

М.В. ДУДКИН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛЫ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПЛАНЕТАРНОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ДОРОЖНЫХ МАШИН

Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности.

Основными средствами уплотнения асфальтобетонных смесей являются вибрационные и комбинированные катки, дополняемые пневмоколесными и гладковальцовыми статическими катками

Рабочим органом виброкатка является металлический валец полый сварной конструкции, внутри которого вмонтирован вибровозбудитель, являющийся источником возмущающей силы, передаваемой на валец и возбуждающей вынуждающую силу, которая и вводит систему «каток – уплотняемый материал» в колебательное движение.

Одним из эффективных методов повышения производительности уплотняющих машин является использование в дорожном строительстве асимметричных вибровозбудителей планетарного типа, у которых переменная угловая скорость инерционного бегунка относительно центра кривизны беговой дорожки обеспечивается эксцентриситетом оси вращения водила относительно этого центра кривизны или некруглой формой беговой дорожки. Бегунок, при этом, совершает сложное плоскопараллельное движение /1/.

Вибровозбудитель с точки зрения процесса уплотнения дорожно-строительных материалов является центральным элементом системы,

воздействующим на все остальные подсистемы. Это относится и к случаю, когда он установлен в вальце дорожного катка. Главными параметрами вибровозбудителя являются суммарная вынуждающая сила, частота и амплитуда колебаний, а также энергонасыщенность рабочего процесса, т.е. потребляемая мощность привода. Так как в научной литературе практически отсутствуют исследования эллиптических планетарных вибровозбудителей, рассмотрим рабочий процесс планетарного вибровозбудителя с эллиптической беговой дорожкой и произведем его краткий динамический анализ для трёх случаев установки оси водила: в центре симметрии, в левом и в правом фокусе эллиптической беговой дорожки. Для наглядности расчет сделаем практическим для одного из экспериментальных образцов со следующими параметрами: масса бегунка $m_b=0,06597$; коэффициент трения скольжения $f=0,2$; коэффициент трения качения $k=0,00002$; радиус цапфы $r_c=0,0015$; радиус бегунка $r_b=0,015$; масса водила-кулисы $m_k=0,3788$. Значения даны в системе СИ.

Для расчетной схемы были приняты следующие допущения:

- корпус и звенья кинематической цепи вибровозбудителя жесткие;
- зазоры в подвижных звеньях отсутствуют;
- звенья, входящие в состав вибровозбудителя, изготовлены и собраны идеально точно;
- все углы отсчитываются в направлении против хода часовой стрелки;
- инерционный бегунок (ролик) однородный диск;
- центр тяжести водила-кулисы находится на середине её длины L .

Расчетная схема для динамического анализа эллиптического планетарного вибровозбудителя представлена на рисунке 1.

Система сил, изображенная на рисунке 1, относится к виду — плоская произвольная, и позволяет составить три уравнения равновесия /2/, решая которые мы находим три неизвестных силовых фактора: X_O, Y_O и R_{21} .

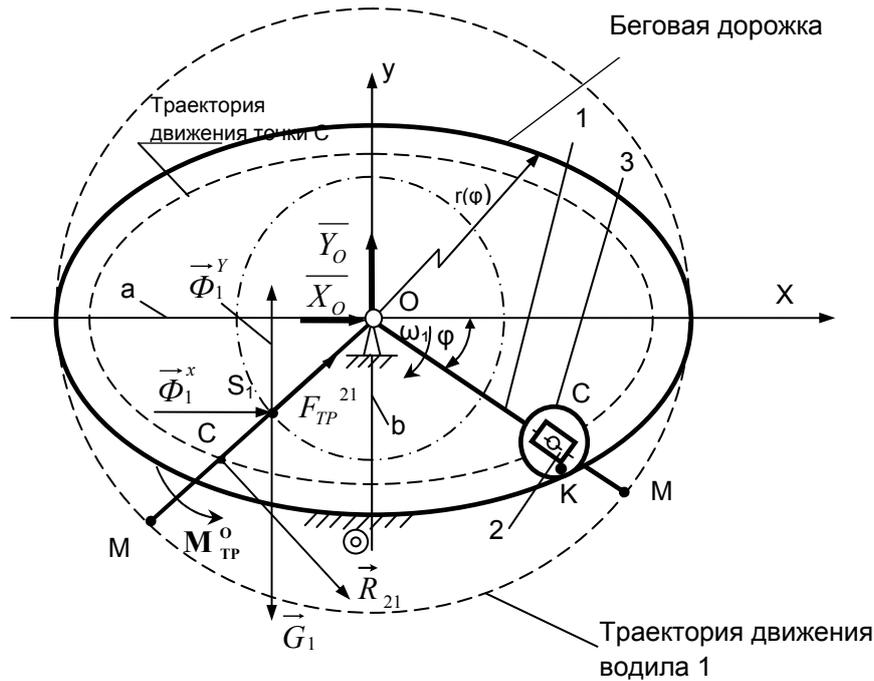


Рисунок 1 - Расчетная схема АПВ с эллиптической беговой дорожкой при центральном расположении водила

Сумма проекций на ось X, где центробежная сила инерции бегунка представлена в виде проекций Φ^X и Φ^Y :

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

Сумма проекций на ось Y:

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

Сумма моментов сил, относительно точки O:

$$\sum M_O = -M_{TP}^O + R_{21} \cdot r - G_1 \cdot x_{S1} + \Phi_1^X \cdot y_{S1} - \Phi_1^Y \cdot x_{S1} = 0. \quad (3)$$

Решая уравнения 1 и 2 относительно неизвестных, находим /2/:

$$X_O = F_{TP}^{21} \cdot \cos \varphi - \Phi_1^X - R_{21} \cdot \cos \varphi. \quad (4)$$

$$Y_O = -F_{TP}^{21} \cdot \sin \varphi - \Phi_1^Y + R_{21} \cdot \sin \varphi. \quad (5)$$

$$R_{21} = \frac{M_{TP}^O + G_1 \cdot x_{S1} - \Phi_1^X \cdot y_{S1} + \Phi_1^Y \cdot x_{S1}}{r}. \quad (6)$$

F_τ — касательная составляющая вынуждающей силы:

$$F_\tau = -G \cdot \cos \varphi - \Phi^Y \cdot \cos \varphi - \Phi^X \cdot \sin \varphi + R_{12}. \quad (7)$$

N – нормальная реакция со стороны беговой дорожки:

$$N = G \cdot \sin \varphi + \Phi^y \cdot \sin \varphi - \Phi^x \cdot \cos \varphi . \quad (8)$$

Проекция вынуждающей силы на координатные оси:

$$\begin{cases} N_x = -N \cdot \cos \varphi + F_\tau \cdot \sin \varphi \\ N_y = N \cdot \sin \varphi - F_\tau \cdot \cos \varphi \end{cases} \quad (9)$$

где

N_x – проекция вынуждающей силы на ось X ;

N_y – проекция вынуждающей силы на ось Y .

Для того, чтобы проследить тенденцию изменения динамических параметров рассмотрим влияние геометрических параметров на основные динамические характеристики на примере экспериментального образца АПВ с эллиптической беговой дорожкой для случая центрального расположения оси водила, задавшись тремя значениями эксцентриситетов эллиптической беговой дорожки: $e_1=0,507$; $e_2=0,6$ и $e_3=0,8$.

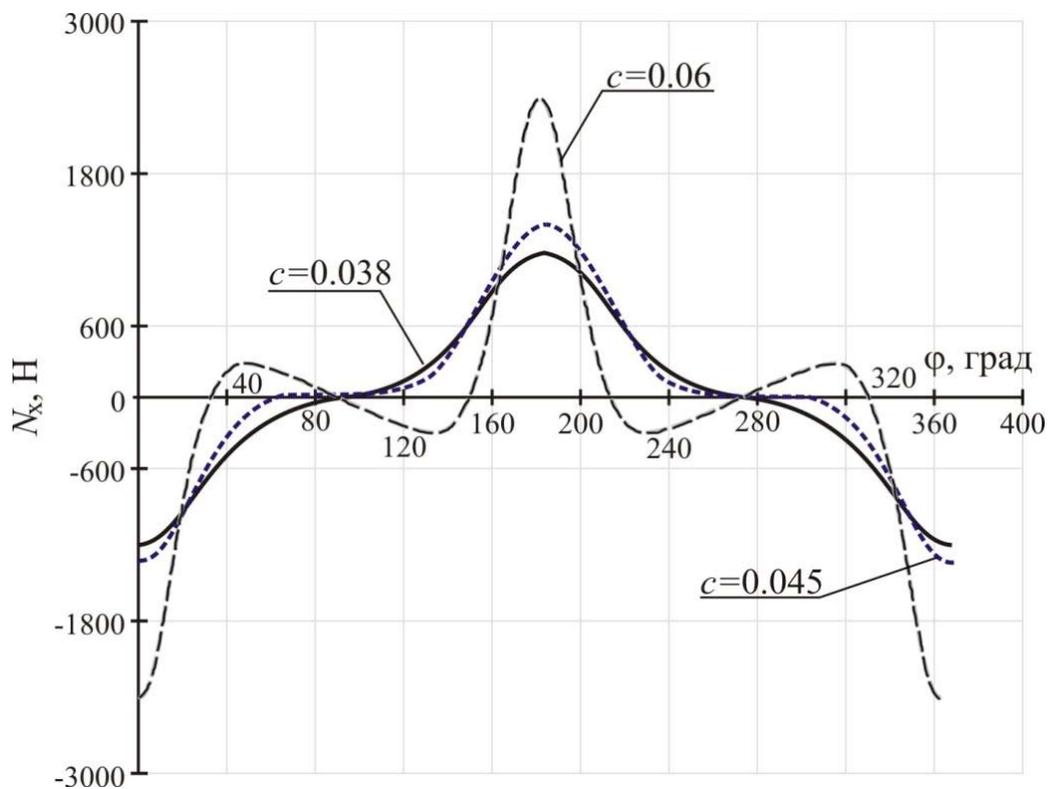


Рисунок 2 — График зависимости проекции вынуждающей силы вибровозбудителя на ось абсцисс для трёх различных эксцентриситетов эллиптической беговой дорожки: $c_1=0,038$; $c_2=0,045$ и $c_3=0,06$

Рассчитав для трёх указанных эксцентриситетов фокусные расстояния по формуле $c = a \cdot e$, где: e – эксцентриситет эллиптической беговой дорожки, получаем: $c_1=0,038$; $c_2=0,045$ и $c_3=0,06$.

По приведенным выше формулам (1 – 9) построим сравнительные графики зависимости проекций вынуждающей силы для трёх значений фокусных расстояний (рисунки 2 и 3).

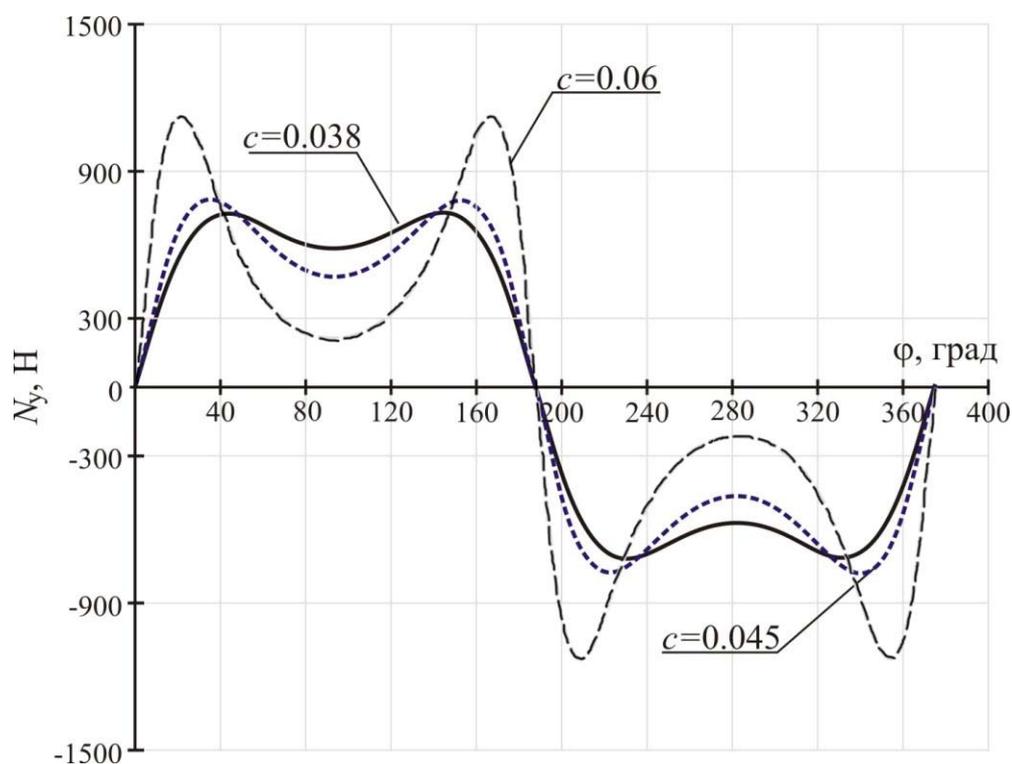


Рисунок 3 — График зависимости проекции вынуждающей силы вибровозбудителя на ось ординат для трёх различных эксцентриситетов эллиптической беговой дорожки: $c_1=0,038$; $c_2=0,045$ и $c_3=0,06$

Для более полного анализа параметров вибровозбудителя, используем программный продукт MathCAD, позволяющий совмещение нескольких линейных графиков в одном, т.е. построение трёхмерных графиков. Графики могут вращаться в пространстве, могут быть построены в изменяющемся цвете или с наложением масштабной сетки. Примером таких построений могут служить объёмные зависимости, приведённые на рисунках 4 и 5, аналогами которых являются графики рисунков 2 и 3.

При анализе графиков, изображенных на рисунке 4, можно заметить тенденцию к снижению периода колебаний проекции вынуждающей силы на ось абсцисс, при увеличении фокусного расстояния свыше 0,045, что было вне поля зрения при анализе плоского графика (рисунок 2) и указывает на неоспоримое преимущество трёхмерных графиков при анализе динамических характеристик вибровозбудителя.

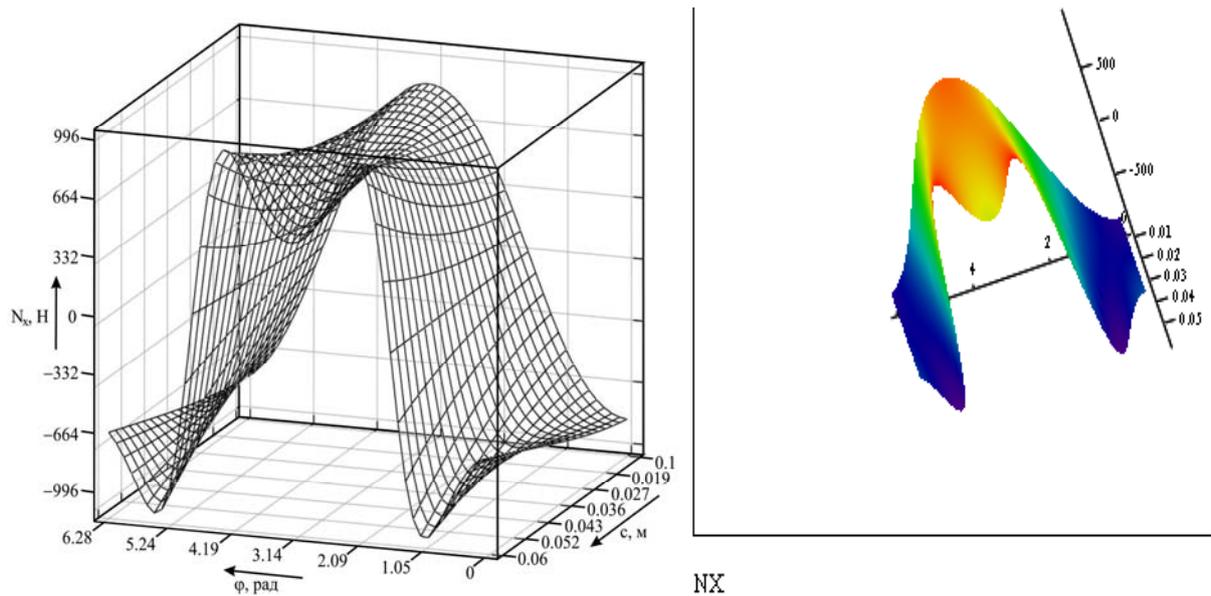


Рисунок 4 — Графики проекции вынуждающей силы вибровозбудителя на ось абсцисс в функции угла поворота водила φ и фокусного расстояния «с»

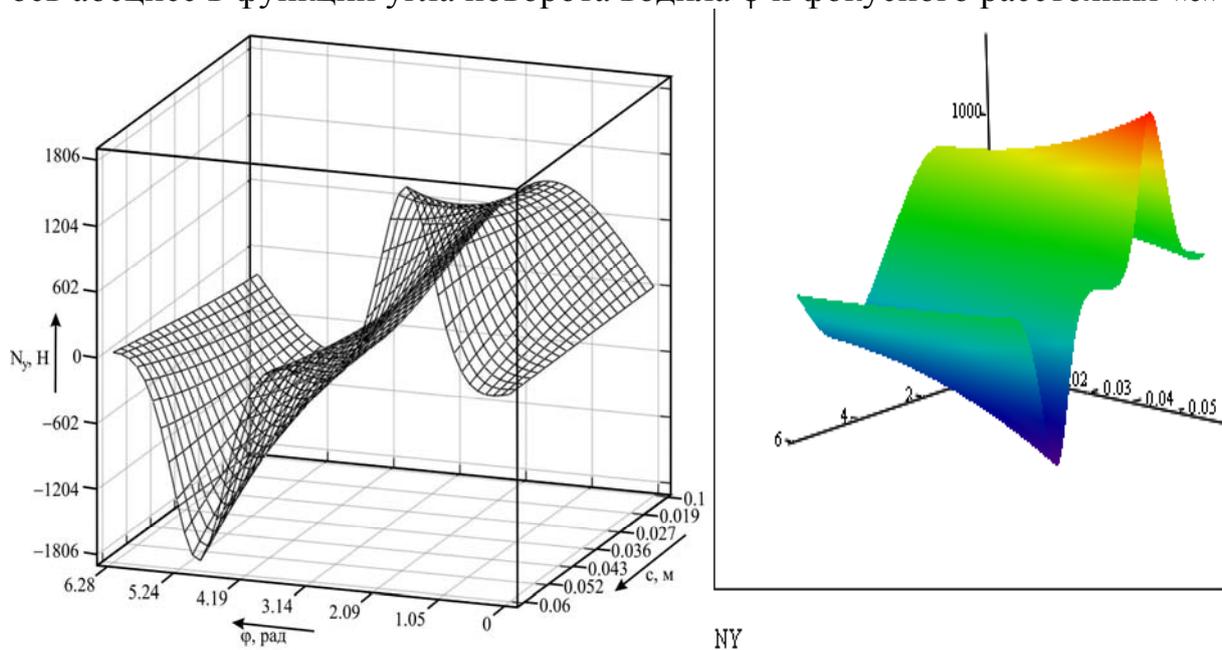


Рисунок 5 — Графики проекции вынуждающей силы вибровозбудителя на ось ординат в функции угла поворота водила φ и фокусного расстояния с

Резюмируя изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Применение планетарного вибровозбудителя с эллиптической беговой дорожкой дает существенный выигрыш в генерируемой вынуждающей силе, по сравнению с аналогичным вибровозбудителем, оборудованным круглой беговой дорожкой при тех же габаритных размерах и исходных параметрах.

2. Выбор варианта установки оси водила АПВ в один из фокусов эллиптической беговой дорожки влечёт за собой увеличение генерируемой вынуждающей силы по сравнению с центральным вариантом расположения оси водила: на ось абсцисс в 2,2 раза, а на ось ординат в 2,4 раза, что указывает на эффективность использования ЭПВ.

3. Увеличение фокусного расстояния в 1,6 раза ведёт к прямопропорциональному увеличению проекции вынуждающей силы на ось ординат, а на ось абсцисс к увеличению в 2,1 раза.

4. Применение программного продукта MathCAD при анализе рабочего процесса АПВ позволяет путём построения трёхмерных графиков совместить несколько линейных графиков в одном объёмном, что визуально улучшает доступность результатов теоретического анализа влияния основных параметров вибровозбудителя на его динамические характеристики и выявить основные тенденции их изменения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темирбеков Е.С., Бостанов Б.О., Дудкин М.В. Определение силовых характеристик вибровозбудителя с эллиптической дорожкой. Вестник ЕНУ. - Астана, 2006. - Вып. № 6 (52).- С.112-117.

2. Дудкин М.В., Кузнецов П.С. Динамический анализ эллиптического планетарного вибровозбудителя для дорожных вибрационных катков. Журнал «Вестник ВКГТУ» № 1 / ВКГТУ, Усть-Каменогорск, 2005. – 7 с.