

УДК 674.817

О.Г. БАРАШКО,

П.В. ПОЛЗИК, канд.техн.наук (БТИ)

ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ В БЫСТРОХОДНОМ СМЕСИТЕЛЕ

Процесс смешивания измельченных древесных частиц со связующим в производстве древесностружечных плит заключается в равномерном распределении поступающего объема связующего по поверхности древесных частиц. Операция производится в быстроходных смесителях и время нахождения измельченных древесных частиц в смесителе составляет приблизительно 10 с. Таким образом, степень смешивания компонентов (древесных частиц и связующего) зависит от времени контактирования и времени пребывания древесных частиц в смесителе.

В реальной непрерывной системе в силу стохастической природы движения частиц всегда имеет место неравномерность распределения древесных частиц по времени пребывания в смесителе.

Причинами, вызывающими неравномерность распределения элементов потока в смесителе по времени пребывания, могут быть: неравномерность профиля скоростей системы, турбулизация потоков, неоднородность свойств и геометрических размеров древесных частиц. Неравномерность потоков оценивается функциями распределения, которые отражают корреляционную связь между частицами потока и времени.

На практике используют I-функцию распределения и E-функцию распределения [1] — [3]. Так как указанные функции нельзя изменить непосредственно, необходимо обратиться к методам, оценивающим реакции системы на возмущения. Используя эти методы, мы искусственно нарушаем установившееся состояние системы и затем наблюдаем, как она реагирует на подобные возмущения. Анализируя реакцию системы, можно получить всю необходимую информацию о ней.

Сигналы, являющиеся возмущениями, могут иметь различную форму: случайную, циклическую, ступенчатую или импульсную. Ограничимся лишь ступенчатой и импульсной формой возмущения вследствие сходства кривых отклика их на такие возмущения с кривыми, характеризующими функции распределения I и E. В нашем случае фактором возмущающего воздействия может быть введение в смеситель вместе с поступающим потоком древесных частиц трассера. Для этой цели используем подкрашенные древесные частицы. Зависимость, описывающая изменение наличия трассера в потоке, выходящем из смесителя, и полученная в результате реакции на изменение в виде δ -функции (импульсное) указанного содержания во входном потоке древесных частиц, носит название S-кривой.

Зависимость содержания трассера в потоке, выходящем из смесителя, полученная путем нанесения скачкообразного возмущения во входном потоке древесных частиц, носит название F-кривой.

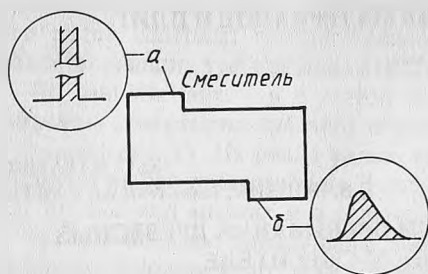


Рис. 1. Определение Е-функции распределения экспериментальным путем: а — место приложения и форма возмущающего воздействия; б — место измерения и форма отклика системы

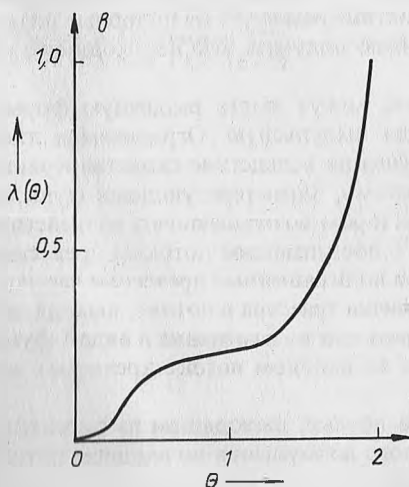
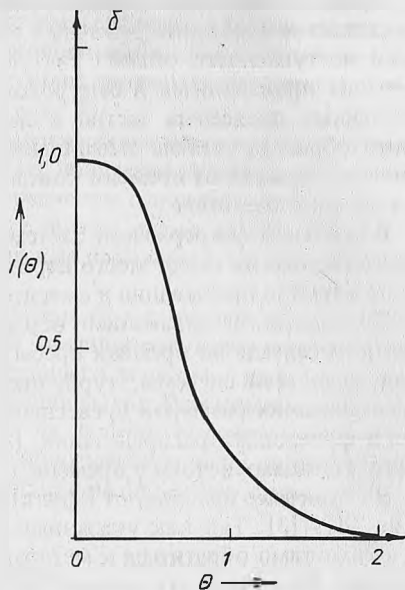
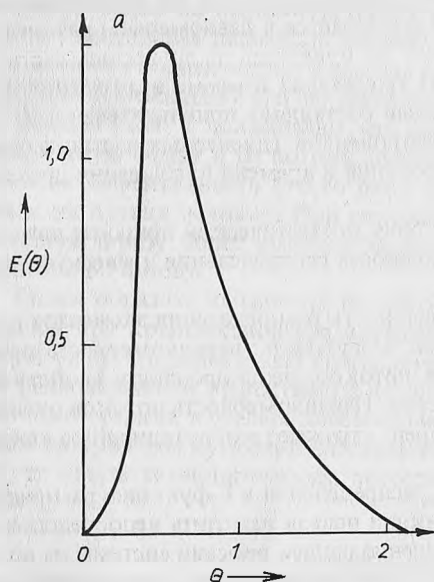


Рис. 2. Экспериментальные Е-функция (а); I-функция (б) и соответственно функция распределения интенсивного $\lambda(\theta)$

Эти кривые и функции распределения связаны между собой:

$$F(\theta) + I(\theta) = 1 \quad (1); \quad C(\theta) = E(\theta) = \frac{dF(\theta)}{d(\theta)} = -\frac{dI(\theta)}{d\theta}, \quad (2)$$

где $\theta = t/\bar{t}$; t — время; \bar{t} — среднее время пребывания частиц в смесителе.

Уравнения (1) и (2) показывают, что, воспользовавшись данными, полученными в результате эксперимента по методу реакции системы на ступенчатое или импульсное возмущение, мы можем найти распределение времени пребывания древесных частиц внутри смесителя.

Функции распределения могут быть выражены как в безразмерных единицах времени θ , так и в обычных: $E(\theta) = \bar{t}E(t)$; $I(\theta) = \bar{t}I(t)$.

Эксперимент проводился следующим образом. Один килограмм трассера (подкрашенной стружки) подавался на вход смесителя (рис. 1). На выходе из смесителя (с интервалом $\Delta t = 1$ с) брались пробы в емкость объемом $5 \times 5 \times 10 \text{ см}^3$. После этого все пробы проверялись на наличие трассера. Опыт повторялся 10 раз. Усредненные значения массы трассера в емкости представлены в табл. 1 и соответствуют отклику процесса смешивания, протекающему в смесителе, на возмущение в виде δ -функции.

Площадь, ограниченная кривой реакции системы на возмущение в координатах масса трассера—время, составляет:

$$\begin{aligned} & 15 \\ & \sum_{i=1}^{15} G_i \Delta t = (10 + 31 + 92 + 100 + 75 + 61 + 45 + 33 + 28 + 20 + 15 + 10 + \\ & + 6 + 2 + 0,1) \cdot 1 = 528,1 \text{ г с,} \end{aligned}$$

где $\Delta t = 1$ с — интервал квантования.

Эта площадь характеризует массу трассера, введенного в смеситель при нанесении возмущения. Чтобы найти $E(t)$, указанную площадь надо приравнять единице. Следовательно, каждое значение содержания трассера необходимо разделить на $\sum G \Delta t$

$$E_i(t) = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^{15} G_i \Delta t} \quad (3)$$

Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Чтобы получить значение функции распределения $E(\theta)$, переходим от t к θ . Для этого вначале определим среднее время пребывания трассера в смесителе по формуле [3]:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{15} G_i t_i}{\sum_{i=1}^{15} G_i} = \frac{3912}{528,1} = 7 \text{ с.}$$

Т а б л и ц а 1. Усредненные значения содержания трассера в емкости

Время t, с	0	1	2	3	4	5	6	7
Масса трассера в емкости G _i , г	0	10	31	92	100	75	61	45
Время t, с	8	9	10	11	12	13	14	15
Масса трассера в емкости G, г	33	28	20	15	10	6	2	0,1

Т а б л и ц а 2. Изменения функции распределения E(θ) в безразмерных единицах времени

i	t, с	E(t)	θ	E(θ)	Площадь, соответствующая интервалу между i-1 и i $\frac{E_i + E_{i-1}}{2} (\theta_i - \theta_{i-1})$	F(θ) = ΣEΔθ	I=1-F(θ)
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0,019	1/7	0,133	0,0095	0,0095	0,9905
2	2	0,058	2/7	0,406	0,0385	0,048	0,952
3	3	0,174	3/7	1,218	0,116	0,164	0,836
4	4	0,190	4/7	1,330	0,182	0,346	0,654
5	5	0,142	5/7	0,994	0,166	0,512	0,488
6	6	0,115	6/7	0,805	0,1285	0,640	0,36
7	7	0,085	1	0,595	0,1	0,74	0,26
8	8	0,063	8/7	0,441	0,074	0,814	0,186
9	9	0,053	9/7	0,371	0,058	0,872	0,128
10	10	0,038	10/7	0,266	0,045	0,917	0,083
11	11	0,028	11/7	0,196	0,033	0,95	0,05
12	12	0,019	12/7	0,133	0,024	0,974	0,026
13	13	0,011	13/7	0,077	0,016	0,990	0,01
14	14	0,004	2	0,028	0,0079	0,9979	0,0021
15	15	0,0002	15/7	0,0014	0,002	0,9999	0,0001

Далее, используя формулу (3), получим

$$E_i(\theta) = \bar{t}E_i(t) = \frac{7G_i}{15 \sum_{i=1} G_i \Delta t}$$

Результаты вычислений сводим в табл. 2. Графически E-функция распределения представлена на рис. 2,а.

Для того чтобы найти I-функцию распределения по уравнению (1), вычислим ее значения в точках, соответствующих тем моментам времени, в которые выполнены измерения содержания трассера, т.е.:

$$I(\theta) = 1 - F(\theta) = 1 - \int_0^{\theta} E d\theta = 1 - \Sigma E \Delta \theta .$$

В табл. 2 и на рис. 2,б показаны расчет и вид I-функции распределения. Анализируя полученные функции распределения отметим, что процесс смешивания древесных частиц со связующим с точки зрения распределения частиц по времени пребывания в смесителе является стохастической системой пуассоновского типа с плотностью функции распределения [2]:

$$p(t) = \lambda(t) \exp \left(- \int_0^t \lambda(\xi) d\xi \right),$$

где $\lambda(t)$ — мгновенная интенсивность потока (в нормированном виде $\lambda(\theta) = \frac{1}{t} \lambda(t)$).

Полученное выражение для плотности функции распределения пуассоновского потока в точности совпадает с функцией распределения времени пребывания частиц гидродинамического потока в смесителе, т.е. E-функции. Функция интенсивности $\lambda(t)$ несет определенный физический смысл: ее можно рассматривать как вероятность выхода частицы из смесителя, которая находилась в нем в течение времени t . По виду этой функции можно судить о характере неоднородностей потоков в смесителе

$$\lambda(t) = \frac{E(t)}{tI(t)}$$

или в нормированном виде

$$\lambda(\theta) = \frac{E(\theta)}{I(\theta)} .$$

Вид функции интенсивности $\lambda(\theta)$ приведен на рис. 2,в.

Характер функции интенсивности для нашего случая выразится в постепенном возрастании $\lambda(\theta)$. Возрастающий характер объясняется тем, чем дольше часть древесных частиц остается в смесителе, тем больше вероятность выхода их из смесителя.

Пользуясь основным свойством λ -функции рельефно отражать особенности гидродинамической структуры потока в смесителе, ее в дальнейшем можно использовать для установления адекватности модели объекту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В. Основы массопередачи. — М.: Высш. шк., 1972. — 494 с.
2. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Липатов Л.Н. Системный анализ процессов химической технологии: Стат. методы идентификации процессов химической технологии. — М.: Наука, 1982. — 344 с.
3. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. — М.: Химия, 1969. — 621 с.