

Определение поверхности контакта фаз при абсорбции CO₂ водой в капиллярно-пористом элементе

Свитлык А.Н. асп., Прохоров А.Н., доц.

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрены процессы, происходящие на межфазной поверхности. Выведена формула для определения поверхности контакта фаз абсорбционных массообменных процессов, происходящих в капиллярно-пористом элементе. Увеличение скорости газовой фазы и увеличение относительной скорости фаз уменьшает образование и обновление межфазной поверхности; полученные результаты исследования можно использовать для других массообменных процессов; выявлены пути, приводящие к росту межфазной поверхности контакта фаз.

Основной вопрос теории массопередачи заключается в выявлении процессов, происходящих на межфазной поверхности. Необходимо не только выявить механизм переноса вещества через межфазную поверхность – молекулярный или турбулентный, но и выявить совокупность взаимодействия микро- и макроэффектов.

Из-за сложности одновременного действия явлений и эффектов в двухфазных системах до настоящего времени не создана теория массопередачи на подвижной границе раздела фаз.

Нарушение равновесия на поверхности раздела фаз вызывает неравномерность поверхностного натяжения, что является причиной возникновения межфазной конвекции, которая делится на упорядоченную и не упорядоченную. Данный эффект влияет на массоперенос между фазами и приводит к деформации границы раздела фаз.

Тангенциальные силы, приложенные к поверхности раздела фаз вызывают циркуляционные потоки в элементах дисперсной фазы и интенсифицируют процессы массоотдачи. Нормальные и тангенциальные напряжения на границе раздела фаз переориентируют элементарные объемы в пространстве, меняют траекторию их движения и деформируют поверхность раздела фаз.

Значительный вклад в деформацию границы раздела фаз вносят турбулентные вихри, которые могут быть такими, что граница раздела фаз разрывается и элементарные объемы разделяются на более мелкие объемы.

Скоростная неравномерность фаз приводит к появлению поверхностной диффузии, которая создает неравномерность поверхностного натяжения на межфазной поверхности и появляется эффект тушения циркуляционных потоков.

Каждый элементарный объем дисперсной фазы при сжатом движении сплошной фазы оставляет в нем турбулентный след. Вихри, образующиеся от данных следов, взаимодействуют между собой и вызывают турбулизацию сплошной фазы. Изменение траектории движения элементарных объемов приводит к их столкновению и, как следствие, перераспределение концентрации, температур и давлений внутри элементов дисперсной фазы.

Для абсорбционных массообменных процессов, происходящих в капиллярно-пористом элементе, на основе баланса тангенциальных сил, приложенных к различным фазам и, движущихся с относительной скоростью $\omega = U_b - U_s$ вызывают обновления поверхности раздела фаз, которая определяется по формуле.

$$F = \pi(R_c - \delta) \left(\frac{L_c^2}{L_c + L_b} \right) \cdot \left(\frac{U_b - U_s}{U_s} \right) \quad (1)$$

где R_c – радиус капилляра, м; δ – толщина газовой пленки, м; L_c , L_s , L_b – длина капиллярно-пористого модуля, длина жидкостного снаряда и длина газового пузырька, м; U_b , U_s – скорость движения газового пузырька и жидкостного снаряда, м/с.

На рис. 1 и 2 представлены зависимости образованной и обновленной поверхности контакта фаз от значения скорости движения газовой фазы для капиллярных каналов диаметром $d_k=10$ мм и $d_k=20$ мм.

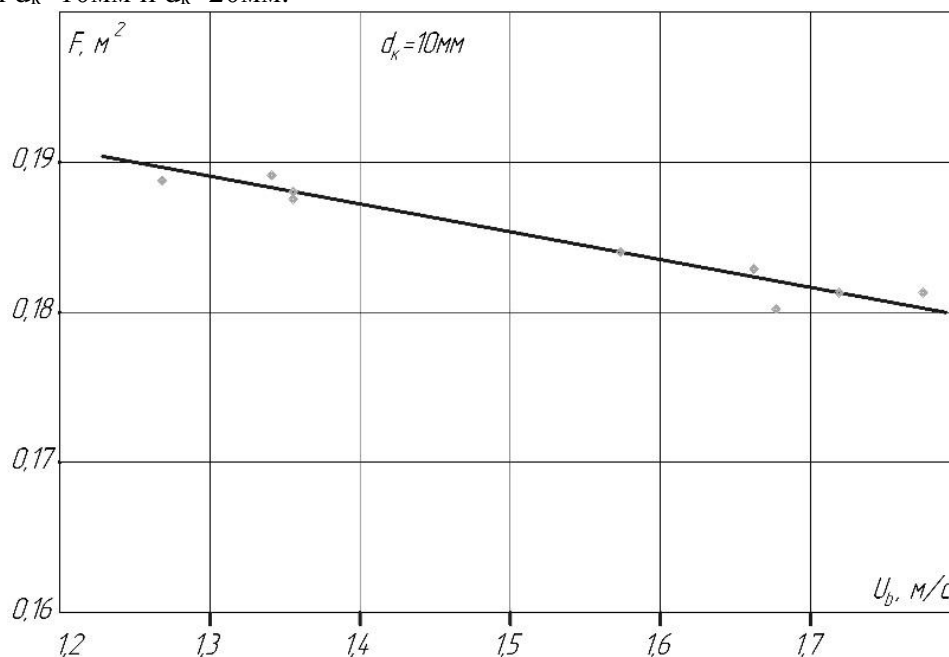


Рис. 1. Зависимость площади обновленной поверхности от изменения скорости газовой фазы для капиллярных каналов диаметром $d_k=10$ мм.

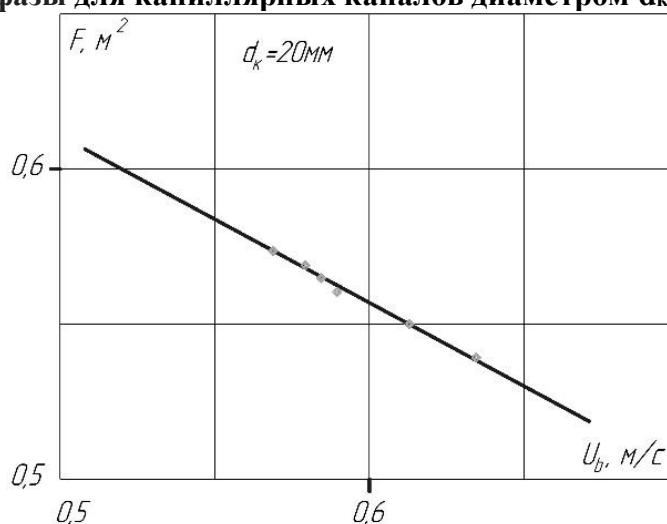


Рис. 2. Зависимость площади обновленной поверхности от изменения скорости газовой фазы для капиллярных каналов диаметром $d_k=20$ мм.

Для капилляра $d_k=10$ мм, скорость движения газовой фазы изменяли от $U_b=1,2$ м/с до $U_b=1,8$ м/с, а для капилляров $d_k=20$ мм ее изменяли в диапазоне от 0,55 до 0,65 м/с.

С повышением скорости газовой фазы, независимо от величины капиллярного канала, межфазная поверхность раздела фаз уменьшается. Данный эффект можно объяснить тем, что на создание новой поверхности раздела фаз больше влияет длина жидкостного снаряда, чем значение скорости сплошной газовой фазы. Чем меньше жидкостный снаряд, тем больше скорость циркуляции жидкости в жидком снаряде.

По результатам математической обработки значения поверхности контакта фаз от изменения скорости газовой фазы, получили постоянную зависимость

$$F = a - b \cdot U_b \quad (2)$$

где a , b – экспериментальные коэффициенты, которые зависят от диаметра капиллярного канала и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значение экспериментальных коэффициентов

Значение диаметра капиллярного канала	Значение экспериментальных коэффициентов	
	a	b
$d_k=10\text{мм}$	0,213	0,0185
$d_k=20\text{мм}$	0,876	0,5313

На рис. 3 приведены экспериментальные исследования зависимости величины поверхности межфазного контакта от изменения скорости относительного движения фаз.

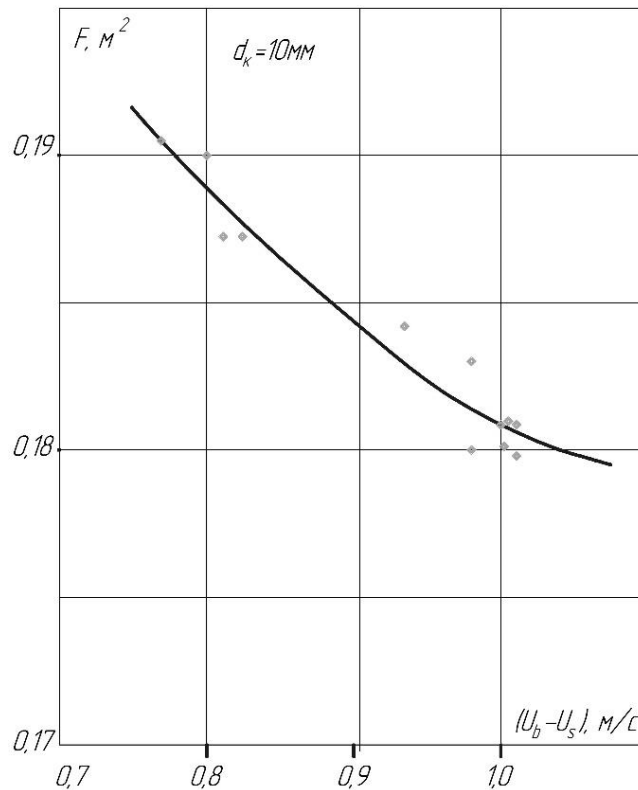


Рис. 3. Зависимость площади обновленной поверхности от скорости скольжения фаз

С повышением скорости относительного движения фаз значение межфазной поверхности фаз уменьшается. Увеличение скорости относительного движения фаз приводит к неравномерности поверхностного натяжения на межфазной поверхности, при этом уменьшаются циркуляционные потоки в жидком снаряде и, как следствие, уменьшается обновлённая и созданная межфазная поверхность контакта фаз.

Зависимость площади обновленной поверхности от скорости относительного движения фаз описывается уравнением.

$$F = 0,125(U_b - U_s)^2 - 0,263(U_b - U_s) + 0,319 \quad (3)$$

Деформация границы раздела фаз связана с появлением следующих эффектов:

- измельчение жидкостных снарядов и газовых пузырьков способствуют увеличению образованной поверхности контакта фаз;
- рост сил поверхностного натяжения вызывают развитие межфазной турбулентности и поверхности контакта фаз;

- значение физико-химических характеристик в микрообъемах фаз вызывает изменения состава, температуры, давления и степени отклонения двухфазной системы от динамического равновесия.

По результатам экспериментальных исследований абсорбции газового диоксида углерода водой при использовании капиллярно-пористых элементов можно сделать следующие выводы:

- 1) увеличение скорости газовой фазы и увеличение относительной скорости фаз уменьшает образование и обновление межфазной поверхности;
- 2) полученные результаты исследования можно использовать для других массообменных процессов;
- 3) выявлены пути, приводящие к росту межфазной поверхности контакта фаз.

Definition of a surface of contact of phases at absorption by CO₂ water in a capillary and porous element

Svitlyk A.N. graduate student, Prokhorov A.N., associate professor.

National University of Food Technologies

Summary

As a result of experimental studies is defined functional dependence of the area of the updated surface from change of hydrodynamic characteristics of gas-liquid system. It is revealed that with increase of speed of a gas phase, irrespective of the size of the capillary channel, the interphase interface of phases decreases, and with increase of speed of the relative movement of phases value of an interphase surface of phases decreases