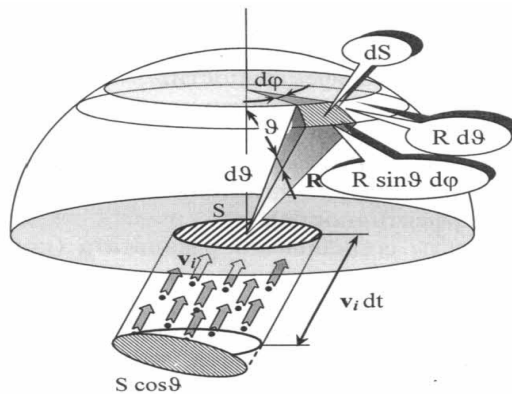


В. Г. Чередниченко, А. С. Магомадов, Ю. В. Королева (Краснодар, КубГТУ). **Движение молекул в двухфазной системе жидкость–пар на поверхности насыщенной жидкостью адсорбента.**

Известно, что основными процессами, происходящими при адсорбции являются внешняя диффузия — диффузия молекул сорбируемого вещества из потока к внешней поверхности адсорбента, внутренняя диффузия — диффузия молекул сорбируемого вещества по порам адсорбента к его сорбируемой поверхности; собственно сорбция на внутренней сорбирующей поверхности адсорбента (1). В результате наступает естественное насыщение адсорбируемой жидкости на поверхности адсорбента. В дальнейшем протекает процесс поглощения компонентов газа (в нашем случае влаги) указанной жидкостью из воздуха.

Рассмотрим молекулы пара, двигающиеся по направлению к поверхности, разделяющей жидкую и газообразную фазы. Пусть $dn = nf(v)dv$ — количество молекул в единице объема, имеющих абсолютную величину скорости в интервале от v до $v + dv$. Для того, чтобы частица, имеющая скорость в указанном интервале пересекала поверхность S в элементе телесного угла $d\Omega$ она должна находиться в объеме $dV = v \cos \vartheta S dt$, как показано на рисунке.



Учитывая равномерность распределения по направлениям, выводим, что число частиц, пересекающих поверхность S в элементе телесного угла $d\Omega$ в единицу времени равно

$$\frac{d^2 N}{dt} = \frac{S}{4\pi} dn \int v \cos \vartheta d\Omega,$$

где интегрирование ведется по полупространству. Учитывая, что $d\Omega = \frac{dS}{R^2} =$

$\frac{R \sin \vartheta d\varphi R d\vartheta}{R^2}$, находим

$$\frac{d^2 N}{dt S} = v dn \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\pi/2} \sin \vartheta \cos \vartheta d\vartheta d\varphi = \frac{v dn}{4}.$$

Интегрируя по всему пространству скоростей, находим количество молекул пара, приходящееся на единицу площади в единицу времени, пересекающих площадку в одном направлении

$$\frac{dN}{dt dS} = \frac{1}{4} \int v dn = \frac{1}{4} n \int_0^{\infty} v f(v) dv = \frac{1}{4} n \langle v \rangle.$$

Согласно молекулярно-кинетической теории средний модуль скорости равен $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$, где μ — молярная масса пара, тогда поток молекул двигающихся из газовой фазы в жидкую равна $\frac{dN_1}{dt S} = n_1 \sqrt{\frac{RT_1}{2\pi\mu}}$. На этот поток накладывается встречный поток молекул из жидкой фазы в газообразную: $\frac{dN_2}{dt S} = n_2 \sqrt{\frac{RT_2}{2\pi\mu}}$. Умножив результирующий молекулярный поток на массу одной молекулы, и, учитывая, что $m_0 n = \rho$ — парциальная плотность пара, получаем выражение для интенсивности конденсации: $j = \frac{dm}{dt S} = j_1 - j_2$. В состоянии равновесия жидкости с паром $j = 0$, откуда находим: $j_2 = \sqrt{\frac{RT_2}{2\pi\mu}} \rho_s$,

$$j = \sqrt{\frac{R}{2\pi\mu}} (\sqrt{T_1} \rho - \sqrt{T_2} \rho_s), \quad (1)$$

где ρ_s — плотность насыщенного пара при температуре T_2 . Учитывая, что $\rho \leq \rho_s$ и ρ_s растет с ростом температуры, из последней формулы следует, что для конечной интенсивности конденсации, следует поддерживать жидкую фазу при более низкой температуре, чем газообразную, что приводит к необходимости охлаждения и снижает эффективность пароулавливания. Этого можно избежать, применяя в качестве жидкой фазы раствор нелетучего вещества, например, соли. Согласно законам Рауля, для идеальных растворов давление насыщенного пара над раствором уменьшается пропорционально молярной концентрации растворителя:

$$P_s = (1 - iX_B)P_{0s}, \quad (2)$$

где i — изотонический коэффициент Вант-Гоффа, позволяющий учитывать электролитическую диссоциацию, P_s, P_{0s} — парциальные давления насыщенного пара при наличии и в отсутствии растворенного вещества (B), $X_B = \frac{v_B}{v_A + v_B}$ — молярная доля растворенного вещества с учетом диссоциации. Подставляя в (2) выражение давления через плотность $P = \frac{\rho}{\mu} RT$, получаем:

$$j = \sqrt{\frac{R}{2\pi\mu}} (\sqrt{T_1} \rho - \sqrt{T_2} (1 - iX_B) \rho_{0s}), \quad (3)$$

Будем считать, что процесс конденсации протекает в изотермическом режиме, вводя относительную влажность $\varphi = \rho_1 / \rho_{0s}$, получаем:

$$j = \sqrt{\frac{RT}{2\pi\mu}} \rho_{0s} (\varphi + iX_B - 1), \quad (4)$$

конденсация, даже при условии $\varphi < 1$.

В формуле (4), относительную влажность пара φ и молярную концентрацию X_B следует понимать локально, на границе раздела двух сред. Вследствие конечной скорости протекания процесса конденсации, относительная влажность пара φ и молярная концентрация X_B вблизи границы будут уменьшаться (раствор разбавляется

конденсируемой влагой, а пар — непроникающим через поверхность воздухом) (2). Вследствие сказанного, формулу (4) следует применять совместно с уравнениями массопереноса в жидкой и газообразной фазах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кельтцев Н. В.* Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984, 592 с.
2. *Чердниченко В. Г., Магомадов А. С.* Физико-математическая постановка нестационарной задачи формирования концентрационно-поляризационного слоя в баромембранных процессах. М.: Обозрение прикл. и промышл. матем., 2009, т. 16, в. 5, с. 946–947.