

А.А. Гарабажиу, канд. техн. наук, доц.;
 В.С. Исаченков, ст. преп.;
 Д.В. Клоков, канд. техн. наук, доц. (БНТУ, г. Минск);
 М.П. Лощакова, студ. (БГТУ, г. Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В МЕЖЛОПАСТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ РОТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО СМЕСИТЕЛЯ

Для определения оптимальных конструктивно-технологических параметров роторно-центробежного смесителя [1, 2] необходимо провести математическое моделирование процесса перемешивания в нем сухих сыпучих материалов. При этом, на первом этапе, большой практический интерес представляет характер движения частиц основного компонента смеси в межлопастном пространстве ротора смесителя.

Рассмотрим движение одиночной частицы материала по наклонной разгонной лопатке смесителя. Для этого воспользуемся схемой, представленной на рис. 1.

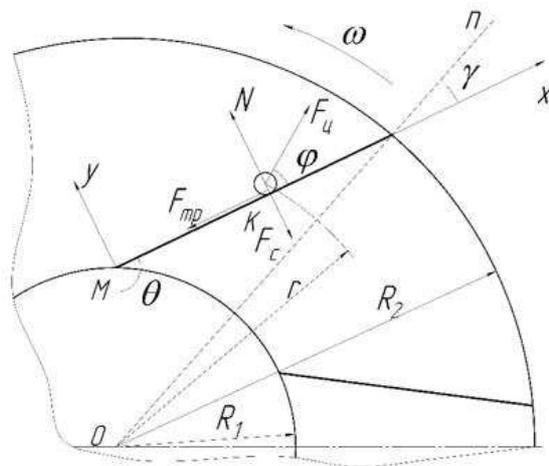


Рисунок 1 – Движение частицы материала по наклонной лопатке смесителя

Пусть частица находится в произвольной точке (К) на поверхности лопатки (рис. 1). На нее действуют: центробежная сила инерции $F_{ц}$, кориолисова сила инерции $F_{с}$, сила трения частицы о поверхность лопатки $F_{тр}$ и реакция опорной поверхности N . С учетом сил, действующих на движущуюся частицу, были приняты следующие допущения. Пренебрегали силой аэродинамического сопротивления вследствие ее малой величины по сравнению с массовыми силами. Так как величина силы тяжести при рабочих частотах вращения ротора смеси-

теля на порядок меньше величины инерционных сил, то силу трения частицы о диск ротора также не учитывали.

С учетом вышесказанного система уравнений движения частицы по наклонной лопатке будет представлена в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = F_u \cdot \cos \varphi - F_{mp} \\ m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = F_u \cdot \sin \varphi + N - F_c \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где y – текущая ордината частицы, м; r – текущий радиус движения частицы материала, м.

При этом $F_u = m\omega^2 r$, Н; $F_{mp} = fN$, Н; $F_c = 2\omega(dx/dt)$, Н.

Величина угла φ определяется по геометрическим соотношениям при известных углах γ и θ (см. рис. 1), характеризующих наклон лопатки относительно радиального направления.

Так как частица движется вдоль лопатки, то $m \cdot (d^2 y / dt^2) = 0$. Следовательно, опорная реакция лопатки согласно второму выражению системы уравнений (1) будет равна

$$N = 2m\omega \frac{dx}{dt} - m\omega^2 \cdot R_1 \cdot \sin \theta, \quad (2)$$

где R_1 – внутренний радиус ротора по концам лопаток, м; $R_1 = 0,12$ м.

С учетом выражения (1) уравнение движения частицы примет вид

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \omega^2 \sqrt{R_1^2 \cdot \cos^2 \theta + x^2} - 2R_1 \cdot x \cdot \cos \theta - f(2\omega \frac{dx}{dt} - \omega^2 R_1 \sin \theta), \quad (3)$$

где $dx/dt = V_r$ – радиальная скорость движения частицы материала в межлопастном пространстве смесителя; t – время движения частицы материала в межлопастном пространстве, с; θ – угол наклона лопатки (см. рис. 1); f – коэффициент трения материала частицы о стенку смесителя.

Тангенциальная скорость (V_τ) движения частицы материала в межлопастном пространстве смесителя определяется по формуле

$$V_\tau = r \cdot \omega. \quad (4)$$

Тогда абсолютная скорость (V_a) движения частицы материала в межлопастном пространстве смесителя и на выходе из него будет равна

$$V_a = \sqrt{V_\tau^2 + V_r^2}. \quad (5)$$

Чтобы частицы материала приближались к стенке цилиндрической обечайки смесителя по касательной траектории, угол γ (см. рис. 1) должен быть минимальным.

Треугольник скоростей движущейся частицы материала, при ее вылете из ротора смесителя, представлен на рис. 2.

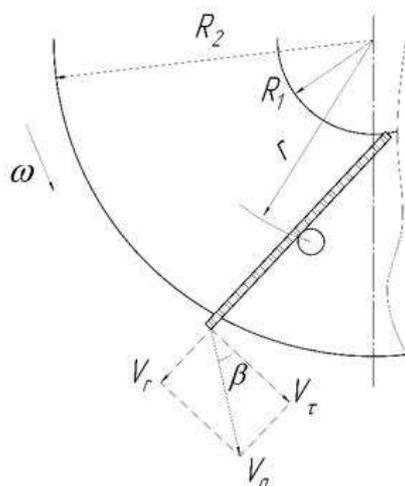


Рисунок 2 – Треугольник скоростей движущейся частицы материала, при ее вылете из ротора смесителя

Направление вектора полной скорости движения частицы материала на выходе из ротора смесителя определяется углом вылета β [4]

$$\beta = \arctg \frac{V_r}{V_\tau} . \quad (6)$$

Расчет тангенциальной, радиальной и абсолютной скоростей движения одиночной частицы материала в межлопастном пространстве и угла вылета β осуществлялся численными методами при помощи ЭВМ. Результаты расчета представлены на рис. 3.

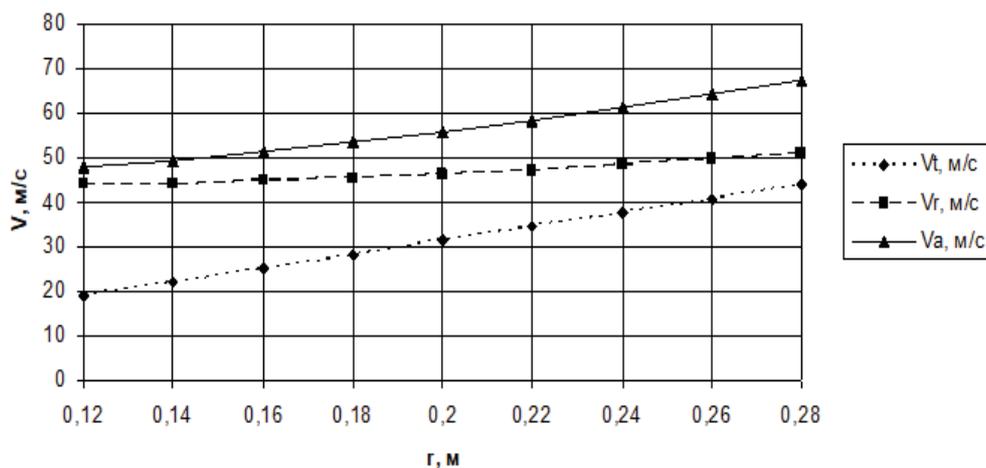


Рисунок 3 – Зависимость тангенциальной, радиальной и абсолютной скоростей движения частицы материала в межлопастном пространстве смесителя от текущего радиуса лопатки (при $n=1500$ об/мин)

Как видно из рис. 3, с увеличением текущего радиуса лопатки скорость движения частицы материала также возрастает.

На втором этапе математического моделирования процесса перемешивания сухих сыпучих материалов в роторно-центробежного смесителе необходимо определить характер движения частиц основного компонента смеси в кольцевом зазоре между выходной кромкой лопаток и стенкой цилиндрической обечайки смесителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарабажиу, А. А. Интенсификация процессов перемешивания сухих сыпучих материалов в современных конструкциях смесителей / А. А. Гарабажиу // Строительная наука и техника. - 2010. - № 4. - С. 27-42.

2. Гарабажиу А. А., Исаченков В. С., Клоков Д. В., Трусков В. С. Основные параметры роторно-центробежного смесителя, влияющие на степень перемешивания в нем сухих сыпучих материалов / Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 87-й науч.-техн. конф. профес.-препод. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 31 января - 12 февраля 2022 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. В. Войтов; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2022 – С. 302-304.

УДК 378.147

С.М. Анохин, доц.
(ИХТИ ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Стерлитамак, Башкортостан, РФ)

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Графическая подготовка студентов основывается на общенаучных знаниях, приобретаемых учениками еще в процессе изучения школьных дисциплин: понятийное представление и сущность фигуры, тела, поверхности, пропорции и масштаба; совокупность знаний, составляющих основу техники проецирования; знания основных геометрических положений, таких как свойства проекции прямого угла, нормали к плоскости, пространственное расположение точки и прямой и другое. В процессе преподавания геометро-графических дисциплин преподаватели сталкиваются с проблемами, вызванными рядом обстоятельств: низким уровнем начальной графической подготовки студента; слабым развитием у обучающихся пространственного вооб-