ходной воды [2]. Через 10–12 циклов гидравлической промывки процесс восстановления фильтрующей способности достигается на 70–75 % [3].

Один-два раза в год производится усиленная циркуляционная промывка мембран специальными моющими средствами [2]. Полное восстановление работы фильтрующих перегородок производится химической регенерацией [3].

Все вышесказанное позволяет говорить о значительных преимуществах применения ультрафильтрации для улучшения схемы очистки СВ на ГОСК г. Ульяновска. Ультрафильтрационная установка позволяет исключить первичное отстаивание после механической очистки, тем самым, уменьшив время и повысив эффективность очистки СВ.

Список литературы

1. Инновационные мембранные технологии очистки мыло- и жиросодержащих сточных вод / В.С. Мачигин [и др.] // Водоочистка. – 2010. – № 8. – С. 57–58.
2. Мембранные методы очистки воды // Чистый город. – 2008. – № 4 (44). – С. 2–5.
3. Найденко В.В., Губанов Л.Н. Очистка и утилизация промстоков гальванического производства. – Н.-Новгород: «ДЕКОМ», 1999. – 368 с.
4. Оствальд Вольфганг Краткое практическое руководство по коллоидной химии. Пер. с нем. / Под ред. Б.В. Бызова. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 176 с.
5. Павлов, Д.В. Очистка сточных вод с высоким содержанием соли [Текст] / Д. В. Павлов, Д. Б. Лакеев // Экология производства. – 2012. – № 7. – С. 68–70.
6. Huchler, L. Выбор технологии для очистки воды / L. Huchler // Нефтегазовые технологии. – 2008. – № 11. – С. 94.
7. http://www.mosvodokanal.ru/ index. php?do=cat&category=nivodosnab (31.10.2012 г.)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ

Земцова Е.В., Фетисов А.В., Дурнев А.С.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, e-mail: fetisoffsenya@yandex.ru

Теория

Математический аппарат случайных марковских процессов широко используется при моделировании процессов смешивания сыпучих материалов [1, 2, 3]. Чаще всего используется одномерная цепь, а ее свойством является принадлежность частицы к конечному или бесконечно малому интервалу эйлеровой координаты. В дальнейшем будем считать этот интервал конечным и разобьем смеситель вдоль определяющей оси на *m* ячеек (рис. 1).

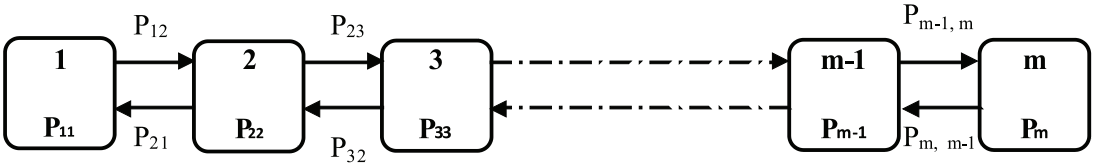

Рис.1. Графическое представление одномерной цепи Маркова

Не имея иных сведений о распределении частиц внутри ячеек, будем считать это распределение равномерным (ячейки идеального смешивания). Взятая наугад из наблюдаемой порции частица может принадлежать к одной из m ячеек, причем вероятность того, что она принадлежит к хотя бы одной из ячеек, равна единице. Вероятности принадлежности к конкретным ячейкам в общем случае различны и меняются с течением времени.

Поскольку в процессе участвует большое число частиц, то соответствующая вероятность равна доле частиц, принадлежащих ячейке, а если ячейки символизируют пространственные интервалы, то, по существу, – их относительной концентрации в ячейке. Таким образом, частица может находиться в одной из m ячеек, т. е. свойство принадлежности есть дискретная величина. Весь набор этих дискретных величин образует модельное пространство всевозможных состояний системы. Пусть начальное состояние системы характеризуется набором вероятностей $S_i = \{S_1, S_2, S_2, \dots S_m\}$. Очевидно, что если рассматривается эволюция фиксированной порции частиц, то

$$\sum_{i=1}^{m} S_i = 1 .$$

В течение промежутка времени Δt частицы мигрируют в системе, переходя из одного состояния в другое. Будем считать, что величина Δt достаточно мала, чтобы в течение одного перехода частицы могли переместиться только в соседние ячейки, но не далее. Эти возможные переходы показаны на рис. 1 стрелками. В результате одного перехода вектор состояния изменится и станет S_i^{k+1}. Каждый переход характеризуется своей вероятностью p_{ij} или долей частиц, перешедших из ячейки i в ячейку j за время одного перехода. Если i=j, то p_{ij} – это вероятность частиц остаться в ячейке. Очевидно, что с ростом Δt вероятности остаться уменьшаются, а вероятности покинуть ячейку растут. Впоследствии мы будем рассматривать процессы, когда в течение одного временного перехода возможны пространственные переходы и между удаленными друг от друга ячейками, но пока ограничимся процессом, где за малое время возможны переходы только в соседние ячейки – микромасштабное перемешивание. Если вероятности p_{ij} определены, то переход между двумя последовательными состояниями описывается системой линейных уравнений

$$\left.\begin{aligned}
S_1^{k+1} &= \overbrace{p_{11}S_1^k}^{\text{Осталось в 1}} + \overbrace{p_{12}S_2^k}^{\text{Пришло из 1}} + \overbrace{0\cdot S_3^k}^{\text{Ничего не пришло из 3}} + 0\cdot S_4^k + 0\cdot S_5^k + \dots \\
S_2^{k+1} &= \overbrace{p_{21}S_1^k}^{\text{Пришло из 2}} + \overbrace{p_{22}S_2^k}^{\text{Осталось в 2}} + \overbrace{p_{23}S_3^k}^{\text{Перешло в 3 из 2}} + \overbrace{0\cdot S_4^k}^{\text{Ничего не пришло из 4}} + 0\cdot S_5^k + \dots \\
S_3^{k+1} &= 0\cdot S_1^k + p_{32}S_2^k + p_{33}S_3^k + p_{34}\cdot S_4^k + 0\cdot S_5^k + \dots \\
S_4^{k+1} &= 0\cdot S_1^k + 0\cdot S_2^k + p_{43}S_3^k + p_{44}\cdot S_4^k + p_{45}S_5^k + \dots
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Система уравнений (1) может быть записана в компактной и универсальной матричной форме. Набор вероятностей, характеризующих текущее состояние системы, можно представить вектором-строкой размером 1×*m*:

$$S_i = \{S_1, S_2, S_2, \dots S_m\}. \quad (2)$$

Очевидно, что в любой момент времени вектор состояния полностью характеризует весь процесс. Если цепь является цепью Маркова, то зависимость

между величинами $\mathbf{S_k}$ и $\mathbf{S_{k+1}}$ можно описать следующей матричной формулой:

$$\mathbf{S_{k+1}} = \mathbf{S_k P} \qquad (3)$$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & p_{32} & p_{33} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & p_{m-1,m-1} & p_{m-1,m} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & p_{m,m-1} & p_{mm} \end{bmatrix}, \qquad (4)$$

где **P** – матрица переходных вероятностей или матрица переходов, имеющая следующий вид:

В этой матрице *j*-й столбец состоит из вероятностей перехода из *i*-го состояния. В общем случае имеются только два ограничения для вероятностей перехода p_{ij}, которые непосредственно следуют из математической постановки задачи:

$$0 \le p_{ij} \le 1, \qquad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{m} p_{ij} = 1, \qquad (6)$$

где $i = 1,2, \dots, m$.

Для имитации загрузки ключевого компонента в смеситель на каждом шаге или на определенных шагах периодически проводили следующую операцию:

$$S_{k+1} = S_k P + SD,$$

где *SD* – вектор догрузки. Для того чтобы регулировать скорость перемещения ключевого компонента вдоль оси смесителя, под воздействием рабочих органов, использовали матрицу перемещений, которая имеет ту же размерность, что и матрица переходных вероятностей, но ее элементы равны либо нулю, либо единице.

Количество нулей от главной диагонали перед единицей в строке говорит о том на сколько ячеек вперед должна сдвигаться смесь конкретной ячейки за один переход. В соответствии с представленной моделью была разработана прикладная программа, описание которой дано в докладе.

Представленные в докладе результаты расчетов показывают, что при одновременном использовании двух матриц (переходных вероятностей и перемещений) возможно обеспечить достаточную независимость между диффузионной и конвективной составляющими процесса смешивания, что позволяет более адекватно учитывать влияние на интенсивность процесса смешивания физико-механических свойств смешиваемых компонентов и параметров смесителя.

Список литературы

1. Першин В.Ф. Модель процесса смешивания сыпучего материала в поперечном сечении вращающегося барабана / В.Ф. Першин // Порошковая металлургия. – 1986. – № 10. – С. 1-5.

2. Баранцева Е.А. Процессы смешивания сыпучих материалов: моделирование, оптимизация, расчет / Е.А. Баранцева, В.Е. Мизонов, Ю.В. Хохлова. – ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина», Иваново, 2008. – 116 с.

3. Селиванов Ю.Т. Исследование влияния осевого движения на процесс непрерывного смешивания сыпучего материала во вращающемся барабане / Ю.Т.Селиванов, В.Ф.Першин // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2003. – Т. 46, вып. 7. – С. 42-45.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЫСШИХ ГАРМОНИК ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Калугин А.И., Жигалов В.А., Пряхин В.В.

НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», Ижевск, e-mail: vasily.pryahin@mail.ru

Оценка остаточного ресурса работы и состояния трубопроводного транспорта нефти и газа является актуальной задачей, так как его аварийный выход из строя порождает не только экономические убытки, но и наносит большой экологический ущерб. Поэтому для диагностики необходимы высокопроизводительные, многофункциональные и точные методы и средства контроля.

Известно, что параметры петли магнитного гистерезиса – коэрцитивная сила H_c, остаточная намагниченность J_r, максимальная намагниченность J_m, дифференциальная магнитная проницаемость μ_d – в общем случае структурно-чувствительны как к химическому составу, структуре ферромагнитного материала, так и к внешним воздействиям. Разложение общего сигнала преобразователя на гармонические составляющие значительно повышает чувствительность электромагнитных методов контроля к изменениям различных физико-механических свойств ферромагнетика. При этом известные трудности представляет выбор такого перемагничивающего поля, при котором наблюдается максимум чувствительности, а при одновременном воздействии на испытуемый объект переменного H^+ и постоянного H_o магнитных полей необходимо выбрать оптимальное значение постоянного поля.

Решение задачи выбора оптимальных с точки зрения чувствительности значений полей возможно только при наличии аналитической связи гармонических составляющих с параметрами петли гистерезиса.

В работе [1] решена задача расчета параметров гармоник при одновременном действии полей H_o и $H^+ = H_m \sin wt$, направленных параллельно граничным поверхностям изделия. В основу решения этой задачи положена формула статической петли гистерезиса

$$B = 2/\pi(B_{max} \operatorname{arctg}\alpha\ (H_{oc} + H_m \sin\omega t)),$$

где $H_{oc} = H_o \pm H_c$, $\alpha = \frac{1}{H_c} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}\frac{B_r}{B_{max}}\right)$, B_r, B_{max} – остаточная магнитная индукция и индукция насыщения материала. Знак минус берется для восходящей ветви петли магнитного гистерезиса, а знак плюс – для нисходящей. Формула связи электродвижущей силы проходного преобразователя с параметрами петли гистерезиса имеет вид.

$$E = \frac{2}{\pi} w_2 s\omega - \frac{B_{max} H_m \alpha \cos\omega t}{1 + \alpha^2 (H_{oc} H_m \sin\omega t)^2}, \qquad (1)$$

где w_2 – число витков измерительной обмотки, ω – циклическая частота перемагничивающего поля.

Методом Фурье получены аналитические выражения гармонических составляющих:

$$\alpha_n = -E_0 \left[\rho^n \cos n(\pi/2 - \varphi) - \rho_1^n \cos n(\pi/2 + \varphi_1)\right]; (2)$$

$$b_n = \mp E_0 \left[\rho^n \sin n(\pi/2 - \varphi) \mp \rho_1^n \sin n(\pi/2 + \varphi_1)\right]; \quad (3)$$