

technological parameters of the screw device, which is a condition for the vertical movement of a material point.

УДК 631.374

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ НА ПЛОСКОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СПИРАЛИ

Исаев Ю.М.,

доктор технических наук, профессор

Семашкин Н.М.,

кандидат технических наук, доцент

Злобин В.А.,

кандидат технических наук, доцент

Прусаков В.П.

студент колледжа

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, emotion.snm@mail.ru

Ключевые слова: движение частицы по плоскости, винтовая поверхность, схем приложенных сил.

Аннотация. Изучения вопроса к приурочены теоретическому описанию перемещения частицы по горизонтально расположенной плоскости спиральным винтом. В статье рассматривается перемещение частицы в аксиальном и перпендикулярном направлении относительно образующей поверхности спирали. Также приводятся дифференциальные уравнения, описывающие движения частицы материала по образующей винтовой поверхности рабочего органа.

Рассмотрим плоскость по которой перемещается спирально-винтовое устройство будет неподвижна, а спиральный винт вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω . В начальный момент времени частица материала, находящаяся на поверхности плоскости, через некоторый отрезок вре-

мени за счет силы трения, возникающей между частицей и винтовой поверхностью спирального винта, перемещается по ней, как в осевом, так и перпендикулярном к нему направлениях, совершая криволинейный характер движения (рисунок 1). Пусть, условно, ось спирального винта составит угол γ с вертикалью и δ с горизонталью. Частица материала при вращении винта по часовой стрелке переместится винтовой поверхностью и в произвольном промежуточном положении относительно вертикальной, на угол ε .

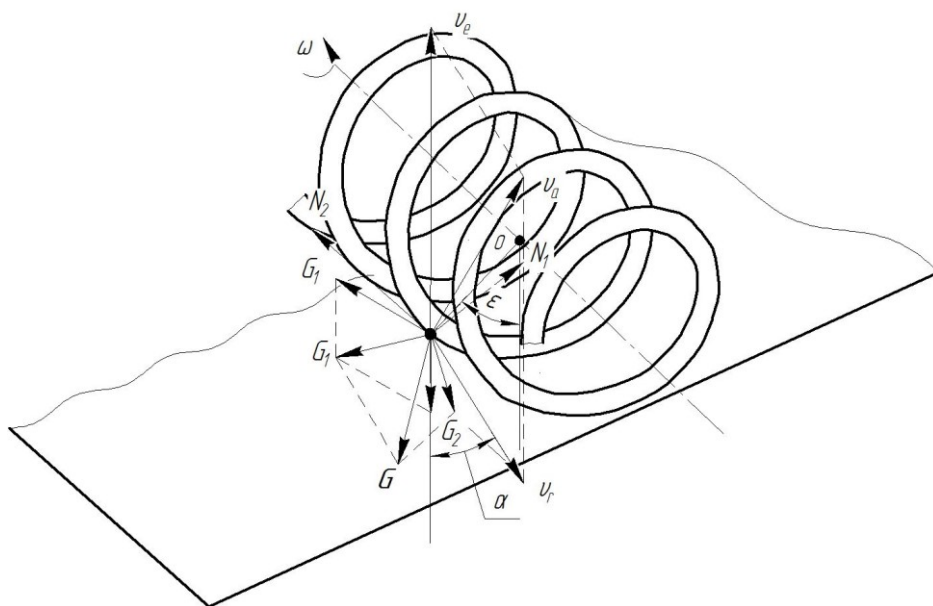


Рисунок 1 – Схема перемещения частицы на плоской поверхности

Вес частицы \bar{G} можно разложить на два вектора: $\bar{G} = \bar{G}_1 + \bar{G}_2$, а вектор \bar{G}_1 представить в виде двух составляющих: \bar{G}_τ по касательной к кожуху, \bar{G}_n по нормали к нему. При этом получаем:

$$\begin{cases} G_1 = G \cdot \sin \gamma, & G_2 = G \cdot \cos \gamma \\ G_\tau = G_1 \cdot \sin \varepsilon = G \cdot \sin \gamma \cdot \sin \varepsilon, & G_n = G_1 \cdot \cos \varepsilon = G \cdot \sin \gamma \cdot \cos \varepsilon \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, если начать изучение движения частицы из положения под углом ε по отношению к низшей точке плоскости – поскольку многие транспортирующие устройства предполагают поступление материала в любом месте на поверхности плоскости, то аксиальная, трансверсальная и радиальная составляющие силы веса выражаются согласно (1).

Для рассматриваемого случая, когда частица материала, опирающаяся на

винтовую поверхность спирального винта находящаяся так же в соприкосновении с плоскостью в общем случае описывается следующим уравнением:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\left(f_2 p (\omega_0 - \omega) (k \cos \delta \cos \varepsilon + \omega^2) + k \sin \delta \sqrt{p^2 (\omega_0 - \omega)^2 + \omega^2} \right)}{(pB + A) \sqrt{p^2 (\omega_0 - \omega)^2 + \omega^2} + f_2 p \omega \sin \theta} \times$$

$$\left(B - \frac{f_2 \cdot \omega \cdot \sin \theta}{\sqrt{p^2 (\omega_0 - \omega)^2 + \omega^2}} \right) -$$

$$\frac{\left(f_2 \omega (k \cos \delta \cos \varepsilon + \omega^2) + k \cos \delta \sin \varepsilon \sqrt{p^2 (\omega_0 - \omega)^2 + \omega^2} \right)}{(pB + A) \sqrt{p^2 (\omega_0 - \omega)^2 + \omega^2} + f_2 p \omega \sin \theta} \times$$

$$\left(A - \frac{f_2 p (\omega_0 - \omega) \sin \theta}{\sqrt{p^2 (\omega_0 - \omega)^2 + \omega^2}} \right), \quad (2)$$

где $\omega = \frac{d\varepsilon}{dt}$ – угловая скорость абсолютного движения, с^{-1} ; $k = \frac{g}{r - r_1}$; $p = \text{tg} \alpha$;

$A = \cos \alpha \cos \theta - f_1 \sin \alpha$; $B = \sin \alpha \cos \theta - f_1 \cos \alpha$.

С целью получения реальных данных о характере движения частицы было выполнено численное интегрирование большого количества уравнений для перемещения частицы по плоскости с различными параметрами.

В качестве начального условия было принято равенство нулю абсолютной угловой скорости частицы ($\omega = 0$) при ее низшем положении ($\varepsilon = 0$) на кожухе. На рисунках 2...5 приведены результаты расчетов по перемещению частицы по плоскости спиральным винтом со следующими характеристиками:

$f_1 = 0,5$ – коэффициент трения частицы о проволоку спирали;

$f_2 = 0,5$ – коэффициент трения частицы о плоскость;

$\omega = 50 \text{ с}^{-1}$ – круговая частота вращения спирали;

$\delta = 15^\circ$ – угол наклона;

$d = 0,008 \text{ м}$ – диаметр проволоки спирали;

$r_1 = 0,0045 \text{ м}$ – средний радиус частицы;

$r_2 = 0,045 \text{ м}$ – радиус спирали;

$s = 0,1 \text{ м}$ – шаг винтовой линии спирали.

В результате изучения многочисленных данных удалось установить некоторые характерные особенности движения частицы по плоскости. При углах наклона к горизонту меньше 25, и скоростях вращения, определяемых значениями критерия $\lambda = \frac{\omega_0^2 \cdot r}{g} = 5 \div 50$ преобладают затухание колебания частицы (рисунок 2) около образующей спирали, определяемой углом ε_n , с параметрами ε_1 при $\omega_0 = 100c^{-1}$; ε_2 при $\omega_0 = 50c^{-1}$; ε_3 при $\omega_0 = 30c^{-1}$.

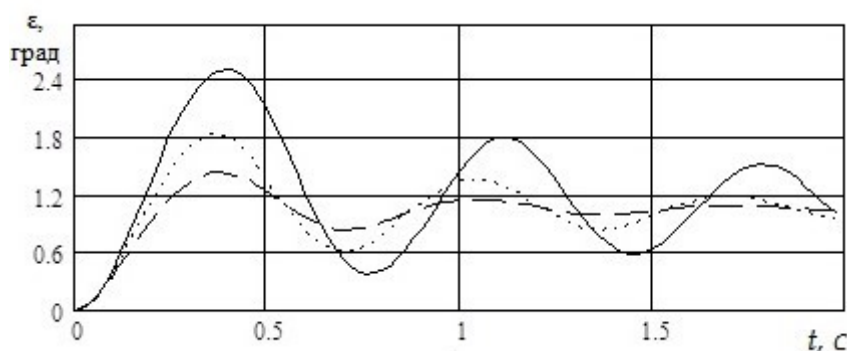


Рисунок 2 – Зависимость углового перемещения ε от времени t

Соответственно зависимости осевой скорости v_1 от времени t , при $\delta = 10^\circ$, v_1 при $\omega_0 = 100c^{-1}$; v_2 при $\omega_0 = 50c^{-1}$; v_3 при $\omega_0 = 30c^{-1}$; представлены на рисунке 3.

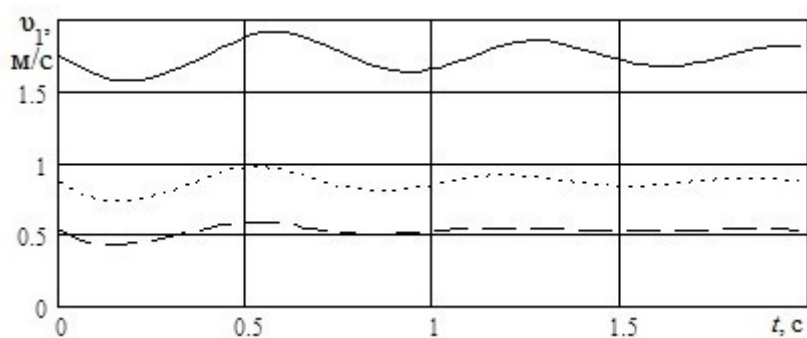


Рисунок 3 – Зависимость осевой скорости v_1 от времени t при $\delta = 10^\circ$.

Из рисунка 3 видно, что колебания частицы с течением времени довольно быстро уменьшаются. Это значит, что установившееся движение частицы прак-

тически можно рассматривать как движение вдоль одной образующей и вычислять осевую скорость по формуле:

$$v_1 = \omega_0 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

Зависимость углового перемещения ε и осевой скорости v_1 от времени t при различных углах θ , которое зависит от размера перемещаемых частиц, показана на рисунке 4 с параметрами: $\omega_0 = 50 \text{ c}^{-1}$; $\delta = 10^\circ$; $\varepsilon 1$ – при радиусе частиц $r_1 = 3,7 \text{ мм}$; $\varepsilon 2$ – при $r_1 = 4,0 \text{ мм}$; $\varepsilon 3$ – при $r_1 = 5,0 \text{ мм}$. И рисунке 5 $\omega_0 = 50 \text{ c}^{-1}$; $\delta = 10^\circ$; $v 1$ – при радиусе частиц $r_1 = 3,5 \text{ мм}$; $v 2$ – при $r_1 = 4,0 \text{ мм}$; $v 3$ – при $r_1 = 5,0 \text{ мм}$.

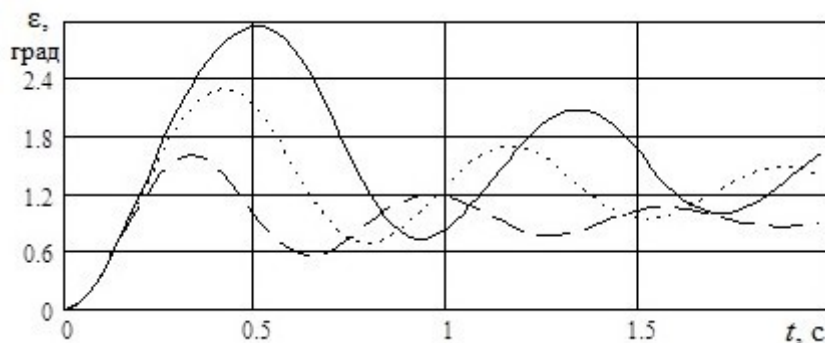


Рисунок 4 – Зависимость углового перемещения ε от времени t

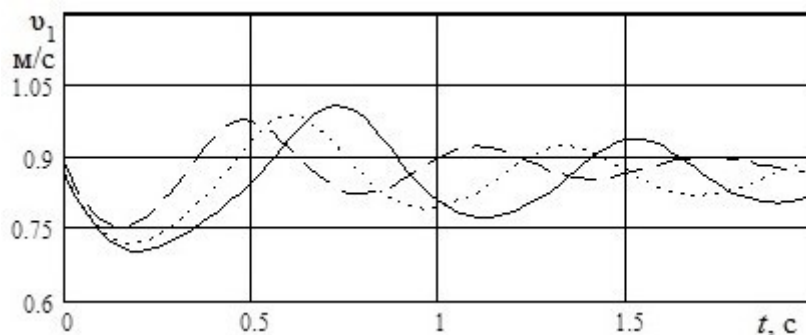


Рисунок 5 – Зависимость осевой скорости v_1 от времени t

Экспериментально установлено, что при частичном заполнении межвиткового пространства, колебаниям частицы соответствует режим движения сыпучего материала, при котором масса материала концентрируется и движется сложным круговоротом около некоторой оси, расположенной внутри самого

материала. Положение этой оси на образующей спирали, вероятно, приблизительно совпадает с ϵ_n .

Проведенный анализ показывает, что с увеличением скорости вращения спирали при $\delta = \text{const}$ колебания частицы усиливаются, а характер их искажается, так как при $\epsilon > \frac{\pi}{2}$ частица отрывается от поверхности спирали.

Библиографический список

1. Губейдуллин Х.Х., Семашкин Н.М., Шигапов И.И. Теория перемещения частицы винтовым элементом по плоскости / Аграрная наука. – 2015. – № 1, с. 29-32.
2. Исаев Ю.М., Губейдуллин Х.Х., Семашкин Н.М., Шигапов И.И. Начальные скорости движения частицы материала при перемещении спиральным винтом / Аграрная наука. – 2014. – № 10, с. 28 - 30.
3. Васильев В.Ф. Водометные движители / МАДИ (ГТУ). – М. – 2006. – 45 с.
4. Губейдуллин Х.Х., Семашкин Н.М., Шигапов И.И. Нахождение рабочей площади винтовой поверхности / Аграрная наука. – 2015. – № 2, с. 30-32.
5. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А. Теоретическое описание перемещения частицы винтовой поверхностью по плоскости / В сб.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. - Материалы VI Международной научно-практической конференции. Ульяновск, УГСХА, 2015, с. 44-47.
6. Исаев Ю.М. Скатывание зерна со спирально-винтовой поверхности транспортера / Ю.М. Исаев, О.П. Гришин, А.А. Настин, Н.М. Семашкин, А.В. Шуреков // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 7, с. 47..
7. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Гришин О.П., Гришина Е.В. Вращение сосуда с жидкостью под углом наклона / Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 7. – с. 26.

Particle motion on a plane under the action of a rotating spiral

Isaev Yu. M., Semashkin N. M., Zlobin V. A.

Prusakov V. P.

FSBEA HE «Ulyanovsk state agricultural university of P. A. Stolypin »

Keywords: particle motion on a plane, helical surface, schemes of applied forces.

Abstract. Studies of the issue are confined to a theoretical description of the movement of a particle along a horizontal plane with a spiral screw. The article discusses the movement of a particle in the axial and perpendicular directions relative to the forming surface of the helix. Differential equations describing the movement of a material particle along the generatrix of the screw surface of the working member are also given.

УДК 631:362.7

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА ПРИ СУШКЕ ЗЕРНА

Карпенко Г. В.,

кандидат технических наук, доцент

Курдюмов В. И.,

доктор технических наук, профессор

Павлушин А. А.,

доктор технических наук, профессор

Карпенко М. А.,

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, тел. 89093566208, karpenko.galina@yandex.ru

Ключевые слова: тепло- и массоперенос, контактная сушка, теплопроводность, влагосодержание, интенсивность сушки.

Аннотация. В данной статье приведены закономерности внутреннего