

Всероссийское СММ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Тюрин М.П., Седляров О.И., Бородина Е.С. Распределение потенциалов переноса в полых противоточных контактных теплообменных аппаратах // Материалы по итогам VI –ой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы современности: взгляд молодых исследователей», 01 – 10 ноября 2018 г. – 0,2 п. л. – URL: http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences

СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

М.П. Тюрин

Профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность»
Института химических технологий
и промышленной экологии
ФГБОУ ВО «РГУ имени А.Н. Косыгина»,
г. Москва

О.И. Седляров

Заведующий кафедрой «Промышленная экология и безопасность»
Института химических технологий
и промышленной экологии
ФГБОУ ВО «РГУ имени А.Н. Косыгина»,
г. Москва

Е.С. Бородина

Старший преподаватель кафедры «Промышленная экология и безопасность»
Института химических технологий
и промышленной экологии
ФГБОУ ВО «РГУ имени А.Н. Косыгина»,
г. Москва

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ ПЕРЕНОСА В ПОЛЫХ ПРОТИВОТОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Эффективность полых противоточных теплообменных аппаратов контактного типа, применяемых для утилизации теплоты отработанной паровоздушной смеси (ПВС) от теплотехнологических установок,

определяется тепло- и массообменными процессами, проходящими на границе раздела двух фаз. В данном случае тепло- и массообмен осуществляется между каплями нагреваемой воды и потоком охлаждаемого влажного воздуха.

Рассмотрим тепломассобмен между каплей жидкости и средой паровоздушной смеси.

Если рассматривать тепло- и массообмен в стационарных условиях, то распределение температур и концентраций в пограничном слое капли жидкости описываются сферически симметричными уравнениями Лапласа

$$\frac{d^2 t(r)}{dr^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{dt(r)}{dr} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d^2 C(r)}{dr^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{dC(r)}{dr} = 0 \quad (2)$$

Условия однозначности для принятой физической модели можно представить в виде граничных условий следующим образом:

$$\text{для (1)} \quad t|_{r=R} = t_{жс}; \quad t|_{r=R+\delta_T} = t_m; \quad (3)$$

$$\text{для (2)} \quad C|_{r=R} = C_n; \quad C|_{r=R+\delta_r} = C_z. \quad (4)$$

Здесь δ_T - соответственно толщина пограничного слоя газа.

Решение данной системы уравнений (1-4) приводит к следующим распределениям температуры и объемных концентраций в пограничном слое насыщенного газа.

$$t = t_{жс} + (t_m - t_{жс}) \cdot \frac{R_T}{R_T - R} \cdot \frac{r - R}{r} \quad (5)$$

$$C = C_n + (C_z - C_n) \cdot \frac{R_T}{R_T - R} \cdot \frac{r - R}{r} \quad (6)$$

где t , t_a , t_i - температуры, соответственно текущая, на границе пограничного слоя газа и капли и на внешней границе пограничного слоя; C , C_n , C_e - концентрации, соответственно текущая, на границе пограничного слоя и жидкости при температуре жидкости t_a и на внешней границе пограничного слоя газа при температуре газа в потоке t_e ; $R_T = R + \delta_T$.

В этом случае всегда соблюдается условие, что толщина пограничного слоя мала по сравнению с величиной характерного размера капли жидкости, т.е. $\delta_0 \ll R$.

Как показывают расчеты, распределение потенциалов переноса в пограничном слое между газом и каплей жидкости отличается от линейного незначительно. Максимальное отклонение не превышает 0,4% для самого неблагоприятного случая, когда $t_m - t_{жс} = 100^\circ\text{C}$. Таким образом в первом приближении распределение потенциалов переноса в пограничном слое между газом и жидкой каплей можно рассматривать как линейное, что существенно упрощает исследования процессов тепло- и массообмена.

Уравнения для теплопроводности и диффузионного потока массы можно представить в виде:

$$Q = -4\pi \cdot r^2 \cdot \lambda \cdot \frac{dt}{dr} \quad (7)$$

$$I = -4\pi \cdot r^2 \cdot D \cdot \frac{dC}{dr} \quad (8)$$

Здесь производные по температуре берутся при $r = R_T$

$$\frac{dt}{dr} = (t_{жс} - t_m) \cdot \frac{R}{R_T - R} \cdot \frac{1}{R_T} \quad (9)$$

$$\frac{dC}{dr} = (C_z - C_m) \cdot \frac{R}{R_T - R} \cdot \frac{1}{R_T} \quad (10)$$

Подставляя (9) и (10) соответственно в (7) и (8) получим:

$$Q = 4\pi \cdot \lambda \cdot (t_{жс} - t_m) \cdot \frac{R \cdot R_T}{R_T - R}, \quad (11)$$

$$I = 4\pi \cdot D \cdot (C_z - C_n) \cdot \frac{R \cdot R_T}{R_T - R}, \quad (12)$$

С другой стороны, количество испарившейся жидкости (сконденсированного пара):

$$I = -\frac{dm}{d\tau} = -4\pi \cdot \rho \cdot R^2 \cdot \frac{dR}{d\tau} \quad (13)$$

Отсюда можно получить скорость изменения размера капли

$$\frac{dR}{d\tau} = \frac{D \cdot (C_z - C_n)}{\rho} \cdot \frac{R \cdot R_T}{R_T - R} \cdot \frac{1}{R^2}, \quad (14)$$

или, учитывая, что в виду малости толщины пограничного слоя $R \approx R_T$

$$\frac{dR}{d\tau} = \frac{D \cdot (C_z - C_n)}{\rho} \cdot \frac{1}{R_T - R}, \quad (15)$$

В общем случае скорость массопереноса можно выразить через коэффициент массообмена β

$$I = \frac{dm}{d\tau} = f \cdot \beta \cdot (C_z - C_n) \quad (16)$$

интенсивность явного теплообмена – через значения коэффициента теплоотдачи

$$Q_{я} = f \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_{жс}) \quad (17)$$

Выражая в уравнении (16) массу капли через ее объем и плотность получим скорость изменения геометрических размеров капли

$$\frac{dR}{d\tau} = \frac{\beta}{\rho} \cdot (C_2 - C_n) \quad (18)$$

Значения коэффициентов массообмена и теплоотдачи определяются из критериальных уравнений [1].

$$Nu_m = 2 + 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr_m^{0,33} \quad (19)$$

$$Nu = 2 + 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (20)$$

где $Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ - число Нуссельта; $Nu_m = \frac{\beta \cdot d}{D}$ - массообменное число

Нуссельта; $Re = \frac{w \cdot d_{\kappa}}{\nu}$ - число Рейнольдса; $Pr = \frac{\nu}{a}$ - число Прандтля;

$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_v}$ - коэффициент температуропроводности; ν - коэффициент

кинематической вязкости.

Количество теплоты, пошедшее на испарение влаги можно определить как

$$Q_u = \frac{dm}{d\tau} = f \cdot \beta \cdot (C_2 - C_n) \quad (21)$$

Количество теплоты, переданное капле с учетом массообмена, находится из выражения

$$Q_m = Q_{я} + Q_u \quad (22)$$

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Полученные выше соотношения позволяют определить соотношение между явным теплообменом и теплоотдачей за счет испарения (конденсации) влаги, а также определять количества испарившейся (сконденсировавшейся) жидкости, скорость данного процесса и скорость изменения размеров капель жидкости.

Список использованной литературы:

1. Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. Тепломассообмен. :-М., Издательство МЭИ, 2001.

Опубликовано: 01.11.2018 г.

© Академия педагогических идей «Новация», 2018

© Кошелева М.К., Новикова Т.А., Цинцадзе М.З., 2018