

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ В РОТОРЕ ДЕКАНТЕРНОЙ ЦЕНТРИФУГИ

Тищенко Н. М., Гончаров М. В.

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Россия

Декантерная центрифуга – оборудование, предназначенное для удаления механических примесей из смеси за счет действия центробежных сил и цилиндрическо-конического шнека (рисунок 1).

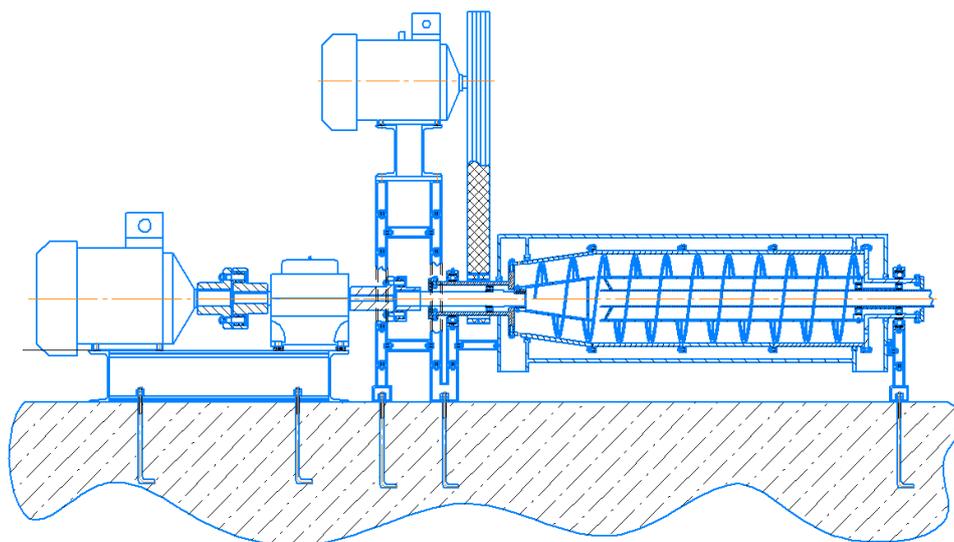


Рис. 1. Декантерная центрифуга

Декантерная центрифуга работает по следующему принципу: суспензия через горизонтально расположенную трубу поступает во внутреннее пространство ротора, который непрерывно вращается. За счет высокой частоты вращения частицы механических включений практически мгновенно прижимаются к внутренней поверхности ротора. Шнек, вращающийся быстрее ротора, непрерывно перемещает частицы к выходным отверстиям, которые находятся в конце конической части ротора. Жидкость же течет между витков и выходит из внутреннего объема ротора в конце его цилиндрической части.

Данный вид оборудования находит применение:

- в молочной промышленности;
- во время отделения от масла примесей;
- при очистке нефтепродуктов;
- в винодельной промышленности;
- в утилизации нефтешламов и т. д.

В данной работе рассматривается случай отделения механических примесей от нефтешламов, образованных в результате проливов нефти.

Модель движения механических включений по поверхности ротора представлена на рисунке 2. На твердые включения нефтешлама действуют силы сухого  $\vec{F}_{с.т.}$ , и вязкого трения  $\vec{F}_{в.т.}$ , реакции опоры  $\vec{R}$ , тяжести  $m\vec{g}$  центробежная сила  $\vec{F}^ц$ , вызванная враще-

нием ротора, а также окружная сила  $\vec{F}_a$  и радиальная сила  $\vec{F}_r$ , действующие со стороны шнека на частицы.

Запишем дифференциальное уравнение горизонтального движения частицы диаметром  $d$ , находящейся в контакте с цилиндрической частью поверхности ротора, вращающегося с угловой скоростью  $\omega$  (рисунок 2):

$$-m \frac{dV}{dt} = kmr\omega^2 + C \frac{\pi d^2 \rho_{ж} V^2}{4} - F_a, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент трения;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора, рад·с<sup>-1</sup>;  $r$  – внутренний радиус ротора, м;  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $C$  – коэффициент вязкого трения.

$F_t$  – окружная сила, которая определяется по формуле [1]:

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{K \cdot D}, \quad (2)$$

где  $T$  – крутящий момент, приложенный к валу шнека, Н·м;  $D$  – диаметр шнека, м;  $K$  – коэффициент, который учитывает положение равнодействующих сил сопротивления вращения на витках шнека; осевая сила  $F_a$  определяется по формуле:

$$F_a = \frac{2 \cdot T}{K \cdot D \cdot \operatorname{tg}(\gamma_c + \varphi)}, \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол трения между витком шнека и частицей;  $\gamma_c$  – средний угол подъема линии шнека.

Средний угол подъема винтовой линии определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\gamma_c = (0,4 \dots 0,5) \cdot \frac{p}{D}, \quad (4)$$

где  $p$  – шаг шнека, м; угол трения между винтом и частицей определяется по формуле:

$$\varphi = \operatorname{arctg}(f),$$

где  $f$  – коэффициент трения.

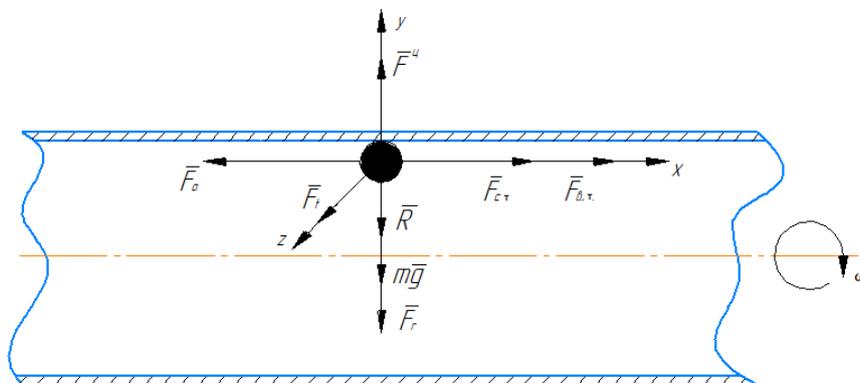


Рис. 2. Силы, действующие на цилиндрическом участке ротор

Дифференциальное уравнение (1) можно привести к следующему уравнению:

$$\frac{dV}{dt} = -(a^2V^2 - b^2), \quad (5)$$

где введены следующие обозначения:

$$a^2 = C \frac{\pi d^2 \rho_{ж}}{8m},$$

$$b^2 = kr\omega^2 - \frac{F_a}{m}.$$

Тогда общее решение уравнения (5) с начальными условиями –  $t = t_0, V = V_0$  можно записать в виде:

$$-\frac{1}{2ab} \cdot \ln \left| \frac{aV - b}{aV + b} \right| = t + C, \quad (6)$$

где  $C$  определяется выражением:

$$C = -t_0 - \frac{1}{2ab} \cdot \ln \left| \frac{aV_0 - b}{aV_0 + b} \right|. \quad (7)$$

В зависимости от времени  $t$  частицы ее скорость примет вид:

$$V = \frac{b}{a} \cdot \frac{e^{2ab(t-t_0)} \cdot (aV_0 + b) + aV_0 - b}{e^{2ab(t-t_0)} \cdot (aV_0 + b) - aV_0 + b}. \quad (8)$$

Из анализа полученного решения можно заключить, что скорость горизонтального движения частицы по цилиндрической части поверхности ротора будет тем выше, чем больше угловая скорость ротора и меньше диаметр частицы нефтешлама. Аналогичным образом можно далее рассмотреть движение частицы по конической части вращающегося ротора, определив начальные условия движения частицы на этом участке с помощью полученного выражения (6) и конечную скорость движения частицы на цилиндрической части. Таким образом, полученные решения позволят изменять динамические характеристики декантерной центрифуги в зависимости от состава механических примесей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин сельскохозяйственного назначения / М. Н. Ерохин А. В. Карп Н. А. Выхребенцев и др.; Под ред. М. Н. Ерохина и А. В. Карпа. – М.: Колос, 1999. – 228 с.

*Поступила: 31.03.2022*