

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ, СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС ПЛАНЕТАРНОГО ВИБРОВЗБУДИТЕЛЯ

Герасимов М.Д., Герасимов Д.М.

*ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,  
Белгород, e-mail: mail\_mihail@mail.ru*

В статье рассмотрен расчет кинематических характеристик планетарного одношального вибратора направленных колебаний. Возбудителем механических колебаний в таком вибраторе является сателлит со смещенным центром масс. Характер колебаний зависит от соотношения размеров планетарной передачи. В статье приводятся расчетные формулы перемещения, скорости и ускорения центра масс сателлита при различных соотношениях размеров планетарной передачи.

**Ключевые слова:** вибратор направленных колебаний, планетарный вибровозбудитель, расчет кинематических параметров, закон движения, центр масс, скорость, ускорение

## DEFINITION OF THE LAW OF MOVEMENT, SPEED AND ACCELERATION OF THE CENTER OF MASS O F THE PLANETARY VIBROACTIVATOR

Gerasimov M.D., Gerasimov D.M.

*Belgorod state technological university after V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: mail\_mihail@mail.ru*

In article calculation of kinematic characteristics of the planetary single-shaft vibrator of the directed fluctuations is considered. The activator of mechanical fluctuations in such vibrator is the satellite with the displaced center of masses. Nature of fluctuations depends on a ratio of the amount of planetary transfer. Settlement formulas of movement, speed and acceleration of the center of mass of the satellite are given in article at various ratios of the amount of planetary transfer.

**Keywords:** the vibrator of the directed fluctuations, the planetary vibroactivator, calculation of kinematic parameters, the movement law, the center of masses, speed, acceleration

Планетарные вибраторы для технологических процессов получили широкое распространение в конструкциях глубоких вибраторов [1]. Метод возбуждения механических колебаний с помощью планетарных вибраторов получил дополнительные области применения при использовании технического решения [2], позволяющего получить направленные колебания.

Целью работы является определение законов изменения перемещения, скорости и ускорения центра масс колебательной системы планетарного вибратора направленных колебаний с заданным соотношением передаточного отношения приводных зубчатых колес.

Возбуждение механических колебаний в планетарном одношальном вибраторе [2] создаются сателлитом (вибровозбудителем), который обкатывается по неподвижному венцу своей планетарной шестерней, причем центр масс колебательной системы располагается на делительной окружности планетарной шестерни. В такой конструкции вибратора траектория движения центра

масс зависит от соотношения диаметров планетарной и венцовой шестерен, а значит, от этого соотношения зависит и характер колебаний.

Для определения характера колебаний, скоростей, ускорений подвижных элементов механизма и возбуждающей силы необходимо знать закон движения центра масс вибровозбудителя, расположенного на делительной окружности планетарной шестерни. Составим расчетную схему (рис. 1).

При работе вибровозбудителя планетарная шестерня (1) сателлита обкатывается по венцовой шестерне (2) корпуса вибратора [3]. В исходном положении центры венцовой шестерни ( $O_1$ ), планетарной шестерни ( $O_2$ ), и водило (3)  $O_1, O_2$  располагаются вдоль оси  $Y$ , причем начальная точка (S), принадлежащая венцовой шестерне, совпадает с точкой касания планетарной шестерней ( $A$ ) и положением центра масс сателлита ( $A'$ ) (рис. 1а). При повороте водила (3) на произвольный угол  $\alpha$ , планетарная шестерня поворачивается без скольжения на угол  $\beta$ , а точки  $A$  и  $A'$  занимают новое положение (рис. 1б).

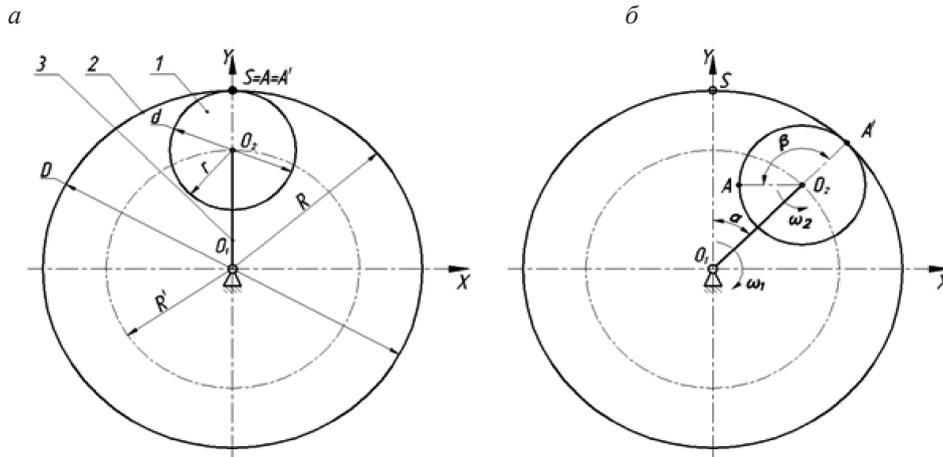


Рис. 1. Схема к определению характера колебаний планетарного вибратора: а – начальное положение механизма; б – произвольное положение

Движение центра масс вибровозбудителя (т. А) является сложным и складывается из относительного вращения шестерни вокруг своей оси (т.  $O_2$ ) и переносного вращения оси планетарной шестерни вокруг оси вибратора (т.  $O_1$ ) [4]. Поэтому закон движения центра масс может быть записан в виде:

$$\begin{cases} X_A = X_{отн} + X_{пер} \\ Y_A = Y_{отн} + Y_{пер} \end{cases} \quad (1)$$

Учитывая, что

$$\begin{cases} X_{пер} = R' \sin \alpha(t) \\ Y_{пер} = R' \cos \alpha(t) \end{cases}$$

и 
$$\begin{cases} X_{отн} = -r \sin [\beta(t) - \alpha(t)] \\ Y_{отн} = r \cos [\beta(t) - \alpha(t)] \end{cases}$$

получим:

$$\begin{cases} X_A = R' \sin \alpha(t) - r \sin [\beta(t) - \alpha(t)] \\ Y_A = R' \cos \alpha(t) + r \cos [\beta(t) - \alpha(t)] \end{cases} \quad (2)$$

Отметим, что  $D = (R' + r)2$  и  $d = 2r$ .

Введем понятия:

коэффициент отношения радиусов

$$\begin{cases} X_A = r(n-1) \sin [\alpha(t)] - r \sin [(n-1)\alpha(t)] \\ Y_A = r(n-1) \cos [\alpha(t)] + r \cos [(n-1)\alpha(t)] \end{cases} \quad (7)$$

Дифференцируя зависимости (7), получим закон изменения скорости центра масс вибровозбудителя:

$$\begin{cases} V_x = r(n-1) \cos [\alpha(t)] \omega - r \cos [(n-1)\alpha(t)] ((n-1)\omega) \\ V_y = -r(n-1) \sin [\alpha(t)] \omega - r \sin [(n-1)\alpha(t)] ((n-1)\omega) \end{cases} \quad (8)$$

$$n = \frac{R}{r} \quad (3)$$

и коэффициент отношения диаметров

$$k = \frac{D}{d} \quad (4)$$

Т.к. планетарная шестерня вращается без проскальзывания, то длина дуги SA' равна длине дуги AA' (рис. 1), т.е.

$$\frac{\pi D \alpha(t)}{360} = \frac{\pi d \beta(t)}{360}$$

Преобразуя это выражение, получим:

$$\beta(t) = \frac{D}{d} \alpha(t) = k \alpha(t) = n \alpha(t) \quad (5)$$

Из уравнения (3), учитывая что,  $R = R' + r$  получим:

$$R' = r(n-1) \quad (6)$$

Преобразуя зависимости (2) с учетом уравнений (5) и (6) получим:

$$\begin{cases} X_A = r(n-1) \sin \alpha(t) - r \sin [n\alpha(t) - \alpha(t)] \\ Y_A = r(n-1) \cos \alpha(t) + r \cos [n\alpha(t) - \alpha(t)] \end{cases}$$

или уравнения движения центра масс вибровозбудителя имеют вид:

Дифференцируя зависимости (8), получим закон изменения ускорения центра масс вибровозбудителя:

$$\begin{cases} a_x = -r(n-1)\sin[\alpha(t)]\omega^2 + r\sin[(n-1)\alpha(t)]((n-1)\omega)^2 \\ a_y = -r(n-1)\cos[\alpha(t)]\omega^2 - r\cos[(n-1)\alpha(t)]((n-1)\omega)^2 \end{cases} \quad (9)$$

Обрабатывая для различных значений коэффициента отношения радиусов зависимости (7), (8) и (9), (например, с помощью электронной таблицы Excel), получаем

траектории движения центра масс (рис. 2), а также графики зависимости\* от угла поворота  $\alpha(t)$  скорости (рис. 3) и ускорения (рис. 4) центра масс вибровозбудителя.

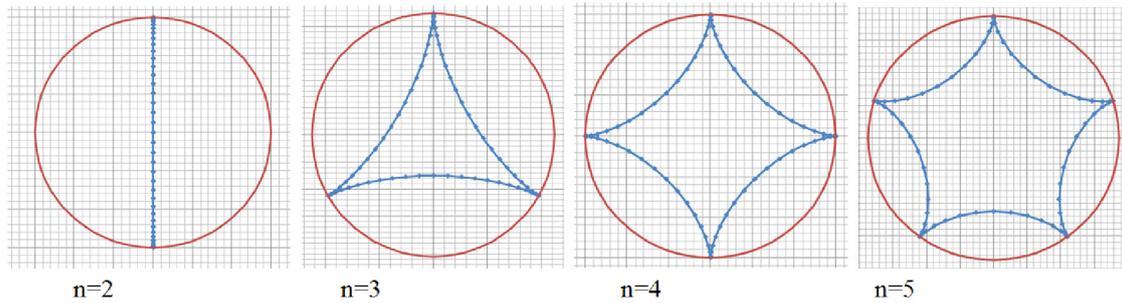


Рис. 2. Траектория движения центра масс вибровозбудителя при различных значениях коэффициента отношения радиусов

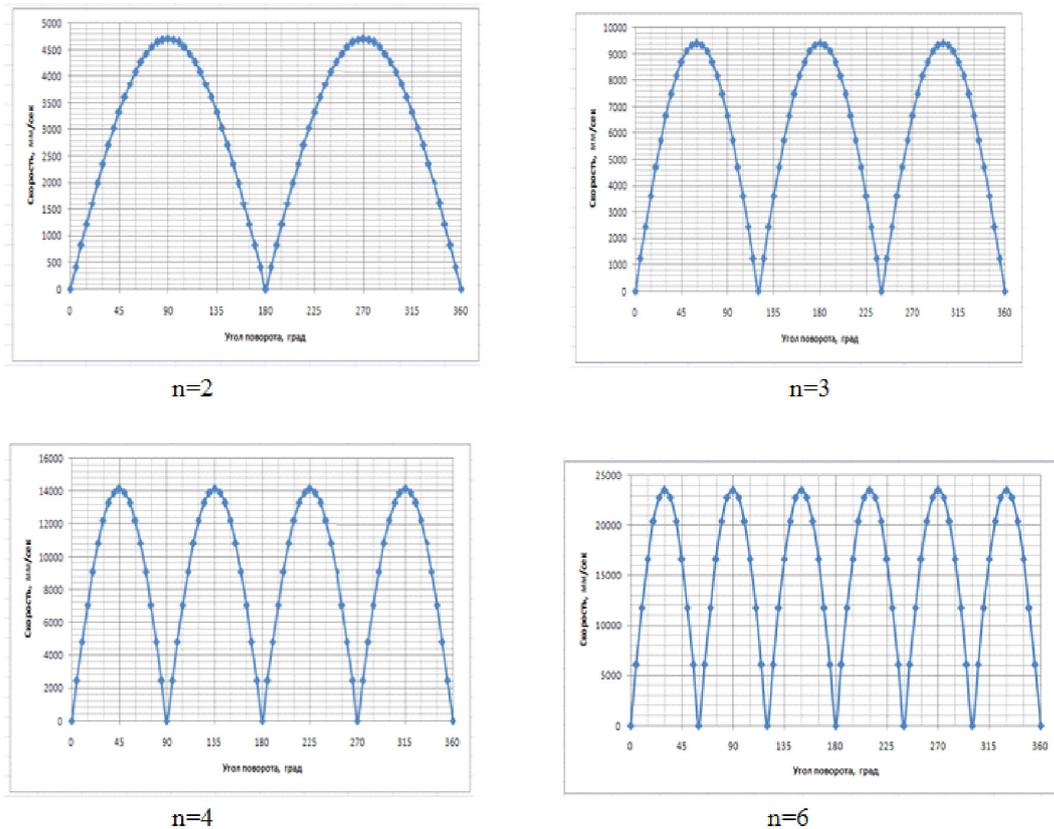


Рис. 3. Зависимость скорости движения центра масс вибровозбудителя от угла поворота  $\alpha(t)$  при различных значениях коэффициента отношения радиусов  
\*при построении графиков были приняты значения:  $r = 15$  мм,  $\omega = 157,08$  рад/с

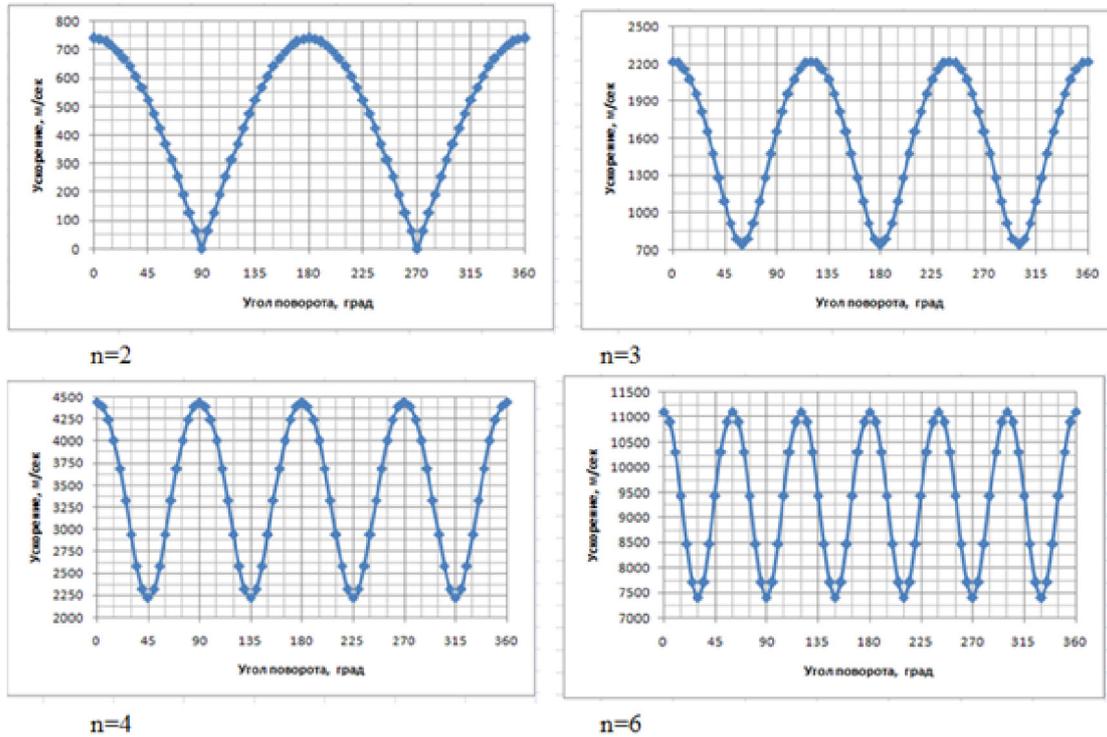


Рис. 4. Зависимость ускорения центра масс вибровозбудителя от угла поворота  $\alpha(t)$  при различных значениях коэффициента отношения радиусов

Из рисунков видно, что траектории представляют собой эпициклоиды [1], причем количество вершин соответствует коэффициенту отношения радиусов. Кроме того количество и положение экстремумов графиков скоростей и ускорений соответствует количеству и положению точек касания центром масс окружности венцовой при обкатывании планетарной шестерни вибровозбудителя.

Т.о. зная ускорения центра масс вибровозбудителя легко можно определить возбуждающую силу вибратора:

$$F = ma, \quad (10)$$

где  $m$  – масса вибровозбудителя (сателлита), кг;  $a$  – ускорение цен-

тра масс вибровозбудителя (сателлита), м/с<sup>2</sup>.

Работа выполнена в рамках НИР № 7.3783.2011.

#### Список литературы

1. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: Справочник / Под. ред. В.А. Баумана и др. – М.: Машиностроение, 1970. – 548 с.
2. Герасимов М.Д., Исаев И.К. Способ направленных колебаний и устройство для его осуществления. Патент RU 2381078 С2, В06В 1/00, 24.12.2007.
3. Герасимов Д.М. Определение закона и траектории движения центра масс планетарного вибратора. Политранспортные системы Сибири: Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции (Новосибирск, 21-23 апр. 2009 г.): В 2-х ч. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. Ч.1. – С. 192-194.
4. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2004.