$$y=\frac{y_0+y_1}{2}+\left(u-\frac{1}{2}\right)\cdot\Delta y_0+\frac{u(u-1)}{2!}\cdot\frac{\Delta^2 y_0+\Delta^2 y_{-1}}{2}+\frac{u(u-1)\cdot\left(u-\frac{1}{2}\right)}{3!}\cdot\Delta^3 y_{-1}+\frac{u(u^2-1)(u-2)}{4!}\frac{\Delta^4 y_{-1}+\Delta^4 y_{-2}}{2}+\ldots$$

(1)

После подстановки всех найденных коэффициентов в полином (см. формулу (1)), получается математическая модель.

Разбиение экспериментальной осциллограммы или диаграммы с различным шагом интерполяции приводит к тому, что каждый раз при выборе нового шага получается новая математическая модель. Все расчеты, связанные с получением и преобразованием моделей производятся в программной среде Mathcad.

Эффективность моделей оценивается путем определения относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента x_i по формуле:

$$d=\frac{\sum_{i=1}^{N} d_i}{N}\cdot 100\%,$$

где d_i - относительная величина квадратической ошибки для каждого значения аргумента x_i, %;

N- количество экспериментальных значений натяжения основных нитей.

$$d_i=\frac{\Delta_i}{y_{\text{ti}}}\cdot 100\%,$$

где Δ_i - абсолютная средняя квадратическая ошибка для каждого значения аргумента x_i;

$$\Delta_{\text{i}}=\sqrt{\sum_{i=0}^{N}(y_{\text{э}i}-y_{\text{ti}})^2},$$

где $y_{\text{э}i}$ - экспериментальные значения натяжения основных нитей, сН

y_{ti} - теоретические значения натяжения основных нитей, вычисленные по математической модели, сН.

Проведя оценку эффективности полученных в данной работе трех математических моделей (с шагом интерполяции h=2,4,6), установили, что при анализе натяжения в процессе перематывания необходимо выбрать шаг изменения аргумента h=2 , поскольку получаемое при этом уравнение наиболее точно отражает исследуемый процесс (d =2,41%).

ВЫВОДЫ:

1. Данную математическую модель можно использовать для контроля натяжения нитей при перематывании, но только в узких пределах, поскольку особенностью метода приближения функций с использованием интерполяционного полинома Бесселя является то, что применение его дает особую точность для точек, близких к середине интервала.
2. Использование разработанного алгоритма по применению полинома Бесселя для описания технологического процесса перематывания даст возможность автоматизировать процесс контроля натяжения нитей, что в свою очередь улучшит качество выпускаемой продукции и позволит оперативно влиять на ход технологического процесса.

.

Моделирование процесса зарядки пылевой частицы в плазме низкого давления методом молекулярной динамики

Шелестов А.С., Сысун А.В.
Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

Нами в работе [1] проводилось численное решение уравнения Пуассона (1), представленного аналогично Ленгмюру в виде уравнения “плазма-слой”, с частными аналитическими решениями на границе ячейки Зейтца-Вигнера и тонких сеточных слоях в промежутке

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial U}{\partial r} = \exp U - n_i' \qquad (1),$$

где выражение для концентрации ионов:

$$n_i' = \frac{A}{x^2}\int_x^{x_0} \frac{x'^2 \exp U' dx'}{\sqrt{2(U(x) - U(x')}} \qquad (2)$$

Прямое решение уравнения Пуассона, возможное при нулевой температуре ионов, затруднено при большой области возмущения $r_d >> l_d$ и, соответственно, малой частоте объемной ионизации. Тогда вблизи границы области возмущения $n_i \approx n_0$; $j \sim 0$. Знаменатель в (2) близок к нулю и ошибки вычисления приводят к неустойчивостям.

В методе молекулярной динамики ионный состав плазмы заменяется крупными ионными частицами общим числом от одного до несколько миллионов. При такой замене увеличивается пропорционально заряд и масса модельных частиц, при сохранении их отношения q/m. При этом не изменяются уравнения движения и, соответственно, их решения. Значения заряда и потенциала пылинки, полученные по результатам численного эксперимента, представлены на рисунках 1 и 2. На рисунке 3 показан график зависимости силы, действующей на пылинку от размера ячейки. Моделирование проводилось для плазмы с температурой T_i / T_e=0,01, параметром здесь является длина свободного пробега макроинов Li. Согласно предложенному нами критерию, если удаленная пылинка приближается к другой, то сила, действующая на частицу, возрастает до максимума, что и видно на рисунке 3, а далее резко уменьшается, что свидетельствует об устойчивой конфигурации системы пылевых частиц в области максимума этой силы.

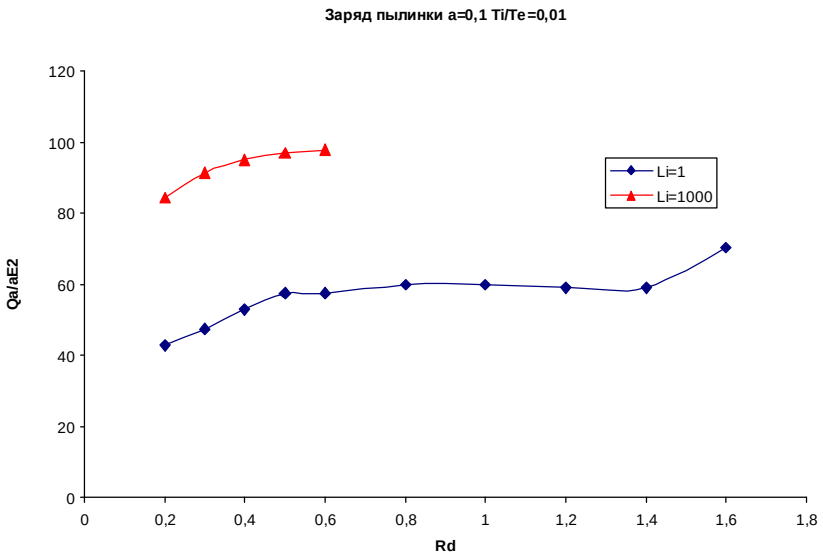

Рис.1

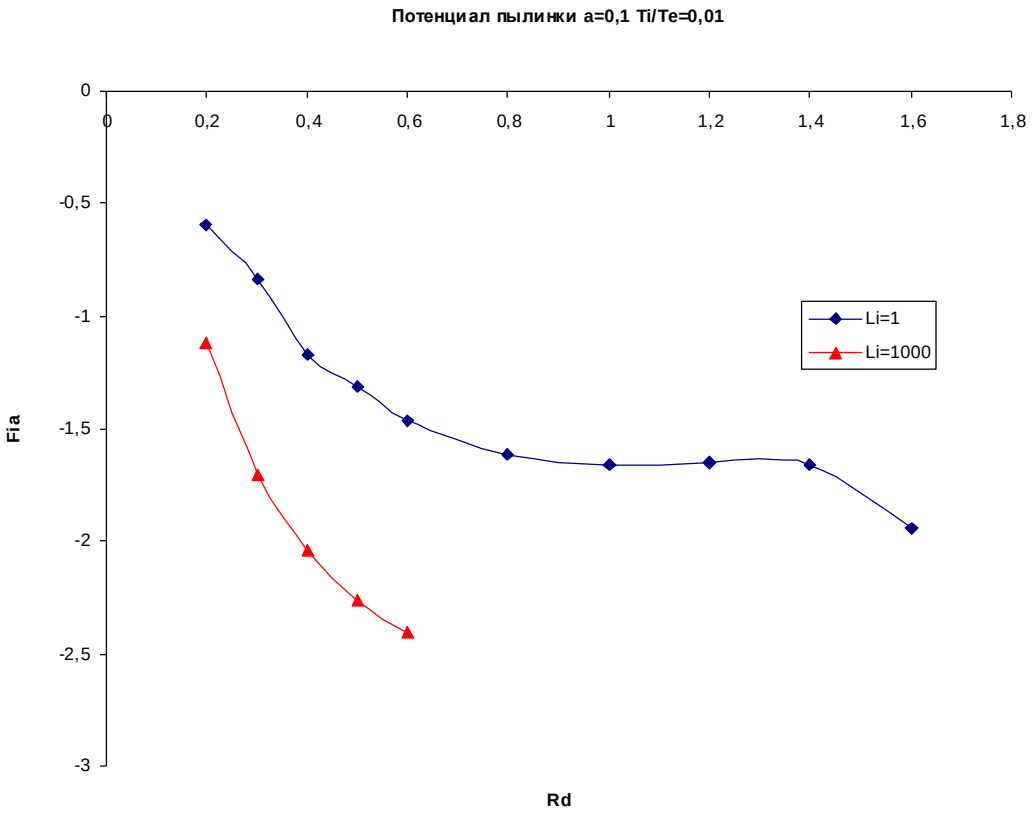

Рис. 2

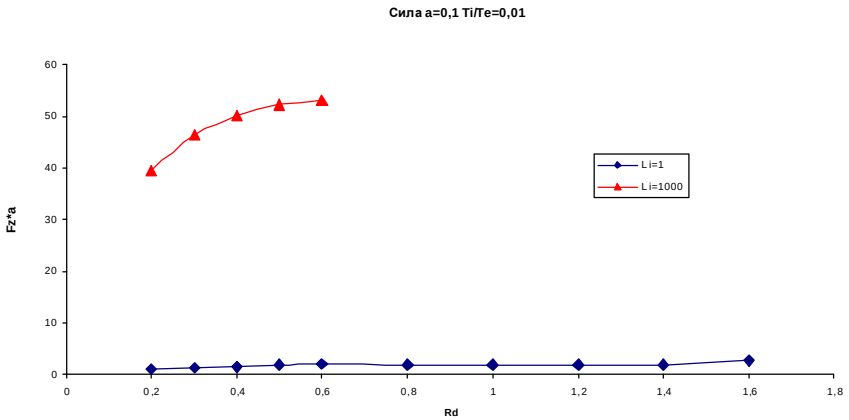

Рис. 3

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта PZ-013-02, поддерживаемого совместно Американским фондом гражданских исследований и развития (АФГИР), Министерством образования РФ и правительством Республики Карелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

[1] Сысун В.И., Хахаев А.Д., Олещук О.В., Шелестов А.С. Заряд и потенциал пылевой частицы в плазме низкого давления с учётом ионизации в области возмущения // «Физика плазмы» 2005, т.31, №9, с. 834-841

Переработка и утилизация производственных отходов

Эффективность использования шлако – деловой смеси в качестве сырьевого компонента для производства цементного клинкера

Классен В.К., Шилова И.А., Текучева Е.В.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия
xtsm@intbel.ru

В настоящее время проблема использования производственных отходов является весьма актуальной. Значительный интерес к ней вызван ограниченным количеством запасов отдельных сырьевых ресурсов и стремлением улучшить экологическую обстановку региона. Цементная промышленность является одной из отраслей, на предприятиях которой могут быть использованы большие объемы техногенных материалов. Одним из видов отходов являются шлаки, которые в основном применяются в качестве добавки к цементу при получении шлакопортландцемента [1,2]. Сталеплавильные шлаки Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) гидравлически инертные и потому не могут использоваться как активная минеральная добавка. В то же время по химическому, минералогическому и фракционному составу они могут применяться как компонент сырьевой смеси [3]. Альтернативным решением является использование теплоты расплавленного шлака для частичной тепловой подготовки мела в шлако-меловой смеси, которая предлагается в качестве одного из сырьевых компонентов при производстве цементного клинкера [4].

По расчетным данным энтальпия шлака при температуре 1550°С составляет 1676 кДж/кг и включает в себя теплоту кри-сталлизации $Q_{кр}$ – 419 кДж/кг и охлаждения $Q_{охл}$ – 1257 кДж/кг. Тепловой баланс системы расплавленный шлак + мел и лабораторные эксперименты показали, что при их смешении в соотношении 54 : 46 декарбонизируется до 50% мела. При этом из 1676 кДж/кг используется ~ 50% на следующие процессы: нагрев и испарение воды – 55 кДж/кг, нагрев мела до 900°С – 55 кДж/кг, его частичную диссоциацию – 92 кДж/кг клинкера. Полученную шлако-меловую смесь (37 мас. %) рекомендуется использовать в качестве сырьевого компонента совместно с рядовым шламом, представляющим водную суспензию производственной сырьевой смеси, для получения цементного клинкера.

По предлагаемой технологии рекомендуется вводить до 20% шлака ОЭМК и 17% частично декарбонизированного мела. Это вызвано тем, что при работе ОАО «Осколцемент» на проектную произво-дительность возможно будет в течение 10 лет переработать все имеющиеся отвалы шлака, ежегодное производство которого составляет 600 тыс. тонн. При этом по результатам расчета будет достигаться существенная экономия топлива (табл.1).

Таблица 1. Сравнительные расчеты расходных статей теплового баланса печи по рядовой и шлако-мело-шламовой технологии

Удельный расход тепла, кДж/кг клинкера	Количество шлака, %	
	0	20
Теплота декарбонизации мела	1676	1341
Потери:		
- на испарение воды	2527	1944
- с отходящими газами	1236	733
- через корпус	629	503
- с клинкером	180	201
Сумма	6247	4722
Экономия топлива	-	1525

Экономия тепла достигается по следующим статьям теплового баланса:

– теплота декарбонизации мела ~ 335 кДж;