

Франчук В. П.
Федоскин В. А.
Плахотник В. В.
Ерисов Н. Н.

Национальный
горный
университет,
г. Днепропетровск

Jamil Sami Salih Haddad

Royal Scientific Society

УДК 622.868:621.926.22

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЗАГРУЗОЧНОЙ СЕКЦИИ ВИБРОТРАНСПОРТЕРА СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В статье освещаются особенности транспортирования материала в сушильной установке в загрузочной секции с учетом противотока воздуха. Составлена расчетная схема и получены выражения для закона движения частицы. Приведены результаты экспериментальных исследований определения средней скорости движения песка в сушильной камере.

The article devoted the features of portage of material in the drying installation in a load section taking into account against a stream of air. A calculation scheme is made and expressions for the law of motion of particle are got. The results of experimental researches of determination of middle rate of movement of sand in a drying chamber are given.

В вибротранспортере сушильной установки [1] условно можно выделить три зоны: зону загрузки материала, зону транспортировки и зону разгрузки материала. Конструктивно зона загрузки представляется загрузочной секцией в которой осуществляется прием материала из шлюзового питателя и прогрев его до постоянной скорости сушки.

Экспериментальные исследования по движению потоков воздуха, проведенные на лабораторной установке, показали, что в загрузочной секции при определенной скорости подачи теплоносителя в подрешетное пространство наблюдается эффект эжекции.

На рис.1 показана схема направления потоков воздуха по длине вибротранспортера при скорости подачи теплоносителя 15 м/с.

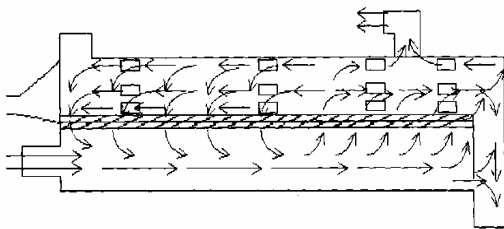


Рис.1.

Из схемы видно, что в загрузочной секции воздушные потоки из рабочей области направлены в подрешетное пространство.

Исходя из этого, расчетная схема движения частицы по рабочей поверхности на этом участке вибротранспортера будет иметь вид (рис. 2)

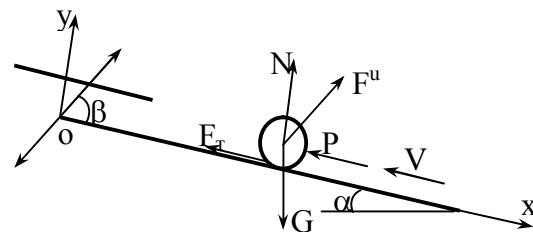
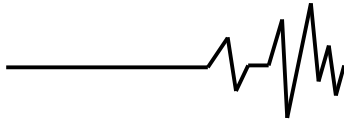


Рис.2.

Система координат XOY связана с вибрирующей рабочей поверхностью вибротранспортера сушильной установки. Колебания рабочей поверхностью вибротранспортера совершаются с амплитудой A и частотой ω , угол наклона колебаний - β . На частицу действуют сила тяжести G, реакция решетки N, сила трения $F_{тр}$, сила инерции $F^и$ и сила аэродинамического давления P теплоносителя.



В проекциях на оси координат XOY уравнения движения частицы запишется

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F^u \cos \beta + G \sin \alpha - fN \operatorname{sign} \dot{x} - P \\ m\ddot{y} = F^u \sin \beta - G \cos \alpha + N \end{cases} \quad (1)$$

Принимаем силу трения прямопропорциональной силе нормального давления, т.е.

$$F_{\text{од}} = f \cdot N \cdot \operatorname{sign}(\dot{x}) \quad (2)$$

где f - коэффициент трения.

Вектор абсолютной скорости газа V_1 считаем постоянным и направленным параллельно наклонной плоскости, тогда проекция относительной скорости газа в подвижной системе координат XOY на ось OX составит

$$V_{\text{од}} = V_1 + A \cdot \omega^2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega t \quad (3)$$

Действующую на частицу силу аэродинамического давления при числе Рейнольдса ($10^3 \leq \operatorname{Re} \leq 10^5$) можно определить по формуле [2]

$$P = C_\mu \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \frac{\rho \cdot V_{\text{од}}^2}{2}, \quad (4)$$

где $\tilde{N}\mu$ - коэффициент аэродинамического сопротивления ($C_\mu = 0,5$) [3]

a - радиус частицы.

Сила инерции действующая на частицу

$$F^u = m \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \quad (5)$$

С учетом зависимостей для сил система уравнений (1) примет вид

$$\begin{cases} m\ddot{x} = m \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \beta + \\ + G \sin \alpha - fN \operatorname{sign} \dot{x} - P \\ m\ddot{y} = m \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \beta - \\ - G \cos \alpha + N \end{cases} \quad (6)$$

При $\dot{y} = 0$ и $N = 0$ наступает отрыв частицы от рабочей поверхности, тогда из второго уравнения системы (6) получим

$$0 = m \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Откуда из условия отрыва частицы от рабочей поверхности транспортирования находим коэффициент \tilde{A} режима транспортирования

$$\tilde{A} = \frac{A \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha} \quad (7)$$

Выбираем режим безотрывного транспортирования, при котором $\tilde{A} < 1$, т.к.

при таком режиме возможно попадание частиц в подрешетное пространство. При движении частицы по решетке ее кинематические характеристики вдоль оси OY определены и равны $\dot{y} = 0$; $\ddot{y} = 0$. Следовательно, из второго уравнения системы (6) находим

$$N = m \cdot (g \cdot \cos \alpha - A \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta \cdot \sin \omega t) \quad (8)$$

Подставляя (8) в первое уравнение системы (6) получим

$$\begin{aligned} \ddot{x} = & A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \beta + g \cdot \sin \alpha - f \times \\ & \times (g \cdot \cos \alpha + C) \cdot \operatorname{sign} \dot{x} - \frac{C_\mu \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \rho}{2 \cdot m} \times \\ & \times (V_1 + A \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t \cdot \cos \beta)^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Для режимов сушки, при которых абсолютная скорость движения воздушного потока V_1 велика, можно считать, что величина аэродинамического давления равна

$$P = \frac{C_\mu \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \rho}{2} \cdot V_1^2 \quad (10)$$

Выражая коэффициент трения через угол трения Θ в виде $f = \operatorname{tg} \Theta$, получим

$$\begin{aligned} \ddot{x} = & \frac{A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t}{\cos \Theta} \cdot \cos(\beta \pm \Theta) + \\ & + \frac{g}{\cos \Theta} \cdot \sin(\alpha \pm \Theta) - \frac{P}{m} \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь верхний знак в аргументах синуса и косинуса соответствует скольжению вперед, а нижний – скольжению назад.

Интегрируя выражение (11) получаем выражения для скорости и перемещения частицы по рабочей поверхности вибротранспортера

$$\begin{aligned} x = & \frac{A \cdot \sin \omega t}{\cos \Theta} \cdot \cos(\beta \pm \Theta) + \\ & + \left[\frac{g}{\cos \Theta} \cdot \sin(\alpha \pm \Theta) - \frac{P}{m} \right] \cdot t + C_1 \\ \dot{x} = & \frac{A \cdot \omega \cdot \sin \omega t}{\cos \Theta} \cdot \cos(\beta \pm \Theta) + \\ & + \left[\frac{g}{\cos \Theta} \cdot \sin(\alpha \pm \Theta) - \frac{P}{m} \right] \cdot \frac{t^2}{2} + C_1 \cdot t + C_2 \end{aligned}$$

где произвольные постоянные C_1 и C_2 определяются из начальных условий: при $t = 0$, $x = 0$ и $\dot{x} = 0$.

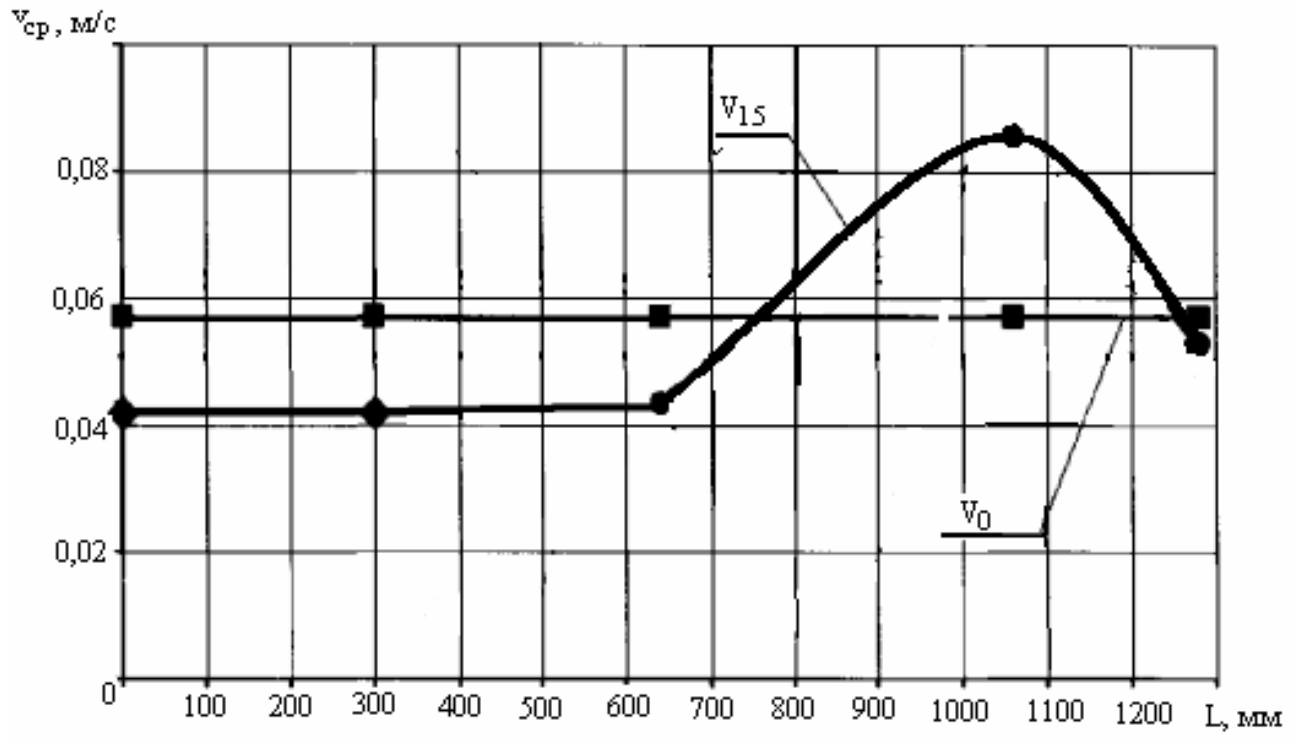


Рис.3.

Результаты экспериментальной проверки движения материала по рабочей поверхности вибротранспортера показаны на рис. 3

Здесь V_0 обозначает скорость движения песка без подачи воздуха, V_{15} - скорость движения песка при скорости воздуха 15м/с. Из графиков видно, что в секции загрузки скорость песка V_{15} уменьшается по сравнению с V_0 , в дальнейшем пройдя зону эжекции, скорость его повышается.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при определении скорости движения материала по рабочей поверхности вибротранспортера необходимо учитывать аэродинамическое давление, препятствующее движению материала.

Литература

1. Франчук В.П., Федоскин В.А., Плохотник В.В. Особенности конструкции вибротранспортера сушильной установки // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журн. - 2006 №2 (44). - С. 75-77.
2. Лояцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1973. - 847 с.
3. Вибрационно- пневматическое транспортирование сыпучих материалов / Потураев В. Н., Волошин А. И., Пономарев Б. В.; Отв. ред. Дырда В. И.; АН УССР Ин-т геотехнической механики. - Киев: Наук. думка, 1989. - 248 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П.Надутим 09.06.2008р.