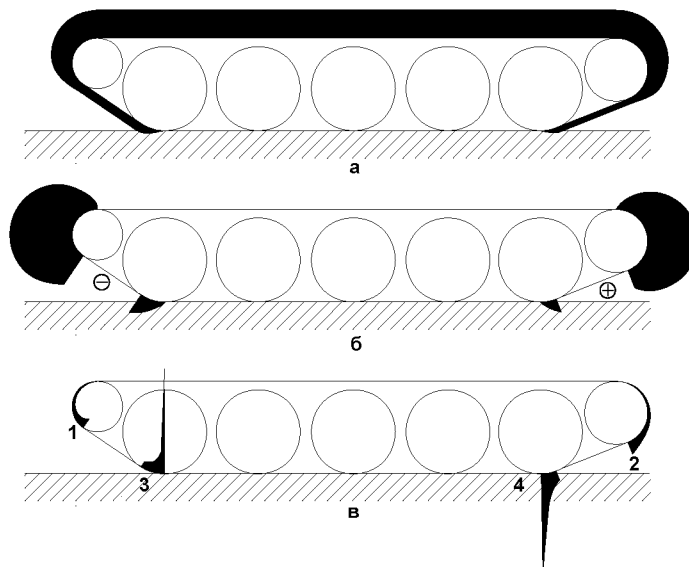


Рис. 2. Изменение величины абсолютной скорости (а), производной по времени кинетической энергии (б) и тангенциальных сил в траках (в)

Изменение тангенциальных сил ($\vec{F}_{танг}$) в траках при изменении скорости их движения ($\vec{V}_{абс}$), полученные расчетным путем по исходным данным ходовой части Т-34-85 и скорости движения машины 72 км/час показано на рис. 2, в. На участках, где скорость движения траков постоянна, $\vec{F}_{танг}$ равна нулю. Наибольшие значения сил наблюдаются в

местах изменения скорости (1–4, рис. 2, *в*), особенно при переходе трака к состоянию покоя или движения из состояния покоя (3, 4, рис. 2, *в*).

Аналогичные расчеты, выполненные для кольцевого катка радиуса R (рис. 3, *а*) катящегося по ровной недеформируемой поверхности с постоянной скоростью $V_{пер}$.

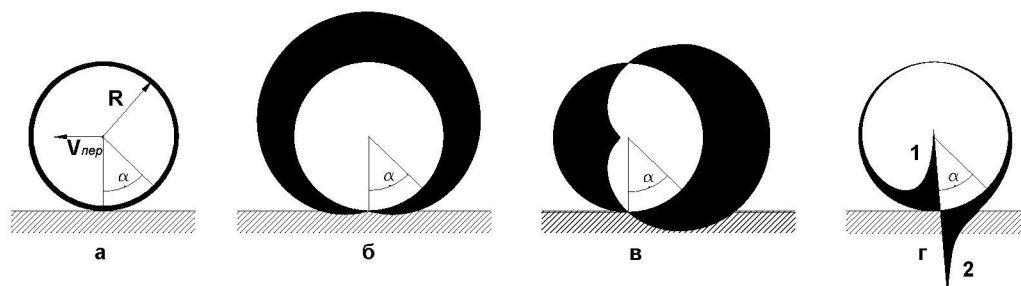


Рис. 3. Изменение величины абсолютной скорости (*б*), производной по времени кинетической энергии (*в*) и тангенциальных сил (*г*) точек катка (*а*)

Расчеты показали наличие сил в точке контакта, вызванных изменением абсолютной скорости точек кольца (рис. 3, *б*). Величины этих сил существенно превышают силы в остальных частях кольца. Причем со стороны направления движения кольца они носят характер сжатия (рис. 3, *г*, 1), после точки контакта – растяжения (рис. 3, *г*, 2).

Векторный анализ кинематических характеристик точек кольца показал, что величина ускорений постоянна, а его составляющие – нормальные и тангенциальные ускорения – переменные (рис 4, *а*).

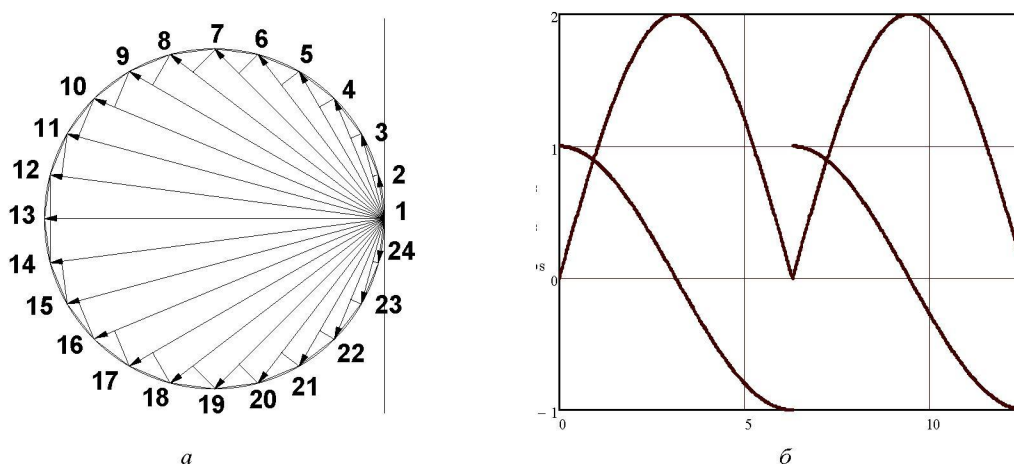


Рис. 4. Годограф скоростей (*а*, 1 – точка контакта) и графики изменения величин скорости V и тангенциального ускорения dV (*б*) точек катка

В точке контакта тангенциальное ускорение близко к полному ускорению и терпит разрыв по знаку (рис. 4, *б*).

Таким образом, характер движения точек изменяет их кинетическую энергию, приводит к возникновению сил инерции, которые с учетом энергетического баланса машины (закона сохранения энергии) формируют переменные внешние силы, которые в связи с разрывом ускорения в точке контакта, могут достигать больших величин.

Выполненные расчеты показывают, что энергия траков и элементов катков при переходе их в состояние покоя рассеивается полностью, а с началом движения – увеличивается. Это вызывает удары в элементах движителей. На практике поверхности пальцев, траков и катков имеют упругие покрытия, что приводит к снижению нагрузок и увеличению срока службы.

В природе при передвижении (например, человека) в процессе контакта с поверхностью кинетическая энергия переходит в потенциальную под действием центра масс тела, а затем снова переходит в кинетическую. При этом рассеивание энергии составляет 30–35 % [1].

Наличие рассеивания энергии в зоне контакта при качении тела приводит к существованию коэффициента трения качения даже при абсолютно гладких поверхностях.

Аналогичные явления могут наблюдаться в силовых сателлитных зубчатых механизмах, где скорости существенно выше и значительно выше жесткость контактных поверхностей.

Список литературы

1. Витензон А. С. От естественного к искусственному управлению локомоцией / Витензон А. С., Петрушанская К. А. – М. : Научно-медицинская фирма МБН, 2003. – 448 с.

© Канд. техн. наук А. Ф. Коляда, О. М. Турпак

Технический университет, г. Запорожье

Koliada A., Turpak O. The calculation of dynamic loads in tracked of vehicles
