ПЛАНЕТАРНЫЙ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЬ С ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ДОРОЖКОЙ

Б.О. Бостанов, Е.С. Темирбеков, М.В. Дудкин

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева , Астана

Восточно-Казахстанский государственный технический университет

Даны соотношения и диаграммы сил элементов модели асимметричного планетарного вибровозбудителя, необходимые для исследования его динамики. Силы инерции вызывают реакции сил в неподвижных стойке и вальце асимметричного планетарного вибровозбудителя за счет быстро вращающегося водила с бегунком по эллиптической дорожке и характеризуют генерируемые вибровозбудителем силовые воздействия.

THE PLANETARY GENERATOR OF VIBRATIONS WITH THE ELLIPTIC PATH

B.O. Bostanov, E.S. Temirbekov, M.V. Dudkin

Parities (ratio) and stress diagrams of elements of model of the asymmetric planetary generator of the vibrations, *necessary for research of his (its) dynamics (changes) are given.*
Forces of inertia cause reactions of forces in the motionless rack and a shaft of the asymmetric planetary generator of vibrations *for the account quickly rotating drove with a roller on an elliptic path and characterize power (force) influences generated by him (it).*

В существующем парке уплотняющих машин наиболее перспективными и универсальными являются вибрационные катки. Характерной особенностью этих машин является наличие вибровозбудителей, обеспечивающих их вертикальные колебания. Широкое применение для возбуждения механических колебаний получили центробежные вибровозбудители, которые создают инерционные силы и моменты за счет вращения неуравновешенных элементов, в том числе вибровозбудители планетарного типа. Использование их в дорожном строительстве является одним из эффективных методов повышения производительности уплотняющих машин. Вместе с тем, планетарные вибровозбдутели еще не нашли широкого применения. Уточнения и дополнения, которые необходимо внести в методы расчета, можно установить только на основе комплексного исследования эффективности планетарных вибровозбудителей и взаимодействия вибрационного катка с асимметричным планетарным вибровозбудителем с уплотняемым дорожно-строительным материалом. В ранее проведенных исследованиях [1,2] асимметричного планетарного вибровозбудителя вибрационных катков были исследованы силовые инерционные параметры для вальца в виде окружности. В этой работе предлагается рассмотреть валец в виде эллиптической дорожки.

Рассмотрим планетарный вибровозбудитель с поводковым водилом, бегунок которого совершает движение по эллиптической дорожке (рис.1.). Водило AC вращаясь вокруг неподвижной оси A с постоянной угловой скоростью ω приводит в движение бегунок радиуса r, центр которого описывает эллипс с полуосями a и b. Точка закрепления оси A совпадает с центром эллипса.

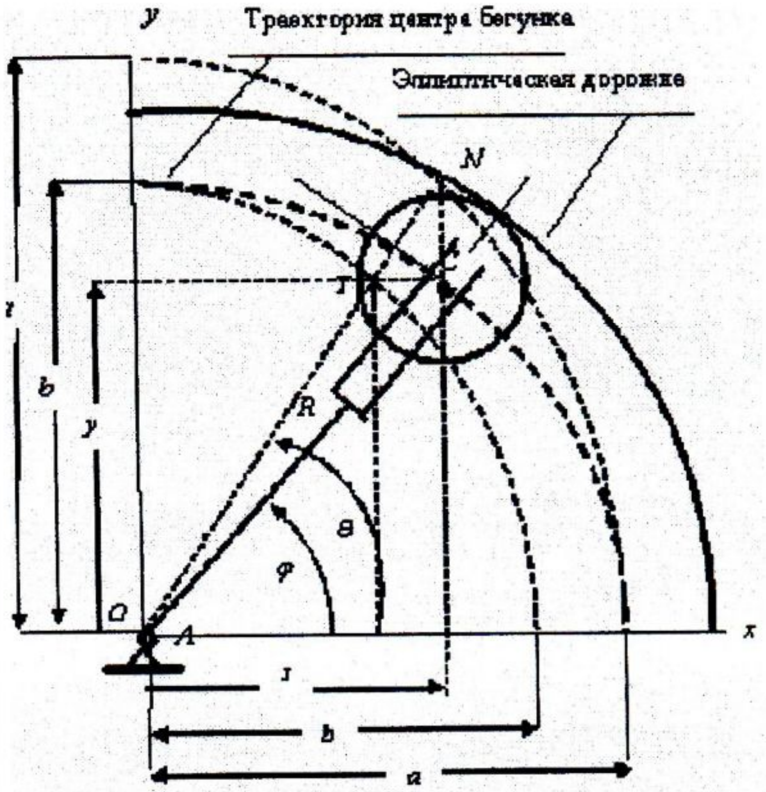

Рис.1

Определим силы инерции, приложенные в центре ролика бегунка, используя кинематические соотношения, полученные в [1]:

$$R=\left(b+\frac{b}{4}e^2\right)+\frac{b}{4}e^2\cos 2\varphi \qquad \begin{cases}\dot{R}=-\dfrac{b\omega e^2}{2}\sin 2\varphi\\ \ddot{R}=-b\omega^2 e^2\cos 2\varphi\end{cases} \quad \text{аналоги} \quad \begin{cases}R'_\varphi=-\dfrac{be^2}{2}\sin 2\varphi\\ R''_\varphi=-be^2\cos 2\varphi\end{cases} \qquad (1)$$

Относительная сила инерции направлена вдоль радиуса-вектора R от центра O и определяется выражением $F^{ur}=-m_p w^r \;\; =m_p\ddot{R}=m_p\omega^2 R''_\varphi$. Переносная сила инерциитакже направлена от центра O вдоль направления водила R и вычисляется по формуле $F^{ue}=-m_p w^e \;\; =-m_p\omega^2 R$. Кориолисова сила инерции направлена перпендикулярно к R в сторону вращения водила и равна $F^{ek}=-m_p w^k=2m_p\omega\dot{R}=2m_p\omega^2 R'_\varphi$.

На рис. 2 представлена диаграмма сил инерции. Как видно из диаграммы переносная сила инерции всегда направлена наружу для всего диапазона движения водила ($0\le\varphi\le 2\pi$).

Применяя принцип освобождаемости от связей будем рассматривать равновесия водила и бегунка в отдельности.

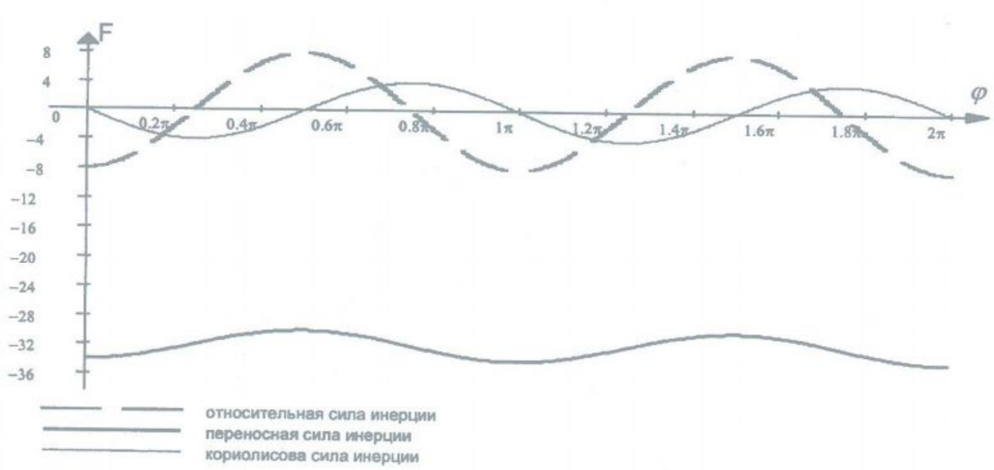

Рис.2. Диаграмма сил инерции

1. Рассмотрим равновесие бегунка. На бегунок действуют: - силы инерции $\overline{F}^{ur}, \overline{F}^{ue}, \overline{F}^{uk}$; момент силы инерции бегунка $M^{u} = \dfrac{m_1 r^2}{2}\varepsilon_1$; реакция отброшенной части – водила - $\overline{N}_C$ в точке C, $\overline{N}_C \perp R$, - реакция со стороны эллиптического вальца $\overline{N}_P$, $\overline{N}_P \perp \tau$. Силой тяжести бегунка и трением о поверхность вальца пренебрегаем (рис. 3). Угол наклона μ нормальной реакции $\overline{N}_P$ к радиусу-вектору R определяется из соотношения $tg\mu = \dfrac{R'}{R}$.

2. Рассмотрим водило в отдельности. На водило действуют: - сила инерции водила $\overline{F}_b^{\,u}$; уравновешивающий момент M_{yp}; составляющие реакции опоры O водила $\overline{N}_{Ox}, \overline{N}_{Oy}$; реакция отброшенной части – бегунка - $\overline{N}_C$ в точке C. Силой тяжести водила и трением пренебрегаем (рис. 4). Для определения неизвестных величин $\overline{N}_{Ox}, \overline{N}_{Oy}, \overline{N}_C$,

$\overline{N}_P$ составим уравнения кинетостатики в виде уравнении равновесия произвольной плоской системы сил.
плоской системы сил.

Для бегунка (рис. 3):

$$\sum F_{in} = 0 \qquad \left(F^{ur} + F^{ue}\right)\cos\mu + \left(F^{uk} + N_C\right)\sin\mu - N_P = 0.$$

$$\sum F_{i\tau} = 0 \qquad N_C \cos\mu + F^{uk}\cos\mu - \left(F^{ur} + F^{ue}\right)\sin\mu = 0.$$

Отсюда

$$N_C = \left(F^{ur} + F^{ue}\right) * tg\mu - F^{uk} = m_P\left(\ddot{R} - \omega^2 R\right) * tg\mu - 2m_P\omega\dot{R}.$$

$$N_P = \left(F^{ur} + F^{ue}\right)\left(\cos\mu + tg\mu\sin\mu\right) = m_P\left(\ddot{R} - \omega^2 R\right)\left(\cos\mu + tg\mu\sin\mu\right).$$

или

$$N_{C\varphi} = \left(R''_{\varphi} - R\right) * tg\mu - 2R'_{\varphi};\; N_{P\varphi} = \left(R''_{\varphi} - R\right)\left(\cos\mu + tg\mu\sin\mu\right).$$

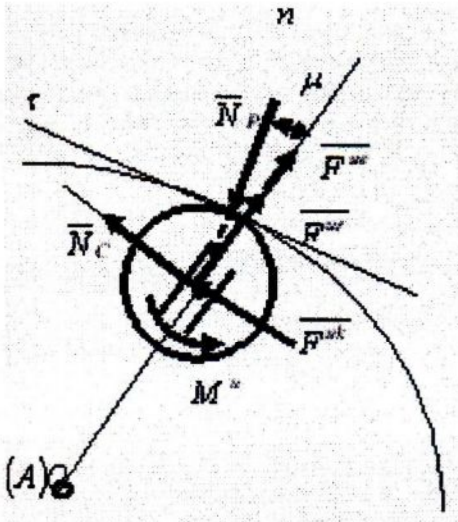

Рис.3. Бегунок

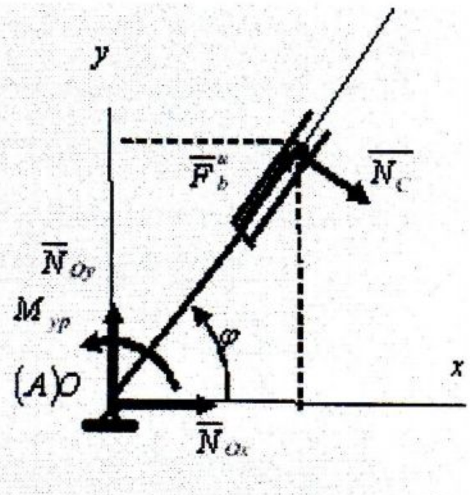

Рис.4. Водило

где $N_{C\varphi} = \dfrac{1}{m_p\omega^2} N_C$, $N_{P\varphi} = \dfrac{1}{m_p\omega^2} N_P$, а значения R, R'_φ, R''_φ определяются по (1).

Тогда $$N_{C\varphi} = \left(R''_\varphi - R\right) tg\mu - 2R'_\varphi \ N_C = \left(R - R''_\varphi\right)\frac{e^2}{2}\sin 2\varphi - 2R'_\varphi;$$

$$N_{P\varphi} = \left(R''_\varphi - R\right)\left(\cos\mu + tg\mu \sin\mu\right) = \frac{1}{2}\left(R''_\varphi - R\right).$$

Для водила (рис. 4) при отбрасывании шарнира A появляются реакции $\overline{N}_{Ox}$ и $\overline{N}_{Oy}$. При отбрасывании бегунка с вальцом появляется реакция $\overline{N}_C$, которая уже найдена. Кроме того, неизвестным является уравновешивающий момент $M_{ур}$, прилагаемый к водилу.

$$\sum F_{ix} = 0 \qquad N_{Ox} + F_b^и \cos\varphi + N_C \sin\varphi = 0.$$

$$\sum F_{iy} = 0 \qquad N_{Oy} + F_b^и \sin\varphi - N_C \cos\varphi = 0$$

$$\sum M_{iA}^и = 0 \qquad M_{ур} - N_C\ R = 0.$$

Отсюда $M_{ур} = N_C R$; $N_{Ox} = -F_b^и \cos\varphi - N_C \sin\varphi$; $N_{Oy} = -F_b^и \sin\varphi + N_C \cos\varphi$.

Далее, если отбросить водило вместе с бегунком, то согласно аксиоме действия и противодействия имеем: $N_{bx} = -N_{Px}$, $N_{by} = -N_{Py}$, где N_{bx}, N_{by}-проекции реакции на координатные оси x и y отброшенных движущихся частей (водило вместе с бегунком) на неподвижный валец; $N_{Ox} = -N_{Ax}$, $N_{Oy} = -N_{Ay}$, где N_{Ax}, N_{Ay}-проекции реакции на координатные оси x и y отброшенных движущихся частей (водило вместе с бегунком) на неподвижную стойку A;

Суммарные проекции этих сил выражают силовые составляющие в неподвижных стойке и вальце за счет вращающегося водила вместе с бегунком и характеризуют генерируемые вибровозбудителем колебательные воздействия:

$$N_x = N_{bx} + N_{Ax}\ ,\ N_y = N_{by} + N_{Ay}.$$

Библиографический список

1. Темирбеков Е.С., Дудкин М.В., Бостанов Б.О. Асимметричный планетарный вибровозбудитель вибрационных катков. Кинематика. - Вестник ЕНУ им.Л.Н.Гумилев.-2005, №2(42). С.112-120.
2. Темирбеков Е.С., Дудкин М.В., Бостанов Б.О. Кинетостатика асимметричного планетарного вибровозбудителя вибрационных катков. - Вестник ЕНУ им.Л.Н.Гумилев.-2005, №2(42). С.106-113.