

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ПЛОТНОСТЕЙ ЭНЕРГИИ

К. В. Хищенко

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

Интерес к изучению поведения различных веществ в быстропротекающих процессах при высоких плотностях энергии обусловлен необходимостью знания уравнения состояния среды для замыкания уравнений движения. Уравнение состояния определяет функциональную связь термодинамических характеристик вещества друг с другом, и такую функцию требуется знать во всей области состояний, реализуемых в рассматриваемом процессе. В частности, при высокоскоростном соударении твердых тел в ударной волне происходит быстрый рост давления, внутренней энергии и плотности материала, а в последующей волне изоэнтропической разгрузки сжатое и разогретое вещество расширяется и охлаждается. Учет возможных фазовых превращений улучшает качество описания свойств материала при газодинамическом моделировании интенсивных импульсных процессов.

В настоящей работе рассматриваются различные варианты моделей уравнения состояния, которые могут применяться при решении фундаментальных и прикладных задач физики высоких плотностей энергии. В каноническом виде уравнение состояния задается на основе функции термодинамического потенциала от переменных, в которых записан его полный дифференциал. В частности, удобным является использование удельной свободной энергии как функции удельного объема и температуры. Предложен вариант такого термодинамически полного уравнения состояния для ряда металлов с учетом плавления и испарения в широком диапазоне давлений и температур. Для численного моделирования адиабатических процессов может быть использовано уравнение состояния в форме зависимости давления от удельного объема и удельной внутренней энергии. Такое уравнение состояния, сформулированное в простом виде, удобном для практического применения в расчетах, предложено для широкого круга конструкционных материалов на основе элементов, органических и неорганических соединений.

Результаты расчетов термодинамических характеристик различных материалов по предложенным уравнениям состояния представлены в сопоставлении с имеющимися данными экспериментов с волнами ударного сжатия и изоэнтропического расширения. Продемонстрирована адекватность этих уравнений состояния имеющимся опытным данным. Разработанные уравнения состояния могут быть эффективно использованы при решении разнообразных задач физики высоких плотностей энергии.
