

СЕКЦИЯ 35

Техническая механика

Т.С. Ионова

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент Н.А. Лазуткина
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
e-mail: center@mivlgu.ru

Определение скорости и ускорения точки ленточного конвейера по указанным уравнениям его движения

Изучение движения тела приходится начинать с изучения движения отдельной точки, т.е. с кинематики точки. Говорят, что точка движется, если она изменяет с течением времени свое положение относительно выбранной системы отсчета. Геометрическим местом положений движущейся точки относительно выбранной системы отсчета является непрерывная кривая. Эту кривую называют траекторией движущейся точки и считают ее как бы начерченной на системе отсчета и составляющей с ней единое целое. В зависимости от вида траекторий мы можем различать прямолинейное, круговое, эллиптическое, параболическое или криволинейное движение.

Рассмотрим движение материальной точки M находящейся на горизонтальном участке ленточного конвейера. При заданных уравнениях движения точки $X = 0,05 \sin \pi t - 0,01(m)$; $Y = 0,02 \cos \pi t(m)$ определить вид траектории и для момента времени $t = 1,5c$ найти положение точки на траектории, ее скорость, ускорение и радиус кривизны траектории. Для установления вида траектории исключим из параметрических уравнений движения время t . После известных тригонометрических и алгебраических преобразований получим:

$$\left(\frac{X+1}{5}\right)^2 + \frac{Y^2}{4} = 1.$$

Это выражение определяет кривую второго порядка – эллипс. Модуль скорости точки может быть определен из выражения:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2},$$

где $v_x = \dot{x} = 0,05\pi \cos \pi t$; $v_y = \dot{y} = -0,02\pi \sin \pi t$.

Подставляя заданное значение времени $t = 1,5c$, получим:

$$v_x = 0,05\pi \cos 1,5t = 0; \quad v_y = \dot{y} = -0,02\pi \sin 1,5t = 0,0628 м/с$$

Тогда: $v = v_y = 0,628 м/с$.

Для определения модуля ускорения точки воспользуемся выражением:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}.$$

Из заданных уравнений движения имеем:

$$a_x = \ddot{x} = -0,05\pi^2 \sin \pi t = 0,493 м/с^2;$$

$$a_y = \ddot{y} = -0,02\pi^2 \cos \pi t = 0.$$

Тогда $a = a_x = 0,493 м/с^2$.

Имея в виду, что ускорение точки определяется совокупностью нормальной и касательной составляющих, определим их. Касательное ускорение:

$$a_\tau = \left| \frac{dv}{dt} \right| = \left| \frac{v_x \cdot a_x + v_y \cdot a_y}{v} \right| = 0.$$

Тогда нормальное ускорение: $a_n = a = 0,493 м/с^2$.

Радиус кривизны траектории точки в заданный момент времени имеет величину:

$$\rho = \frac{v^2}{a_n} = \frac{0,0628^2}{0,493} = 0,08 \text{ м.}$$

Полученные результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1. Кинематические показатели движения точки

| Координаты | | Скорость, м/с | | | Ускорение, м/с ² | | | | | Радиус кривизны, м |
|------------|-----|---------------|--------|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
| x | y | v_x | v_y | v | a_x | a_y | a | a_n | a_τ | ρ |
| -0,06 | 0 | 0 | 0,0628 | 0,0628 | 0,493 | 0 | 0,493 | 0,493 | 0 | 0,008 |

Изобразим на графике траекторию точки и покажем векторные величины (рис. 1).

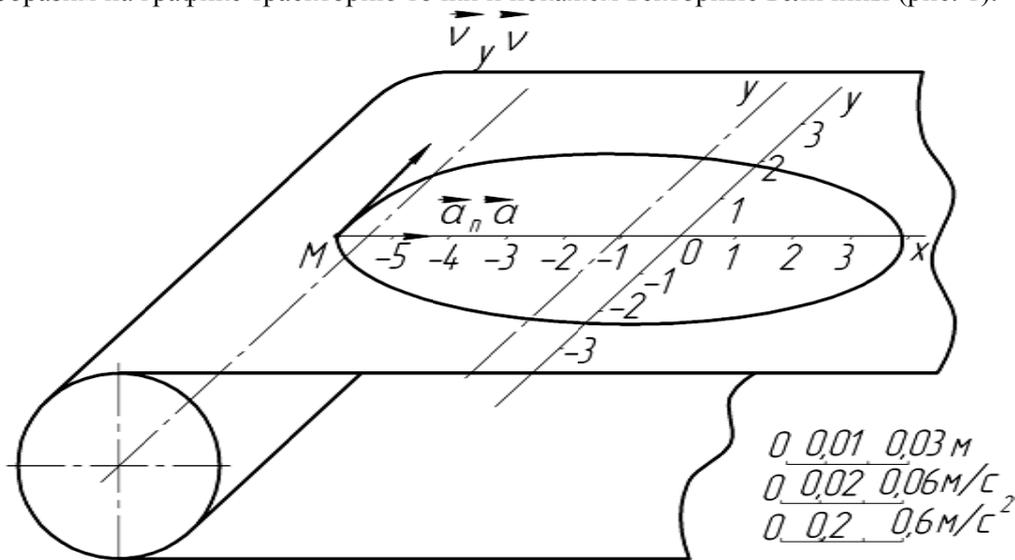


Рис. 1. Схема исполнительного органа ленточного конвейера и траектория движения точки

Данная методика позволяет определить скорость и ускорение любой точки ленточного конвейера.

А.Б.Хозей, А.Н.Макаров, О.Р.Халикова

Научный руководитель Макаров А.Н. профессор, доктор технических наук
Магнитогорский Государственный технический Университет им. Г.И.Носова
455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38
e-mail:khozey@gmail.com

Методика расчета нагрузок действующих на опору рабочего органа центробежно-ударной дробилки

В настоящее время на металлургических предприятиях для дробления известняка, угля, бентонита, и других материалов, а также для утилизации отходов металлургического производства используются дробилки ударного действия [1, 2]. Сталеплавильные шлаки, содержат ряд ценных элементов, которые целесообразно снова использовать в металлургии, например в аглодоменной шихте. Обоженную известь перед помолотом а также компоненты шихты перед использованием в технологическом процессе необходимо подготовить путем дробления до нужной фракции.

Наиболее известные представители дробилок ударного действия – молотковая и роторная в последнее время стали вытесняться центробежно-ударными дробилками. Основное отличие центробежно-ударных дробилок от других аппаратов ударного действия состоит в том, что акт дробления перемещен с вращающегося рабочего органа на периферическую отражательную поверхность, что позволяет значительно снизить его износ. Рабочий орган центробежно-ударных дробилок выполняет только разгонную функцию [3].

В настоящее время в России наиболее известны марки Metso Minerals (BARMAC), Урал-Омега (ДЦ). В центробежно-ударных дробилках применяются два типа опорных узлов рабочего органа. Зарубежные производители Metso Minerals, применяют в своих опорах подшипники качения. Российские производители «Урал-Омега» применяют газостатические опорные узлы. Применение подшипников качения в опорах центробежно-ударных дробилок имеет значительный недостаток - малый допустимый дисбаланс рабочего органа - 20 г («BARMAC-9600»), результатом которого является низкая долговечность. В то время как ДЦ-1,6 благодаря газостатическому опорному узлу в состоянии выдержать дисбаланс до 1,5 кг. Однако, несмотря на это преимущество, газостатический опорный узел не является идеальным решением проблемы износа опорного узла рабочего органа центробежно-ударной дробилки по причине сложности расчета его технических параметров, таких как аксиальная и радиальная несущая способность.

Нагрузки действующие на рабочий орган очень трудно поддаются расчету так как размер материала попадающего в него не является одинаковым а находится в определенном диапазоне например 5-20 мм. Это приводит к тому, что частицы материала могут распределяться в рабочем органе неравномерно и величина неравномерности распределения будет непостоянной. Также необходимо учесть тот факт, что для каждого материала нецелесообразно создавать собственную дробилку и поэтому необходимо по возможности унифицировать ее конструкцию. По этой причине в конструкциях центробежно-ударных дробилок используются сферические газостатические опоры в карданном подвесе (рис. 1), что позволяет компенсировать им всю непредсказуемость действующих на них нагрузок.

Одним из подходов решения задачи нахождения нагрузок действующих на газостатический опорный узел центробежно-ударной дробилки является нахождение внешних нагрузок методом графического интегрирования [4]. Взяв за основу для расчетов критический случай неравномерности движения частиц материала в рабочем органе (движение только по одному каналу рабочего органа) и зная геометрические характеристики рабочего органа можно предположить, как будет залегать и перемещаться материал в нем, что позволит методом графического интегрирования произвести расчет действующих нагрузок (рис. 2).

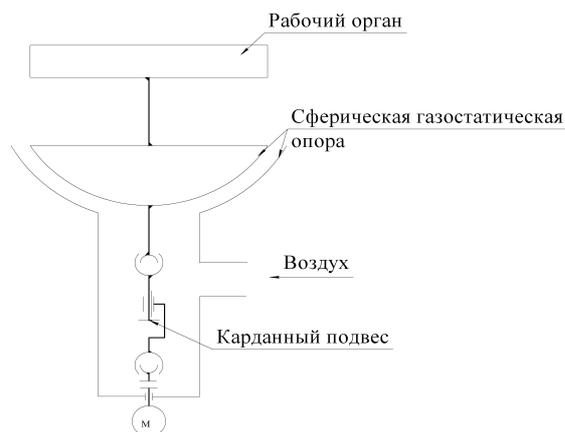


Рис. 1. Кинематическая схема опорного узла центробежно-ударной дробилки

$$F_{\text{рад}} = a \cdot m - \text{радиальная нагрузка}$$

$$F_{\text{акс}} = (m + m_{\text{р.о.}}) \cdot g - \text{аксиальная нагрузка,}$$

где $a = \sqrt{a_k^2 + a_n^2}$ ($a_\tau = 0$, т.к. $\omega = \text{const}$; $a_k = 2 \cdot \omega \cdot V_{\text{пер}} \cdot \sin(\omega \wedge V_{\text{пер}})$) m – масса движущегося материала; $m_{\text{р.о.}}$ – масса рабочего органа с залегаемым в нем материалом.

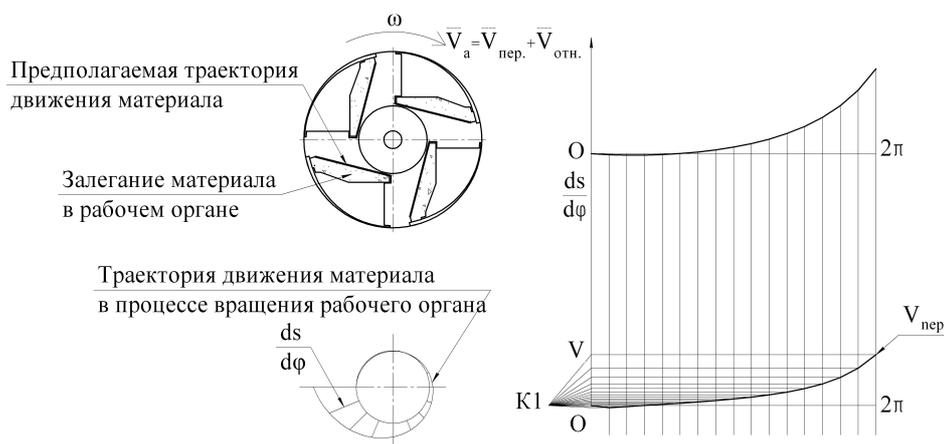


Рис. 2. Расчет переносной скорости методом графического интегрирования

Решение задачи нахождения нагрузок действующих на газостатический опорный узел центробежно-ударной дробилки методом графического интегрирования позволит с высокой степенью точности рассчитать эти нагрузки, что позволит в дальнейшем произвести расчет аксиальной и радиальной несущей способности сферического газостатического опорного узла центробежно-ударной дробилки.

Литература

1. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т.1 - М. : Металлургия, 1987. - 440 с/
2. Милюков С.В. Утилизация отходов металлургического производства. - Магнитогорск : МГТУ, 2008. -
3. Учитель С.А., Стець В.А. Опыт применения центробежно-ударных дробилок. - М. : Ин-т Черметинформация. Вып.1. - 25 с.
4. Белан А.К. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: Учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2003. - 52 с.

А.В. Яшин, Н.В. Пехотов

Научный руководитель Н.А. Лазуткина, кандидат технических наук., доцент кафедры МСФ Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета 602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
e-mail: center@mivlgu.ru

Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки ленточного конвейера при поступательном перемещении

В ряде случаев движение точки рассматривают как сложное, состоящее из нескольких движений. Подобных примеров в окружающей нас действительности очень много. Отсюда возникает необходимость изучения сложного движения в зависимости от составляющих его простых движений. Изучим движение точки M , принадлежащей ленточному транспортеру, совершающему поступательное движение. По заданным уравнениям относительного движения точки M $x = 0,2 \sin \pi t$, $y = 0,3 \cos \pi t$ м по поверхности ленты транспортера и переносного движения барабана $\varphi = \frac{5t^2}{2}$ с радиусом $R = 0,6$ м (рис. 1) определить для момента времени $t = 2,1$ с абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки. Определим положение точки на поверхности ленты в данный момент времени:

$$x = 0,2 \sin \pi \cdot 2,1 = 0,062 \text{ м}; \quad y = 0,3 \cos \pi \cdot 2,1 = 0,285 \text{ м}.$$

Абсолютная скорость точки определяется геометрической суммой относительной и переносной скоростей: $\underline{v} = \underline{v}_e + \underline{v}_r$.

Модуль относительной скорости определится как:

$$v_r = \sqrt{v_x^2 + v_y^2};$$

$$\text{где } v_x = \dot{x} = 0,2\pi \cos \pi t = 0,598 \text{ м/с}; \quad v_y = \dot{y} = -0,3\pi \sin \pi t = -0,291 \text{ м/с}.$$

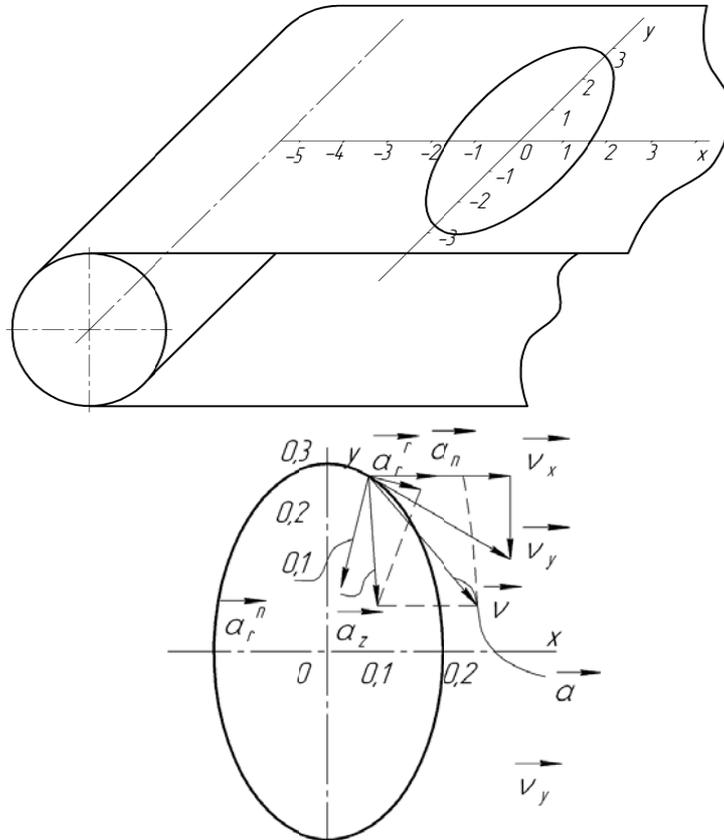


Рис. 1. Схема исполнительного органа ленточного конвейера и кинематические показатели сложного движения

Тогда: $v_r = \sqrt{0,598^2 + 0,291^2} = 0,66 \text{ м/с}$.

Углы, образованные вектором относительной скорости и координатными осями:

$$\cos(\bar{v}_r, \wedge x) = \frac{v_x}{v} = 0,91; \quad \cos(\bar{v}_r, \wedge y) = \frac{v_y}{v} = -0,44.$$

Модуль переносной скорости найдем в виде произведения:

$$v_e = \frac{d\varphi}{dt} R = \left(\frac{5t^2}{2} \right)' \cdot R = 5t \cdot R = 5 \cdot 2,1 \cdot 0,6 = 6,3 \text{ м/с}.$$

Вектор переносной скорости направлен по касательной к шкиву, т.е. вдоль оси OX . Модуль абсолютной скорости точки определим как совокупность составляющих v_{ax} и v_{ay} :

$$v_a = \sqrt{v_{ax}^2 + v_{ay}^2}.$$

Для этого спроектируем векторное равенство $\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r$ на координатные оси: $v_{ax} = v_x + v_e = 6,898 \text{ м/с}$; $v_{ay} = v_y = -0,291 \text{ м/с}$, $v_a = 6,96 \text{ м/с}$.

Для определения ускорения точки воспользуемся выражением:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_{rn} + \bar{a}_{r\tau}.$$

Вектор переносного ускорения имеет величину:

$$a_e = \varepsilon \cdot R = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \cdot R = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ м/с}^2, \text{ направлен вдоль оси } OX.$$

Определим модуль полного относительного ускорения: $a_r = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$;

где $a_x = \ddot{x} = -0,2x^2 \sin \pi t = -0,611 \text{ м/с}^2$; $a_y = \ddot{y} = -0,3\pi^2 \cos \pi t = -2,81 \text{ м/с}^2$

Следовательно: $a_r = \sqrt{0,611^2 + 2,81^2} = 2,88 \text{ м/с}^2$.

Определим касательное относительное ускорение по модулю:

$$a_{r\tau} = \left| \frac{dv}{dt} \right| = \left| \frac{v_x a_x + v_y a_y}{v_r} \right| = \left| \frac{0,59 \cdot (-0,611) + 0,291 \cdot (-2,81)}{0,66} \right| = 0,68 \text{ м/с}.$$

Тогда величина нормального ускорения:

$$a_{rn} = \sqrt{a_r^2 - a_{r\tau}^2} = \sqrt{2,88^2 - 0,68^2} = 2,79 \text{ м/с}^2.$$

Найдем угол между радиусом - вектором точки и осью OY :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y} = \frac{0,062}{0,285} = 0,22; \quad \alpha = \operatorname{artg} 0,22 = 12,28^\circ.$$

Спроектируем векторное равенство $\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_{rn} + \bar{a}_{r\tau}$ на координатные оси:

$$a_{ax} = a_e + a_{rn} \sin \alpha - a_{r\tau} \cos \alpha = 3 + 2,79 \sin 12,28^\circ - 0,68 \cos 12,28^\circ = 2,94 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{ay} = -a_{rn} \cos \alpha - a_{r\tau} \sin \alpha = -2,79 \cdot 0,98 - 0,68 \cdot 0,21 = -2,87 \text{ м/с}^2.$$

В этом случае величина полного ускорения точки равна:

$$a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2} = \sqrt{2,94^2 + 2,87^2} = 4,11 \text{ м/с}^2.$$

Полученные результаты изобразим графически на рис. 1 с учетом знаков перед соответствующими проекциями скорости и ускорения. Таким образом, задачей кинематики при изучении сложного движения является нахождение зависимости между характеристиками относительно, переносного и абсолютного движения.