

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Одним из методов разделения полидисперсных материалов в технологии обогащения полезных ископаемых является вибрационный способ, когда поток пульпы перемещается в лотке или канале с подвижным основанием. Перемещение и осаждение частиц совершается в тонкой донной области (в пограничном слое) и определяется профилем продольной составляющей скорости. Существенное влияние на поведение потока оказывают режим течения и местоположение области отрыва. Анализ структуры потока и его количественные характеристики позволяют определить соответствующую длину лотка для эффективного разделения пульпы в обогатительных процессах.

Рассмотрим задачу о течении в нестационарном пограничном слое на плоской пластине, поверхность которой совершает гармонические колебания, при обтекании ее потоком несжимаемой жидкости. Закон движения поверхности задается в виде зависимости

$$U_w = \bar{A} + \bar{B} \cos(Wt + j_0).$$

Если ввести новые независимые переменные

$$\tau = \frac{t\Omega}{2\pi}, \quad \xi = \frac{x\Omega}{2\pi U_\infty}, \quad \eta = y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}},$$

зависимые функции

$$\psi = U_\infty \sqrt{\frac{2\pi\nu\xi}{\Omega}} f(\xi, \eta, \tau)$$

и выполнить преобразование системы уравнений нестационарного пограничного слоя, записанной в физических переменных [1], то уравнение, описывающее исследуемые течения, примет вид

$$f''' + \frac{1}{2} f f'' = \xi \frac{\partial f'}{\partial \tau} + \xi f' \frac{\partial f'}{\partial \xi} - \xi f'' \frac{\partial f}{\partial \xi}, \quad (1)$$

с граничными условиями

$$\left(\right)$$

при $h = 0$

$$f' = 1$$

при $h = h_m$,

где $A = \bar{A}/U_\infty$, $B = \bar{B}/U_\infty$, а h_m - внешняя граница пограничного слоя (в численных расчетах обычно $h_m @ 5 \text{ и } 8$).

Начальные данные для уравнения (1) определялись в момент времени $t = 0$, аналогично [2].

Численное моделирование рассмотренного выше течения проводилось при следующих характерных параметрах: $Re = 3.33 \cdot 10^6$, $6.67 \cdot 10^6$, $1.33 \cdot 10^7$ ($Re = U_\infty L / \nu$; $L = 2p U_\infty / W$); $U_m = 50 \text{ м/сек}$; $0 \text{ у } A \text{ у } 0.7$; $0 \text{ у } B \text{ у } 0.6$; величина шагов интегрирования по осям x , t и h выбиралась постоянной и равной 0.01, 0.02 и 0.1 соответственно.

Выполненные параметрические исследования структуры течения в донной области позволили получить широкий спектр характеристик нестационарного пограничного слоя: как пульсационных, так и осредненных по периоду колебания поверхности обтекаемого тела. В представленной работе рассмотрен ламинарный режим обтекания.

К основным характеристикам колебательных течений необходимо отнести углы сдвига фаз между коэффициентом пульсационного поверхностного трения j_{Cfx} и относительной толщиной вытеснения j_d^* в зависимости от приведенной частоты перемещения поверхности пластины $v = Wx/U_\infty$, которые показаны на рис.1. Малые значения v ($v < p/2$) характеризуются уменьшением фазы колебания коэффициента поверхностного трения до минимального значения; затем ее величина монотонно возрастает, достигая локального максимума ($j \text{ ч } 137^\circ$), и при больших значениях v угол сдвига фаз j_{Cfx} стремится к 135° . На начальном участке поверхности ($x < 0.1$) колебания с меньшей амплитудой (при том же сдвиге A) вызывают большее смещение поверхностного трения по фазе, в дальнейшем эта зависимость имеет противоположную тенденцию. Увеличение величины A приводит к ослаблению реакции углов сдвига фаз на возмущающее воздействие колебания поверхности пластины и более слабой зависимости от приведенной частоты v . Поведение величины j_d^* имеет аналогичный характер, однако от-

мечается большой перепад между локальным минимумом и максимумом ($\approx 50^\circ$) и их значительное смещение вдоль оси v . Для всех значений (исключая окрестность локального минимума) меньшие амплитуды колебания приводят к большим значениям угла сдвига фаз между относительной толщиной вытеснения ($\bar{\delta}^* = d^*/L$) и скоростью перемещения поверхности пластины.

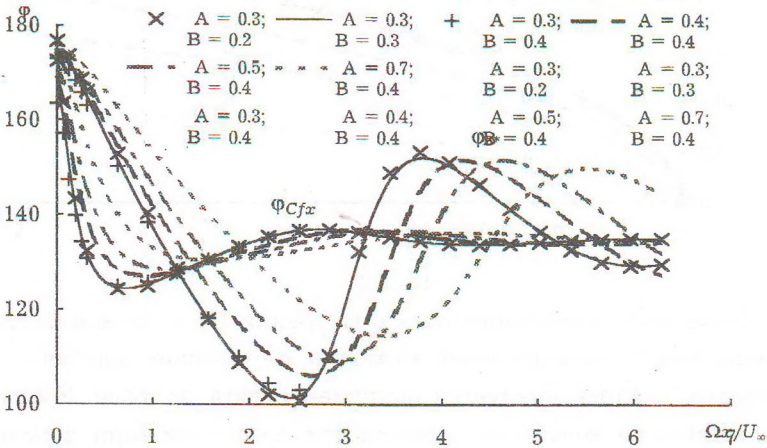


Рис. 1

Полученные значения $c_{f_{\text{хоср}}}$ - осредненного по времени касательного напряжения $c_{f_x} = 2\tau_w \sqrt{Re} / \rho U_\infty^2$, указывают на слабую их зависимость от относительной амплитуды колебания поверхности. Вместе с тем необходимо отметить, что с увеличением B это влияние уменьшается. Значительно большее влияние на величину $c_{f_{\text{хоср}}}$ оказывает смещение A колебательного закона поверхности пластины. Увеличение значений A приводит к снижению коэффициента поверхностного трения с одновременным уменьшением области сильных градиентов в районе передней кормовой точки.

Результаты расчетов осредненных значений толщины вытеснения позволяют отметить, что для $d_{\text{оср}}^*$ характерна обратная зависимость от пульсационной составляющей скорости: рост амплитуды B колебания поверхности вызывает подтормаживающее действие с характерным для него оттеснением потока (рис.2), при

той же ослабленной зависимости, аналогичной поведению $C_{f\text{оср}}$. Рост величины A способствует уменьшению значений d^* .

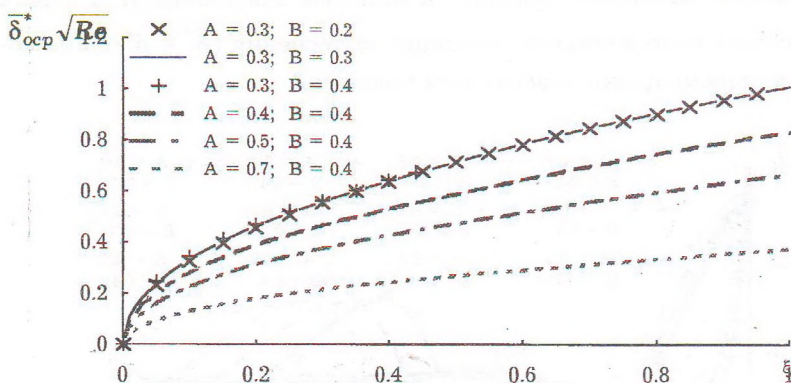


Рис. 2

Поведение коэффициента силы трения C_f в зависимости от времени имеет периодический характер, с периодом колебания поверхности, и характеризуется наличием сдвига по фазе. Увеличение амплитуды колебаний поверхности пластинки (при фиксированном значении A) вызывает увеличение амплитуды колебательного процесса коэффициента силы трения обтекаемого тела, а возрастание параметра A приводит к уменьшению C_f .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя.- М.: Наука, 1974. - 712с.
2. Хаминич А.В. Нестационарный пограничный слой на телах с подвижной поверхностью//Прикладные вопросы аэродинамики летательных аппаратов. Сб.научн.тр. - Киев: Наук.думка, 1984. - С.58-61.