

$\mu(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2) = \mu \left(\sqrt{1 - (\tau x b \mu^{-1})^2} - \sqrt{1 - (0,5\tau(1,5c_j^{-1} - |x|)b\mu^{-1})^2} \right)$, а уравнение движения имеет вид

$m \ddot{x} = -\gamma_{A\Phi\Gamma} + \mu \left(4\pi(1-\nu)|x|^{-1} + \sqrt{1 - 4\alpha^2\rho x^2} - \sqrt{1 - \alpha^2\rho(1,5c_j^{-1} - |x|)^2} \right)$, где B_0 – коэффициент вязкого

торможения. Начальные условия: $\dot{x}(0) = 0$, $|x(0)| = 0,5c_j^{-1}$.

первоначальное состояние дислокационного сегмента с порогами на равном расстоянии

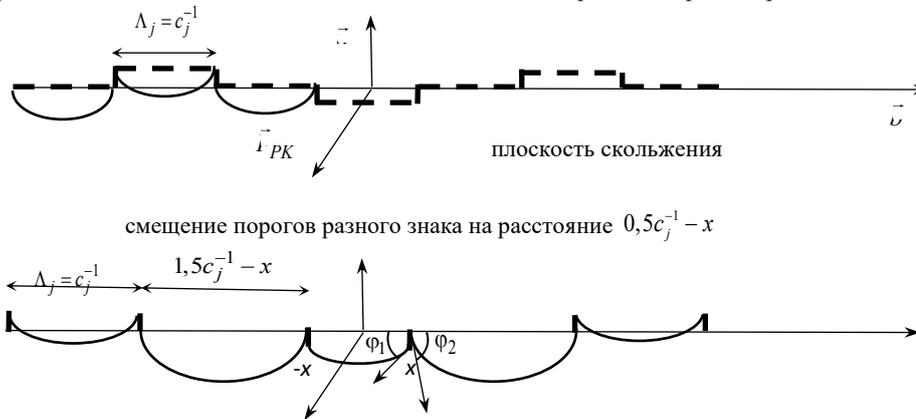


Рис. 1. Схема движения порогов разного знака вдоль линии дислокации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старенченко В.А., Черепанов Д.Н., Слободской М.И. Кинетика порогов на движущейся винтовой дислокации в ГЦК – кристалле // Изв. ВУЗов. Физика. – 2009, № 9/2, с. 108-117.
2. Старенченко В.А., Черепанов Д.Н., Селиваникова О.В. Моделирование пластической деформации кристаллических материалов на основе концепции упрочнения и отдыха в ГЦК-металлах // Изв. ВУЗов. Физика. – 2014, том. 57, № 2, с. 4-14.
3. Старенченко В.А., Старенченко С.В., Колупаева С.Н., Пантюхова О.Д. Генерация точечных дефектов в сплавах со сверхструктурой L12 // Изв. ВУЗов. Физика. – 2000, № 1. с. 66-70.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.М. Емельянов, И.С. Надеждин, С.Н. Ливенцов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ame8@tpu.ru

ГК «Росатом» реализует проект «Прорыв», направленный на создание ядерных энергетических технологий на базе замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) с использованием реакторов на быстрых нейтронах. В рамках проекта «Прорыв» создается модуль переработки опытного демонстрационного энергетического комплекса (МП ОДЭК), в котором предусмотрено использование экстракционного передела. В рамках цифровизации производств остро ощущается потребность в математических моделях технологических процессов (ТП), обладающих высокой точностью и учитывающих их ключевые особенности. Перспективным методом моделирования сложных ТП является использование искусственных нейронных сетей (ИНС), которые позволят повысить точность моделей процессов.

Целью настоящей работы является разработка математической модели технологического процесса экстракции с применением ИНС для дальнейшего использования модели в составе цифрового двойника (ЦД) МП и

для решения задач поиска оптимальных режимов работы оборудования, синтеза и исследования алгоритмов управления.

На основании анализа процесса экстракции было установлено, что целесообразно применять ИНС для расчета коэффициента распределения целевых компонентов, который зависит от входных факторов, таких как: концентрация урана и азотной кислоты в водной фазе (ВФ) и органической фазе (ОФ), концентрация высаливателя в ВФ, концентрации трибутилфосфата в ОФ и температура смеси фаз. С помощью справочников и литературных источников была составлена обучающая выборка, определена структура ИНС, оптимальные параметры и метод обучения ИНС. Разработанная комбинированная модель процесса экстракции позволяет рассчитывать динамическое изменение концентрации урана в ВФ и ОФ в зависимости от коэффициента распределения, частоты вращения мешалки и соотношения объемных расходов фаз. Качественная проверка работоспособности в вычислительном эксперименте, проведенном на реализованной модели в среде КОД ТП, подтвердила адекватность разработанной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громов Б.В. Введение в химическую технологию урана. Учебник для вузов – М.: Атомиздат, 1978. – 336 с.
2. Николотова З.И., Карташова Н.А. Экстракция нейтральными органическими соединениями / Под ред. А.М. Розена. – М.: Атомиздат, 1976.Т.1 – 600 с.
3. Розен А.М. Термодинамика экстракционных равновесий уранилнитрата // Атомная энергия. – 1957. – Т.2. – № 5. – С. 445–458.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ МФР В КОД ТП

А.М. Бельков, А.А. Полосин, С.Н. Ливенцов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

e-mail: amb24@tpu.ru

В работе рассмотрен этап дозирования и смешивания порошков линии КТС МФР. В качестве рассматриваемых аппаратов выбраны аппарат вихревого слоя и дозаторы. Основное внимание уделено аппарату вихревого слоя, который предназначен не только для высокоинтенсивного перемешивания порошков, но и для их измельчения. Данные преимущества осуществляются за счет использования ферромагнитных цилиндров (игл), которые вращаются в объеме смесительной камеры под действием переменного напряжения.

Математическое описание включает в себя следующие основные этапы (элементы):

дозирование материалов в исходный контейнер, которое осуществляется при помощи дозаторов;

перемешивание исходных материалов, теоретическое рассмотрение которого усложняет множество фактов (тенденция к образованию элементарных слоёв, частота и сила соударения игл и т. д.), рассмотрено как стохастический процесс с некоторыми закономерностями, связанными с поведением игл в аппарате [1]; движение ферромагнитных игл как по высоте, так и по радиусу аппарата; измельчение исходного материала, происходящее вследствие ударных воздействий частицы и ферромагнитного элемента (пары элементов) [1]; нагрев и охлаждение контейнера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвиненко, Д. Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем / Д. Д. Логвиненко, О. П. Шеляков. – Киев: Техника, 1976. – 144 с.