

М. В. ДУДКИН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ КРИТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ УГЛА ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ ИНЕРЦИОННОГО БЕГУНКА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ДОРОЖНОГО КАТКА

(Представлено академиком НАН РК Б. А. Дьячковым)

Представлен метод определения и анализа критических углов проскальзывания инерционного бегунка по поверхности эллиптической беговой дорожки при помощи трехмерных графиков, построенных в среде программного продукта MathCAD.

Основным недостатком планетарных вибровозбудителей, в том числе и с эллиптической беговой дорожкой, является проскальзывание инерционного бегунка по поверхности беговой дорожки на определенных участках траектории его движения, вследствие непараллельности линии действия центробежной силы по отношению к нормальной реакции со стороны беговой дорожки (угол δ , рис. 1) и возникновения в инерционном бегунке собственного спонтанного момента [1].

Для определения истинной эффективности эллиптического планетарного вибровозбудителя

необходимо найти угловые координаты участков проскальзывания в пределах круговой траектории движения бегунка. Задача исследования сводится к определению критических значений угла φ_{kp} поворота водила [2], при которых начинается и заканчивается проскальзывание инерционного бегунка по эллиптической беговой дорожке.

Проанализируем условия качения инерционного бегунка по эллиптической беговой дорожке при помощи выведенных ранее [2, 3] зависимостей динамических характеристик:

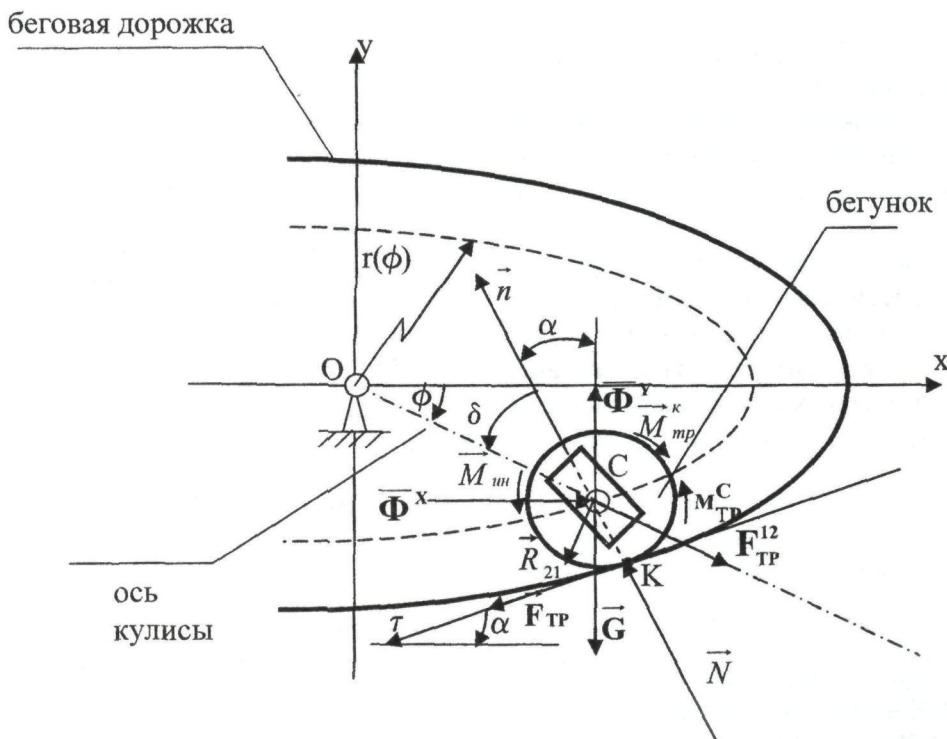


Рис. 1. Расчетная схема планетарного вибровозбудителя с эллиптической беговой дорожкой

Сумма проекций на ось X и Y:

$$\sum F_x = X_O + \Phi_1^X + R_{21} \cdot \sin \varphi - F_{tp}^{21} \cdot \cos \varphi = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_y = Y_O + \Phi_1^Y - R_{21} \cdot \cos \varphi + F_{tp}^{21} \cdot \sin \varphi = 0. \quad (2)$$

Сумма моментов сил, относительно точки O:

$$\sum M_O = \quad (3)$$

$$= -M_{tp}^O + R_{21} \cdot r - G_1 \cdot x_{s1} + \Phi_1^X \cdot y_{s1} - \Phi_1^Y \cdot x_{s1} = 0.$$

Так как точка С центра бегунка совершает криволинейное движение, для расчёта движения бегунка в сборе выбираем подвижную систему координат Эйлера, начало которой совмещаем с точкой К (рис. 1).

Сумма проекций на нормальную ось n:

$$\begin{aligned} \sum F_n &= N - G \cdot \cos \alpha + \Phi^Y \cdot \cos \alpha \mp \\ &\mp F_{tp}^{12} \cdot \cos \delta - R_{12} \cdot \sin \delta - \Phi^X \cdot \sin \alpha = 0, \quad (4) \end{aligned}$$

Сумма проекций на касательную ось τ:

$$\begin{aligned} \sum F_\tau &= F_{tp} + G \cdot \sin \alpha - \Phi^Y \cdot \sin \alpha - \\ &- \Phi^X \cdot \cos \alpha + R_{12} \cdot \cos \delta \mp F_{tp}^{12} \cdot \sin \delta = 0. \quad (5) \end{aligned}$$

Сумма моментов действующих сил, относительно точки C:

$$\sum M_C = M_{ih} + M_{tp}^C - M_{tp}^K - F_{tp} \cdot r_b = 0. \quad (6)$$

При этом сила трения сцепления F_{tp} определяется по формуле 7, а касательная сила F_τ по формуле 5.

$$\begin{aligned} F_{tp} &= -G \cdot \sin \alpha + \Phi^Y \cdot \sin \alpha \pm \\ &\pm F_{tp}^{12} \cdot \sin \delta - R_{12} \cdot \cos \delta + \Phi^X \cdot \cos \alpha. \quad (7) \end{aligned}$$

График, позволяющий проанализировать условия качения инерционного бегунка по эллиптической беговой дорожке, для исследуемого экспериментального образца при центральном расположении водила (фокусное расстояние $c_1 = 0,038$) представлен на рис. 2 в полярных координатах, что улучшает наглядность анализа зон проскальзывания. Качение бегунка происходит в случае превышения сил сцепления бегунка с беговой дорожкой F_{tp} над силами сопротивления качению бегунка F_τ (т.е. в местах преобладания сплошной линии над штриховой), а заканчивается в критических значениях угловых координат (угла φ) при $F_\tau = F_{tp}$, в противном случае, наряду с качением, наблюдается явление проскальзывания (пробуксовки и юза) бегунка относительно беговой

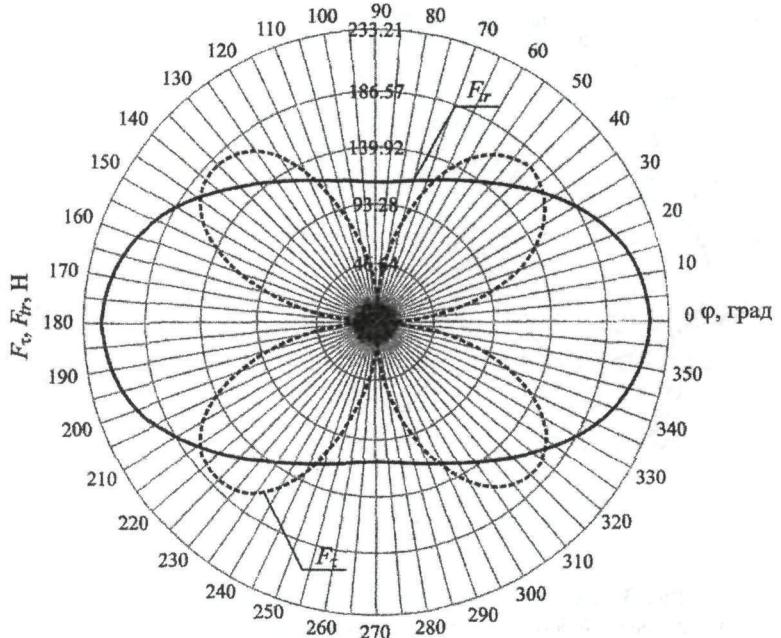


Рис. 2. Зависимость изменения суммы касательных сил F_t и силы сцепления F_{tp} бегунка с поверхностью эллиптической беговой дорожки от угла ϕ поворота водила, при центральном расположении его оси

дорожки (в местах, где прерывистая линия выше сплошной) [2, 3]. Оба эти явления наблюдаются при превышении сил сопротивления качению бегунка F_t над силами сцепления бегунка с беговой дорожкой, при этом нормальная реакция к беговой дорожке N , которая входит в состав F_t и F_{tp} , принимает различные значения в зависимости от угла δ , что позволяет однозначно определить, какое из перечисленных явлений имеет место в тот или иной момент времени.

Анализ кривых графика на рис. 2 показывает, что при установке оси водила в центре эллиптической беговой дорожки, при соотношении величин полуосей эллипса $\lambda = a/b = 0,86$, пробуксовка будет наблюдаться при $115^\circ \leq \phi \leq 147,5^\circ$ и $295^\circ \leq \phi \leq 325^\circ$, а юз при $35^\circ \leq \phi \leq 65^\circ$ и $212,5^\circ \leq \phi \leq 245^\circ$ (в местах, где прерывистая линия выше сплошной). Протяженность дуги чистого качения инерционного бегунка соответствует 235° .

Продолжительность угловых участков проскальзывания в 125° , при постоянной угловой скорости вращения водила ω , объясняется значительным эксцентриситетом $e = 0,5$ эллиптической беговой дорожки огибая которую бегунок то разгоняется с пробуксовкой (при увеличении текущего радиуса движения точки С), то двигается юзом (при уменьшении текущего радиуса вращения точки С).

Для полного анализа участков проскальзывания инерционного бегунка по поверхности беговой

дорожки, аналогично рис. 2 построим графики изменения угловых участков проскальзывания для значений фокусного расстояния беговой дорожки $c_2 = 0,045$ (рис. 3, а) и $c_3 = 0,06$ (рис. 3, б).

Воспользовавшись методикой совместного анализа двух- и трёхмерных графиков функций, при помощи программного продукта MathCAD построим трёхмерный график (рис. 4) изменения силы сцепления F_{tp} бегунка с поверхностью эллиптической беговой дорожки и суммы всех касательных сил F_t , действующих в точке контакта инерционного бегунка с беговой дорожкой в функции угла поворота водила ϕ и фокусного расстояния « c ».

График дает возможность визуально проследить четкую тенденцию к увеличению зон проскальзывания с увеличением фокусного расстояния.

Резюмируя изложенное выше, можно сделать следующие выводы:

1. Угловые координаты проскальзывания инерционного бегунка могут быть определены из условия равенства сил сцепления бегунка с беговой дорожкой и касательных сил, действующих в точке контакта бегунка с беговой дорожкой;

2. Увеличение фокусного расстояния отрицательно сказывается на работоспособности вибровозбудителя с точки зрения протяженности дуги чистого качения. Увеличение фокусного расстояния в 1,6 раза сокращает протяженность

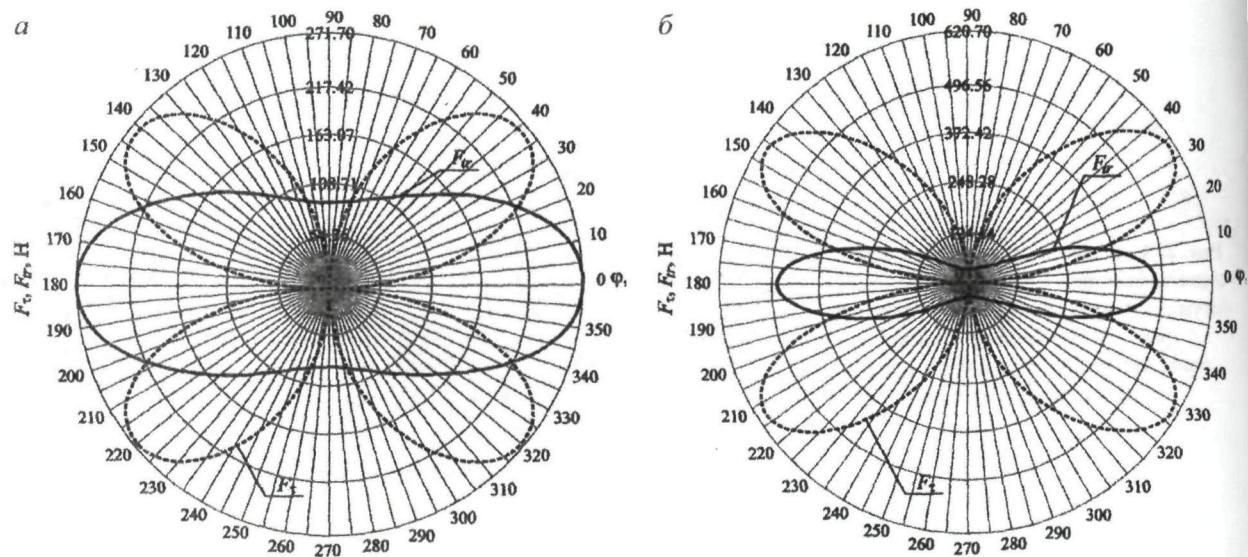


Рис. 3. Графики изменения угловых координат проскальзывания инерционного бегунка по поверхности эллиптической беговой дорожки в зависимости от величины фокусного расстояния «с»: а – $c_2=0,045$; б – $c_3=0,06$

дуги чистого качения в 3,9 раза, при этом дуга, соответствующая юзу, увеличивается в 2 раза, а дуга, соответствующая пробуксовке, увеличивается в 2,4 раза, что говорит о том, что пробуксовка бегунка является более опасным критическим режимом его движения по сравнению с юзом;

3. Разработанный метод определения и анализа критических углов проскальзывания инерционного бегунка по поверхности эллиптической беговой дорожки позволяет давать рекомендации и рациональным образом осуществлять выбор конструктивных параметров эллиптического планетарного вибровозбудителя ещё на стадии

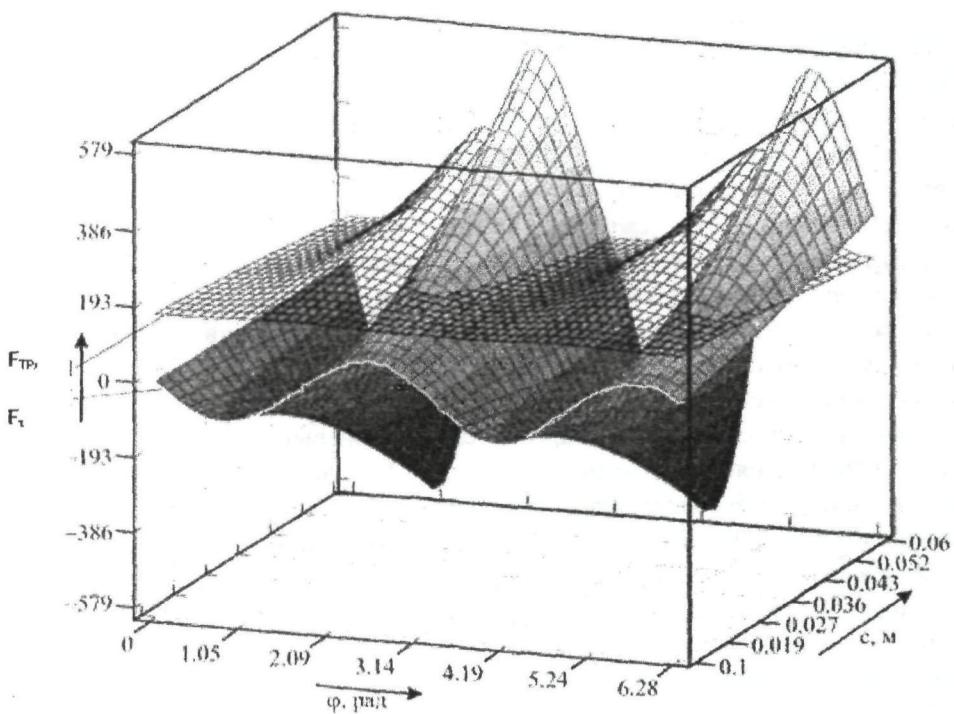


Рис. 4. Зависимость изменения сил сцепления бегунка с поверхностью эллиптической беговой дорожки с изменением параметров вибровозбудителя

проектирования, что может обеспечить существенное снижение энергоёмкости работы, повышение эффективности и надежности вибровозбудителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермилов А.Б. Анализ рабочего процесса асимметричного планетарного вибровозбудителя, оборудованного подковым водилом // Повышение эффективности рабочих органов и агрегатов дорожно-строительных машин: Сб. науч. тр. / МАДИ. М., 1984. С. 76-85.

2. Кустарев Г.В., Дудкин М.В., Кузнецов П.С. Определение угловых координат проскальзывания инерционного бегунка эллиптического планетарного вибровозбудителя дорожных машин // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (ГТУ). М.: МАДИ, 2008. №1(12). С. 15-19.

3. Кузнецов П.С., Дудкин М.В. Динамический анализ планетарного вибровозбудителя с эллиптической беговой

дорожкой для катков // Машины и процессы в строительстве. Сб. науч. тр. №5 /СибАДИ/. Омск, 2004. С. 83-87.

Резюме

MathCAD ортасында алғынған үшөлшемді графиктер көмегімен инерциялы жүгірткінің эллипсті жүгіру бетімен тайғанау бұрышын анықтау және талдау өдістері келтірілген.

Summary

Method of determining and analysis crippling angles of slippage on the surface of elliptic racetrack with the help of three-dimensional chart, built in the media of MathCad software product.

*Восточно-Казахстанский
государственный технический университет
им. Д. Серикбаева, (ВКГТУ),
г. Усть-Каменогорск*

Поступила 2.04.08г.