

$$M_{x+dx} = \left(c + \frac{\partial c}{\partial x} dx \right) \left(W_x + \frac{\partial W_x}{\partial x} dx \right) dydz.$$

Пренебрегая бесконечно малыми более высокого порядка, чем первый, и приняв во внимание условие неразрывности потока

$$\frac{\partial W_x}{\partial x} + \frac{\partial W_y}{\partial y} + \frac{\partial W_z}{\partial z} = 0,$$

получим

$$M_{x+dx} = M'_{x+dx} + M''_{x+dx} = -\frac{\partial c}{\partial x} W_x dx dy dz.$$

Полное приращение вещества в выделенном объеме составит

$$dM = \left[D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) - \left(\frac{\partial c}{\partial x} W_x + \frac{\partial c}{\partial y} W_y + \frac{\partial c}{\partial z} W_z \right) \right] dx dy dz.$$

С учетом уравнения (I.8) получим следующее уравнение молекулярной и конвективной диффузии для нестационарного процесса

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) - \left(\frac{\partial c}{\partial x} W_x + \frac{\partial c}{\partial y} W_y + \frac{\partial c}{\partial z} W_z \right). \quad (I.10)$$

Приведенные выше уравнения в общем виде не интегрируются, однако они могут быть использованы для получения так называемых критериев подобия методами подобных преобразований.

При практических расчетах применяют закон конвективной диффузии в следующем виде

$$dM = \beta_{\Delta} \Delta_{\text{тр}} dF = \beta_{\Delta} (c - c_{\text{тр}}) dF, \quad (I.11)$$

где β_{Δ} — коэффициент массоотдачи; $\Delta_{\text{тр}} = c - c_{\text{тр}}$ — движущая сила между ядром потока и границей раздела фаз; c и $c_{\text{тр}}$ — концентрации соответственно в ядре потока и на границе раздела фаз.

Уравнение (I.11) отражает факт переноса массы из ядра потока к границе раздела фаз ($c > c_{\text{тр}}$) или от границы в ядро потока ($c < c_{\text{тр}}$).

Коэффициент массоотдачи β_{Δ} представляет собой массу вещества, прошедшую через единицу поверхности в единицу времени при разности концентраций в ядре потока и на границе раздела фаз, равной единице.

Коэффициент массоотдачи характеризует скорость переноса массы в пределах одной фазы; его величина зависит от гидродинамических и физико-химических факторов, а также типа и размеров аппарата.

При переносе вещества в пределах одной фазы движущей силой является разность концентраций $c - c_{\text{тр}}$ в ядре потока и на границе раздела фаз.

Для расчета коэффициента массоотдачи β_{Δ} обычно используют уравнения вида

$$Nu_{\Delta} = A Re^m Pr_{\Delta}^n, \quad (I.12)$$

где $Nu_{\Delta} = \frac{\beta_{\Delta} l}{D}$ — диффузионный критерий Нуссельта; $Re = \frac{Wl}{\nu} = \frac{Wl\rho}{\mu}$ — критерий

Рейнольдса; $Pr_{\Delta} = \frac{\mu}{\rho D} = \frac{\nu}{D}$ — диффузионный критерий Прандтля; l — характерный линейный