

Технические науки

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ МАТЕРИАЛА ПО ОБРАЗУЮЩЕЙ СПИРАЛЬНОГО ВИНТАИсаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А.,
Вечкуткин А.В.ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия
им. П.А. Столыпина» Ульяновск,
e-mail: isurmi@yandex.ru

При перемещении частицы по горизонтальной поверхности или по кривой линии, связи кинематических параметров установлены только в самой общей математической форме и в силу этого не нашли применения для инженерных расчетов перемещения частиц с рабочим органом в виде винтовой поверхности. Рассмотрим случай когда имеется транспортер с рабочим органом в виде винтовой поверхности и с образующими, перпендикулярными к оси рабочего органа. При этом будем считать, что образующая рабочего органа неподвижна, а винтовая поверхность вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω .

Приложенными к частице силами будут: $G=mg$ – сила тяжести, N ; N_2 – нормальная реакция поверхности кольца, N ; N_1 – нормальная реакция элемента винтовой поверхности, N ; f_2N_2 – сила трения частицы о поверхность кольца, N ; f_1N_1 – сила трения частицы о элемент винтовой поверхности, N .

Направление сил за исключением силы трения частицы о поверхность кольца являются заданными. Причем вследствие того, что образующие винтовой поверхности перпендикулярны к его оси, реакция N_1 и сила трения f_1N_1 во всех точках движения будут лежать в плоскостях, показанных на рисунке 2.

Для определения направления силы трения f_2N_2 необходимо знать положение касательной к траектории движения частицы по поверхности кольца рабочего органа, поскольку она направлена по этой касательной в сторону, обратную направлению скорости ее движения. Следовательно, направление данной силы трения будет меняться с изменением направления скорости движения частицы [1, 2]. Отнесем движущуюся частицу материала к осям координат x, z , приняв левую систему отсчета. Тогда дифференциальные уравнения движения частицы в проекциях на оси координат можно написать так (при условии, что $N_2 > 0$). Приняв теперь во внимание, что

$r = r_0 = \text{const}$, $\dot{r} = \dot{r}' = 0$, и подставив в уравнение значения и получим:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = N_1 \sin \alpha + f_1 N_1 \cos \alpha - f_2 G \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{z}^2 + \dot{x}^2}}; \\ m\ddot{z} = N_1 \cos \alpha - f_1 N_1 \sin \alpha - f_2 G \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{z}^2 + \dot{x}^2}}; \end{cases} \quad (1)$$

где m – масса частицы, кг; $\ddot{x}$ – вторая производная от перемещения по оси x , м/с²; f_1 – коэффициент трения частицы о элемент винтовой поверхности; $\alpha = \text{const}$ – угол наклона винтовой линии рабочего органа к плоскости поперечного сечения винтовой поверхности, град; f_2 – коэффициент трения частицы о поверхность кольца; $\dot{x}$ – первая производная от перемещения по оси x , м/с; $\dot{z}$ – первая производная от перемещения по оси z , м/с; $\ddot{z}$ – вторая производная от перемещения по оси z , м/с².

Список литературы

1. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Гришин О.П., Гришина Е.В. Режимные параметры перемещения частицы материала в вертикальном погрузчике / Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 9. С. 46.
2. Воронина М.В., Исаев Ю.М., Семашкин Н.М. Параметры спирально-винтового транспортера для сыпучих материалов / Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12-2. – С. 262-263.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЧАСТИЦЫ ПО ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЖУХА ТРАНСПОРТЕРАИсаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А.,
Суркина А. В.ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия
им. П.А. Столыпина» Ульяновск,
e-mail: isurmi@yandex.ru

В сельскохозяйственном производстве большое значение имеет сокращение потерь и повышение качества сыпучих материалов при его обработке, хранении и перемещении. Большая доля сельскохозяйственных работ включает в себя процессы мойки зерна, его обеззараживания и ворошения. В общем случае устройства для перемещения и обработки сыпучих материалов содержат спирально-винтовой рабочий орган.

Движение частицы материала, опирающейся на винтовую поверхность витка спирали и прижатой к стенке корпуса, для общего случая расположения оси спирально-винтового устройства описывается дифференциальными уравнениями:

$$\begin{cases} N_1 \cos \alpha \cos \theta - f_1 N_1 \sin \alpha - m a \frac{d^2 \varphi}{dt^2} - G \cos \gamma - f_2 N_2 \sin \beta = 0; \\ G \cos \gamma \sin \varepsilon + f_2 N_2 \cos \beta - f_1 N_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \cos \theta - m r \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = 0; \\ G \sin \gamma \cos \varepsilon + m r \omega_0^2 + m r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 - N_2 + N_1 \sin \theta - 2 m r \omega_0 \frac{d\varphi}{dt} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где α – угол подъема винтовой линии: $\alpha = \arctg s/(2\pi r)$, рад; s – шаг винта, м; r – наружный радиус, м; $m = G/g$ – масса частицы, кг; G – вес частицы, Н; γ – угол наклона оси спирали к вертикали, град; N_2 – нормальная реакция кожуха, Н; β – угол между векторами переносной и абсолютной скоростей, рад; (угловой параметр); $a = r \operatorname{tg} \alpha$ – параметр транспортера, м; $\sin \beta = (a/v) d\varphi/dt$; $\cos \beta = (r/v)(\omega_0 - d\varphi/dt)$ – тригонометрические функции параметра; φ – угол, на который отклоняется частица при вращении спирали с постоянной угловой скоростью ω_0 , с⁻¹; $\varphi = f(t)$; t – время, с; $d\varphi/dt = \omega'$ – угловая скорость относительного движения частицы, с⁻¹; ε – угол, определяющий положение точки относительно вертикальной плоскости, рад; $\varepsilon = y + (-\varphi)$, где $y = \omega_0 t$ – угол поворота спирали за t ; $F_n = mr d^2\varphi/dt^2$ – касательная сила инерции, Н; $F_{\pi} = mr \omega_0^2$, $F_{\pi} = -$ центробежная сила инерции в переносном движении, Н; $F_o = mr(d\varphi/dt)^2$ – центробежная сила инерции в относительном движении, Н; $F_c = 2m\omega_0 r d\varphi/dt$ – сила Кориолиса, Н; $F_a = m a d^2\varphi/dt^2$ – аксиальная сила инерции, Н.

Дифференциальные уравнения (1) описывают движения частицы материала по внутренней поверхности корпуса спирально-винтового устройства.

Список литературы

1. Исаев Ю.М., Воронина М.В., Семашкин Н.М., Злобин В.А. Влияние активного слоя на перемещение зерна в спирально-винтовом транспортере // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 8. С. 65-66.
2. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Назарова Н.Н., Злобин В.А. Скорость движения сыпучего материала с точки зрения коаксиальных цилиндров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 3. – С. 141-142.

АСПЕКТ ТЕОРИИ РАБОТЫ СПИРАЛЬНО-ВИНТОВОГО УСТРОЙСТВА

Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А.,
Прусаков В.П.

ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия
им. П.А. Столыпина» Ульяновск,
e-mail: surmi@yandex.ru

В настоящее время в условиях появления небольших фермерских хозяйств требуется мало-затратная техника, рассчитанная на небольшую производительность. Большая доля сельскохозяйственных работ включают в себя процессы транспортирования зерна.

Одним из направлений реализации таких технологий является создание средств механизации перемещения сельхозпродукции на основе вращающихся спирально-винтовых рабочих органов.

Спирально-винтовые транспортеры значительно проще шнековых, скребковых и ков-

шовых. Работа спирально-винтовых устройств отличается несколькими особенностями, например, условиями равенства пропускной способности входного отверстия загрузочного окна.

Однако точное теоретическое решение данной задачи связано с большими трудностями ввиду сложного движения перемещаемой сыпучей массы и напряженного ее состояния в пространстве и производительности горизонтального спирально-винтового транспортера.

При исследованиях заборной способности вращающегося спирального винта выяснилось, что размеры загрузочного окна существенно влияют на производительность $Q_{\text{тр}}$ транспортера. На основании опытов иногда рекомендуется принимать длину загрузочного окна b в пределах (1,5-2,5) s , где s – шаг спирального винта, м. Можно теоретически определить оптимальную величину окна b в зависимости от числа оборотов n , диаметра кожуха D и шага спирального винта s .

При частоте вращения спирального винта больше критической, частица не может пройти через отверстие длиной b . Основным условием попадания частиц в кожух является частота вращения винта:

$$n \leq \frac{60(b-r)}{s} \sqrt{\frac{g}{d+2r-D}}.$$

При этом параметры транспортера должны удовлетворять полученному соотношению, что подтверждается экспериментальными данными. Частота вращения такого рабочего органа зависит как от наружного диаметра спирали, так и от внутреннего диаметра границы перемещаемого материала.

Применение устройств с рабочим органом в виде спирального винта с переменным шагом для перемещения сыпучего материала позволяет, при необходимости, увеличивать или уменьшать скорость частицы материала по длине рабочего органа без изменения частоты вращения спирального винта.

Полученные зависимости могут быть использованы при расчете и проектировании спирально-винтовых устройств, применяемых при транспортировании сыпучих материалов.

Список литературы

1. 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.
2. Губейдуллин Х.Х., Семашкин Н.М., Шигапов И.И. Нахождение рабочей площади винтовой поверхности // Аграрная наука. – 2015. – № 2. – С. 30-32.
3. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Евстигнеева О.Г., Кошкина А.О. Оптимальные условия вертикального перемещения частицы // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 3. – С. 76-77.