

1. A. V. Veston. J. Am. Chem. Soc., 68, 2345 (1946).
2. Ch. Telford, M. G. Van Campen, R. S. Shelton, J. Am. Chem. Soc., 69, 2902 (1947).
3. А. Л. Миджоян, Г. Т. Татевосян, С. Г. Агбальян, ДАН Арм.ССР, 27, 93 (1958).
4. А. А. Агемян, Л. Ш. Пирджанов, Э. А. Маркарян, Арм. хим. ж., 31, 589 (1978).
5. T. Yashiro, K. Yamada, H. Shirai, Chem. Pharm. Bull., 23, 2054 (1975).
6. С. А. Минасян, Е. А. Арпкелян, Э. С. Марошян, Э. А. Маркарян, Арм. хим. ж., 32, 294 (1979).

Армянский химический журнал, т. 36, № 2, стр. 123—127

УДК 66.047.355.048.37+66.015.23.001.57+66.0965

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССООТДАЧИ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ В ПЕННОМ СЛОЕ

С. Н. ЕНГИВАРЯН, П. И. КОСТАНЯН, К. С. ТАМАНЯН,
Ж. М. КАКОЯН и С. Т. КОСТАНЯН

Институт общей и неорганической химии АН Армянской ССР, Ереван

Поступило 31 VII 1981

Определены значения коэффициента массоотдачи β_r в газовой фазе в зависимости от гидродинамических факторов в плоской модели пенного аппарата. Показана решающая роль флуктуаций инерционных сил единицы массы жидкости на β_r .

Рис. 4, библи. ссылок 16.

Процесс массоотдачи в газовой фазе изучен на одновременно протекающем с хемосорбцией процессе испарения воды из 1,8 *н* раствора NaOH в поток смеси CO₂ (3,0% об.) с воздухом в плоской модели пенного аппарата. Схема экспериментальной установки с плоской моделью пенного аппарата приведена в работе [1].

Поверхности контакта фаз (ПКФ): агрегатной—активная, ячейковой—пассивная (поверхность мелких пузырей и ячеек пены). ПКФ, образуемые в пенном слое, определены при помощи кино-фотосъемок [2], а критерий гидродинамического состояния структуры пенного слоя ϵ —записью пульсации перепада давления на слое [2, 3]. Их значения в исследованных пределах изменения гидродинамических факторов можно найти в работах [4, 5].

Для процесса изотермического испарения воды из раствора NaOH в поток смеси CO₂ с воздухом все сопротивление переносу сосредоточено в газовой фазе. Следовательно, общий коэффициент массопередачи можно считать равным коэффициенту массоотдачи в газовой фазе [6, 7].

Коэффициент массоотдачи в газовой фазе, отнесенный к единице площади решетки, вычислен по уравнению:

$$\beta_r A = \frac{W_r \cdot \gamma_r (X_2 - X_1) \cdot R \cdot T}{M \cdot \Delta P_{cp}}, \text{ м/с} \quad (1)$$

где β_r — коэффициент массоотдачи в газовой фазе, отнесенный к единице ПКФ, м/с; A — удельная ПКФ, отнесенная к единице площади

решетки, $\text{м}^2/\text{м}^2$; W_r — скорость газовой смеси в полном сечении аппарата, $\text{м}/\text{с}$; γ_r — удельный вес газа, $\text{кг}/\text{м}^3$; X_1, X_2 — влагосодержание газа на входе и выходе из аппарата, $\text{кг}/\text{кг}$; R — газовая постоянная, $0,0821 \text{ м}^3 \cdot \text{атм}/\text{кмоль} \cdot ^\circ\text{К}$; T — абсолютная температура, $^\circ\text{К}$; M — молекулярный вес; $\Delta P_{\text{ср}}$ — движущая сила процесса испарения, которая определяется по уравнению:

$$\Delta P_{\text{ср}} = \frac{(P_p - P_1) - (P_p - P_2)}{2,3 \lg \frac{P_p - P_1}{P_p - P_2}}, \text{ атм} \quad (2)$$

где P_1, P_2 — парциальные давления водяных паров в газе на входе и выходе, атм ; P_p — равновесное парциальное давление водяных паров над раствором при температуре слоя, атм .

Ранее нами было показано [8], что доля переноса на ячейковой ПКФ, вследствие пассивного газообмена ячейкового газонаполнения с основным потоком газа, составляет гораздо меньше десятой части общего переноса. Поэтому истинное значение коэффициента массоотдачи в газовой фазе определено нами на основании только агрегатной ПКФ по уравнению:

$$\beta_r = \frac{\beta_r A}{A_{\text{агр}}}, \text{ м}/\text{с} \quad (3)$$

где $A_{\text{агр}}$ — агрегатная ПКФ, отнесенная к единице площади решетки, $\text{м}^2/\text{м}^2$.

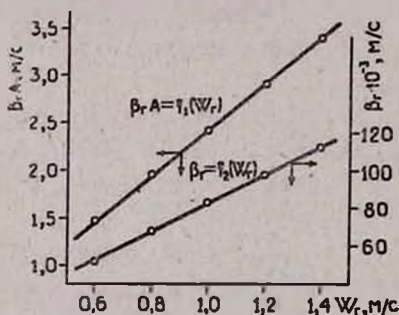


Рис. 1. Зависимость коэффициентов массоотдачи в газовой фазе $\beta_r A$ и β_r , отнесенных, соответственно, к единице площади решетки и к единице агрегатной ПКФ от скорости газа W_r на полном сечении аппарата, $h_n = 100 \text{ мм}$, $L = 2,14 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$.

Результаты исследований показывают, что с увеличением скорости газа W_r на полном сечении аппарата $\beta_r A$ и β_r растут (рис. 1). Аналогичный рост $\beta_r A$ наблюдали и другие исследователи [6, 9—11]. В работах [6, 11] определен также β_r , поведение которого согласуется с нашими данными. Однако в них β_r найдены на основании значений ПКФ, определенных химическим методом [12, 13], который дает интегральное, фиктивное значение ПКФ, не существующее в реальном пенном слое. Сравнение значений β_r , найденных при помощи других методов определения ПКФ [14—16], не представляет интереса, потому что они не позволяют установить внутреннюю структуру пенного слоя и наличие в нем активной и пассивной ПКФ [2, 5].

Сравнение полученных графиков показывает, что увеличение $\beta_r A$ происходит за счет роста как ПКФ, так и β_r , причем в большей степени за счет последнего. Такое поведение β_r при увеличении W_r обусловлено повышением турбулентности газовой фазы вследствие роста скорости флуктуации жидкой фазы (в том числе и агрегатной ПКФ), о чем свидетельствует поведение ε [4].

Другая картина наблюдается при увеличении высоты исходного слоя жидкости h_0 на решетке (рис. 2). При этом $\beta_r A$ растет, а β_r уменьшается. Рост $\beta_r A$ при увеличении h_0 наблюдали и другие исследователи [6, 11], но причина роста не выяснена. Полученные графики показывают, что увеличение $\beta_r A$ является следствием роста ПКФ. Уменьшение β_r при этом обусловлено понижением турбулентности газовой фазы из-за аналогичного поведения жидкой фазы (в частности, уменьшения скорости флуктуации агрегатной ПКФ), о чем свидетельствует поведение ε [4] при увеличении h_0 .

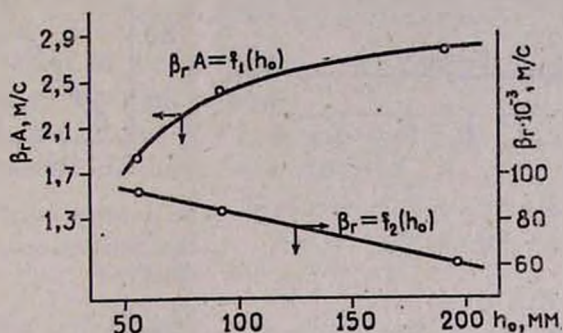


Рис. 2. Зависимость $\beta_r A$ и β_r от высоты исходного слоя жидкости h_0 .
 $W_r = 1.0$ м/с, $L = 2.14$ м³·м²·ч.

Графо-аналитическая обработка зависимости β_r от h_0 дает уравнение:

$$\beta_r = (105 - 0.23 h_0) \cdot 10^{-3} \text{ м/с} \quad (4)$$

Обработка зависимости β_r от W_r в координатах $\beta_r / (105 - 0.23 h_0) \cdot 10^{-3}$ и W_r (т. е. с учетом влияния изменения h_0) дает следующее уравнение связи:

$$\beta_r = (0.85 W_r + 0.13) (105 - 0.23 h_0) \cdot 10^{-3} \text{ м/с} \quad (5)$$

Результаты исследований показывают небольшой рост $\beta_r A$ и постоянство β_r при повышении плотности орошения L от 1.0 до 6.5 м³/м²·ч (рис. 3). Полученный небольшой рост $\beta_r A$ при увеличении L хорошо согласуется с литературными данными [6]. В координатах $\beta_r / (105 - 0.23 h_0) \cdot 10^{-3}$ и L значение β_r практически не меняется. Такое поведение β_r говорит о том, что при увеличении L структура слоя не претерпевает заметных изменений. Небольшое изменение h_0 практически

не сказывается на скорости флуктуации структурных параметров, т. е. на турбулентности фаз, о чем свидетельствует поведение ε [4]. Вышеизложенное подтверждает вывод [1] о том, что в случае хемосорбции CO_2 из смеси с воздухом 1,8 н раствором NaOH рост истинного коэффициента массопередачи K_m , отнесенного к единице агрегатной ПКФ, при увеличении L обусловлен концевым эффектом.

Таким образом, влияние W_r , h_0 , L на коэффициент массоотдачи в газовой фазе, при прочих почти равных условиях, выражается уравнением (5), которое справедливо в исследованных пределах изменения параметров.

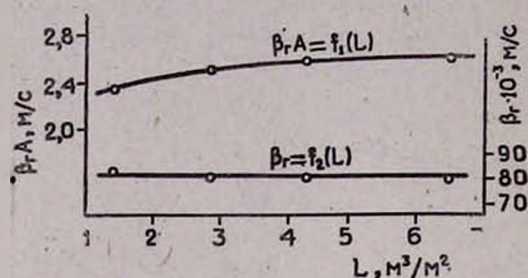


Рис. 3. Зависимость $\beta_r A$ и β_r от плотности орошения $L \cdot h_n = 100$ мм; $W_r = 1,0$ м/с.

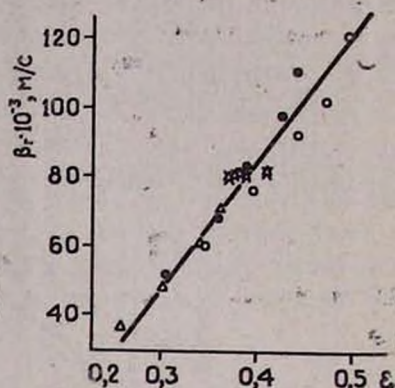


Рис. 4. Зависимость β_r от критерия гидродинамического состояния структуры пенного слоя ε . $\circ$ — $h_n = 50$ мм; $\odot$ — $h_n = 100$ мм; $\triangle$ — $h_n = 200$ мм; $\times$ — $L = 1,4 - 6,4$ м³/м²·ч; $W_r = 0,6 - 1,4$ м/с.

Предположение [8] о том, что массоперенос между фазами в пенном слое в случае хорошо и среднерастворимого газа происходит в основном через агрегатную ПКФ, в этом случае более правомерно. Весь объем газа, проходящий через слой, почти насыщается. Лишь меньшие десятой доли общего расхода газа проходит через слой путем образования ячеек.

Зависимость истинного коэффициента массоотдачи в газовой фазе β_r от критерия гидродинамического состояния структуры пенного слоя ε (рис. 4) для всего диапазона изменения гидродинамических факторов выражается:

$$\beta_r = (368,7 \varepsilon - 62) \cdot 10^{-3}, \text{ м/с} \quad (6)$$

Полученное уравнение (6) показывает, что критерий ε способен характеризовать поведение β_r .

ՆՅՈՒԹԱՓՈԽԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՊՐՈՑԵՍԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՓՐՓՐԱՇԵՐՏԻ ԳԱԶԱՅԻՆ ՖԱԶՈՒՄ

Ս. Ն. ԵՆԴԻԲԱՐՅԱՆ, Գ. Ի. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ, Ժ. Ս. ԲԱՄԱՆՅԱՆ,
Ժ. Մ. ԿԱԿՈՅԱՆ և Ս. Տ. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ

Որոշված են փրփրաշերտի գազային ֆազում նյութափոխանակության գործակցի իրական արժեքները β_z կախված հիդրոդինամիկական գործոններից:

Ցույց է տրված, որ ուսումնասիրության սահմաններում փրփրաշերտի կառուցվածքի հիդրոդինամիկական վիճակի շափանիշը բնութագրում է β_z -ի վարքը:

INVESTIGATION OF GAS PHASE MASS-TRANSFER PROCESSES
IN FROTH BEDS

S. N. YENGIBARIAN, P. I. KOSTANIAN, K. S. TAMANIAN,
Zh. M. KAKOYAN and S. T. KOSTANIAN

The true values of the gas phase mass-transfer coefficient β_z have been determined in the froth bed.

It has been shown that the hydrodynamic state criteria of the froth bed structure characterize the β_z behaviour,

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С. Н. Енгибарян, П. И. Костанян, К. С. Таманян, Ж. М. Какоян, С. Т. Костинян Арм. хим. ж., 35, 802 (1982).
2. С. Н. Енгибарян, Э. Я. Тарат, И. П. Мухленов, А. Т. Бартов, ЖПХ, 43, 1178 (1970).
3. И. П. Мухленов, Э. Я. Тарат, С. Н. Енгибарян, А. Т. Бартов, ЖПХ, 48, 1010 (1975).
4. С. Н. Енгибарян, И. П. Мухленов, Э. Я. Тарат, Изв. АН Арм. ССР, сер. техн., 32, № 2, 49 (1978).
5. С. Н. Енгибарян, И. П. Мухленов, Э. Я. Тарат, Арм. хим. ж., 32, 360 (1979).
6. А. И. Родионов, А. А. Винтер, Тр. МХТИ им. Д. И. Менделеева, 51, 11 (1966).
7. В. М. Рамм, Абсорбция газов, Изд. «Химия», Л., 1976, стр. 147.
8. И. П. Мухленов, Э. Я. Тарат, С. Н. Енгибарян, А. Т. Бартов, Изв. вузов, хим. и хим. технол., 19, 134 (1975).
9. Г. П. Соломахин, А. Н. Пляновский, Хим. и технол. топлив и масел, 1, № 6, 1 (1962) 1, № 10, 1 (1962).
10. А. А. Носков, ЖПХ, 36, 2000 (1963).
11. А. И. Родионов, А. А. Винтер, в сб. «Тепло- и массоперенос», т. 4, Минск, 1968, стр. 12.
12. А. И. Родионов, А. А. Винтер, Изв. вузов, Хим. и хим. технол. 6, 970 (1966).
13. K. R. Westerterp, L. L. Van Dierendonk, J. A. Kraai, Chem. Eng. Sci., 18, 157 (1963).
14. P. H. Calderterp, J. Rennie, Trans. Inst. Chem. Eng., 40, 3 (1962).
15. P. H. Calderbank, F. Evans, I. Rennie, Intern. Sympos. Distill (Brighton); 35 (1960); P. H. Calderbank, M. B. Moo-Young, Ibid., p. 43.
16. А. И. Родионов, Б. А. Ульянов, Тр. МХТИ им. Д. И. Менделеева, 58, 95 (1967).