

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОЙ ПЛЕНКИ, ЗАКРУЧЕННОЙ ПОТОКОМ ГАЗА

Для расчета эффективности контактных устройств с взаимодействием фаз в закрученном газожидкостном потоке необходимо знать гидродинамические и массообменные параметры пленки жидкости, имеющей сложную структуру [1].

Ранее [2] при экспериментальном исследовании закономерностей течения пленки была использована индикаторная методика получения кривых отклика системы на ступенчатое возмущение. Известно несколько методов обработки кривых отклика [3,8]. В работе [2] параметры закрученной пленки жидкости рассчитывались с помощью комбинированной модели, работоспособность которой определялась при сравнении теоретических и экспериментальных функций интенсивности (среднее отклонение - 15%).

Анализ опытных данных по толщине пленки, скорости ее движения, волнообразованию дает основания принять следующие допущения для описания поля концентраций:

- изменение концентрации имеет место по длине и во времени и отсутствует по радиусу;
- среднерасходная скорость течения пленки и коэффициент турбулентной диффузии - величины постоянные.

Исходя из вышесказанного, поле концентраций в пленке жидкости можно описать уравнением

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} = -u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + D \frac{\partial^2 \bar{c}}{\partial x^2} \quad (1)$$

Воспользуемся решением уравнения (1), приведенным в [4], при следующей постановке задачи:

$$\frac{\partial C}{\partial H} = - \frac{\partial C}{\partial X} + \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 C}{\partial X^2}, \quad /-\infty < X < \infty /; \quad (2)$$

$$C(0, X) = \delta(X); \quad (3)$$

$$C = \frac{\exp\left(\frac{Pe}{2} - \frac{PeH}{4} - \frac{Pe}{4H}\right)}{2\sqrt{\frac{\pi H}{Pe}}}. \quad (4)$$

Интегральная функция распределения, полученная в [1], связана с уравнением (4) зависимостью, приведенной в [5]:

$$C = - \frac{dI}{dH}. \quad (5)$$

После преобразования получим

$$I = 1 - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Pe}{\pi}} \exp \frac{Pe}{2} \int_0^{H_i} \frac{dH}{\sqrt{H} \exp \frac{Pe}{4} \left(H + \frac{1}{H}\right)}. \quad (6)$$

Значение критерия Пекле при известном среднем времени пребывания жидкости может быть получено методами, которые анализируются в работе [6]. В настоящей работе как Pe , так и τ находились путем минимизации функционала

$$f = \sum_{i=1}^k \left[1 - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Pe}{\pi}} \exp \frac{Pe}{2} \int_0^{H_i} \frac{dH}{\sqrt{H} \exp \frac{Pe}{4} \left(H + \frac{1}{H}\right)} - I_i \right]^2 \quad (7)$$

при сопоставлении теоретических и экспериментальных функций распределения методом сравнения [7], реализованным на ЭВМ "Минск-22". В результате получены параметры течения закрученной пленки жидкости (табл. 1) и проверена адекватность модели.

На рис. 1 представлены результаты сравнения. Отклонение теоретических значений от экспериментальных не превы-

Т а б л. 1. Параметры закрученной пленки жидкости

q м ³ /м·ч	W, м/с	Re	τ, с	δ, мм	D, м ² /с
1,60	18,10	1,50	0,040	0,50	0,030
2,10	18,10	1,10	0,020	0,30	0,070
2,60	18,10	0,90	0,030	0,30	0,100
3,10	18,10	1,10	0,020	0,40	0,070
3,60	18,10	1,50	0,050	1,10	0,020
1,60	21,20	1,40	0,040	0,40	0,030
2,10	21,20	0,80	0,020	0,20	0,140
2,60	21,20	1,30	0,030	0,50	0,040
3,10	21,20	1,20	0,030	0,50	0,060
3,60	21,20	1,20	0,030	0,70	0,050
1,60	25,80	1,10	0,020	0,20	0,060
2,10	25,80	0,90	0,020	0,20	0,120
2,60	25,80	1,20	0,030	0,50	0,050
3,10	25,80	0,80	0,020	0,30	0,150
3,60	25,80	0,90	0,020	0,40	0,120

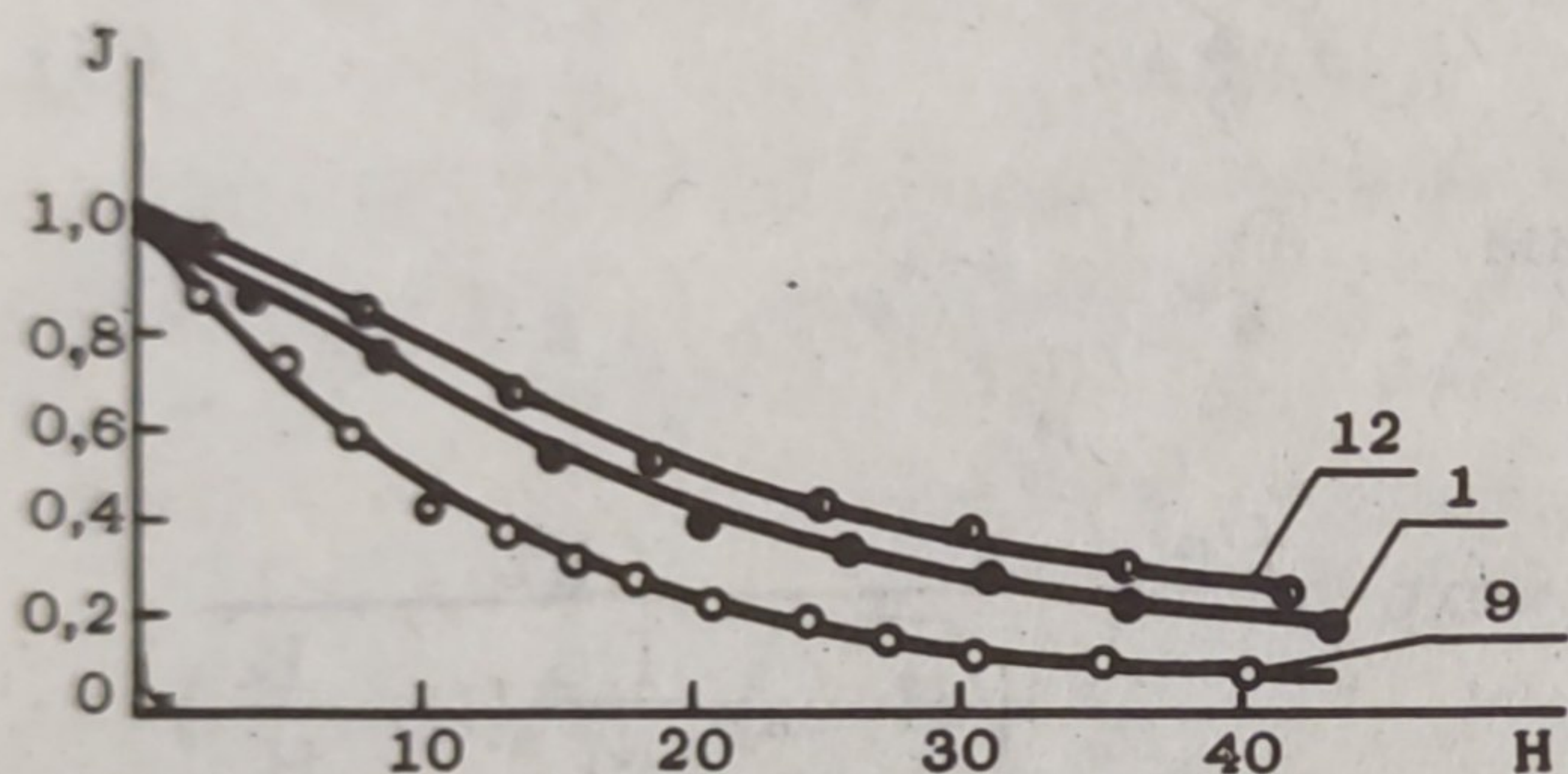


Рис. 1. Интегральные функции распределения. Сплошные линии – расчетные значения O, ●, ○ – экспериментальные точки 1, 9, 12 – данные табл. 1.

шает 2%, что свидетельствует о предпочтительности диффузионной модели в данном случае перед комбинированной [2].

О б о з н а ч е н и я

C – концентрация, кг/м³; $\bar{C} = \frac{\bar{C} V}{Q}$ – безразмерная концентрация; V – объем жидкости между сечениями ввода и измерения концентрации индикатора, м³; Q – количество введенного индикатора, кг; D – коэффициент турбулентной диффузии, м²/с; δ – толщина пленки, мм; δ(X) – функция Дирака; $H = \frac{t}{\tau}$ – безразмерное время; t – время, с; τ – среднее время пребывания жидкости, с; I – интегральная функция распределения; k – количество точек; q – орошение, м³/м·ч; $Re = \frac{uL}{D}$ – критерий Пекле; L – расстояние от точки ввода до

точки измерения концентрации индикатора, м; u – среднерасходная скорость жидкости, м/с; \bar{x} – продольная осевая координата, м; $X = \frac{\bar{x}}{L}$ – безразмерная координата; W – среднерасходная скорость газа, м/с.

Выводы. Установлено, что с помощью диффузионной модели можно описать распределение концентраций в пленке жидкости, движущейся под действием закрученного газового потока.

Определены значения критерия Пекле, коэффициента турбулентной диффузии, среднего времени пребывания и средней толщины пленки жидкости от нагрузок по фазам.

Л и т е р а т у р а

1. Ершов А.И. Разработка, исследование и применение элементарных ступеней контакта с взаимодействием фаз в закрученном потоке. Автореф. докт. дис. Л., 1975, с. 4.
2. Качашвили В.Г., Зорина Г.И., Ершов А.И. Применение индикаторной методики для исследования структуры потока жидкости в контактном устройстве. Деп. ВИНТИ. М., 1976.
3. Тодес О.М., Лезин Ю.С., Шейнина Л.С. Методы определения коэффициентов перемешивания по кривым отклика. – ТОХТ, 1968, 2, № 1, с. 103.
4. Дильман В.В., Айзенбуд М.Б., Шульц Э.З. Роль продольного перемешивания в макрокинетике химических реакторов. – Химическая промышленность, 1966, №2, с. 43.
5. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. М., 1969, с. 178.
6. Розенберг М.М., Хейфец Л.И., Кац М.Б. К определению параметра диффузионной модели продольного перемешивания. – ТОХТ, 1970, 4, № 4, с. 523.
4. Розенброк Х., Сторн С. Вычислительные методы для инженеров-химиков. М., 1968, с. 105.
8. Bischoffj К.В., Cracken E.A. Tracer tests in flow systems. – Ind. Eng. Chem., 1966, 58, N 7., p.49.