

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЛИНЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

В.К. Семенов, С.Л. Трошин

*Ивановский государственный энергетический университет
153003, Иваново, ИГЭУ, Рабфаковская, 34, semenov@fizika.ispu.ru*

В любом плазмохимическом реакторе зарождается целый каскад разнообразных плазмохимических превращений, в основе которых лежат, строго говоря, взаимосвязанные между собой электрофизические, физико-химические, газодинамические и теплофизические процессы. Целью исследования этих процессов является определение оптимальной геометрии активной зоны реактора и оптимальных режимов его работы. Для решения поставленной задачи нами разработана полуэмпирическая математическая модель, включающая в себя уравнения газодинамики Навье – Стокса, уравнения переноса энергии и уравнения химической кинетики в потоке газа. Предполагается, что интенсивность рождения частиц целевого продукта определяется энергией, запасенной на колебательных степенях свободы. В связи с этим уравнение переноса энергии записано в двухтемпературном приближении, при котором уравнение переноса колебательной энергии отделено от соответствующего уравнения переноса поступательно-вращательной энергии. Это можно сделать, поскольку уравнение переноса полной энергии является линейным. При этом предполагается, что между поступательным и вращательным движениями имеется термодинамическое равновесие, характеризуемое температурой T , тогда как в колебательном движении имеется равновесие только “в себе”, и оно характеризуется температурой T_v . При моделировании физико-химических процессов использовались аппроксимирующие реальный процесс уравнения химической кинетики с подгоночными параметрами. Правомерность такого подхода основывается на основном принципе синергетики – принципе подчинения. Упомянутые уравнения дополнены соответствующими граничными условиями: на входе в плазмохимический реактор задаются профили скорости и температуры, расход газа, концентрации веществ, вступающих в химические реакции, температура стенок реактора, теплоотвод через стенки реактора и объемные источники тепла.

Предложенная модель использована для определения оптимальной длины активной зоны озонаторов емкостного разряда с цилиндрическими и плоскопараллельными электродами. Решение поставленной краевой задачи получено на основе известного в теплофизике и гидродинамике метода интегральных соотношений. При этом для поля скоростей и температур получены аналитические выражения, тогда как зависимости концентрации озона от продольной координаты реактора найдены на основе численного решения нелинейного уравнения химической кинетики. На основе проведенных расчетов установлено, что характер зависимости концентрации озона от продольной координаты реактора определяется тепловым режимом озонатора. Существует два предельных режима озонатора: первый состоит в том, что все выделенное в активной зоне тепло отводится через боковые стенки реактора; второй - все подведенное в активную зону тепло отводится конвективно. Все остальные случаи заключены между этими двумя предельными. Из сравнения полученных результатов расчета следует, что с изменением теплового режима озонатора меняется не только характер зависимости концентрации озона от длины активной зоны реактора, но и значение концентрации в максимуме. Поэтому, во-первых, нужно стремиться конструировать аппарат так, чтобы как можно больше тепла отводилось через его боковые стенки, а во-вторых, при конвективном выносе тепла ограничивать длину реакционной зоны реактора.