

**Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации**

**Отделение энергетики, машиностроения, механики и
процессов управления РАН**

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

**Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет**



**X Всероссийская конференция
с международным участием**

**ГОРЕНИЕ ТОПЛИВА: ТЕОРИЯ,
ЭКСПЕРИМЕНТ, ПРИЛОЖЕНИЯ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

6-9 ноября 2018 года

г. Новосибирск

**Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований грант № 18-08-20122**

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННОЙ ВОДЯНОЙ СУСПЕНЗИИ БИДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА АЛЮМИНИЯ

Порязов В.А.¹⁾ Крайнов А.Ю.¹⁾, Крайнов Д.А.^{1,2)}

¹⁾Томский государственный университет, г. Томск, Россия

²⁾Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Разработана физико-математическая модель горения водяной замороженной суспензии бидисперсного порошка алюминия, состоящего из наноразмерного порошка алюминия и порошка алюминия микронных размеров. Представлены результаты расчета скорости горения в зависимости от массовой доли крупной фракции частиц в составе бидисперсного порошка.

Модель горения замороженной в воде смеси порошков алюминия нано- и микронных размеров строится на основе модели [1]. Основные предположения: линейная скорость горения замороженной водяной суспензии нано-дисперсного порошка алюминия определяется скоростью испарения воды с поверхности. При горении замороженной водяной суспензии порошка алюминия в волне прогрева перед поверхностью испарения воды происходит разогрев льда до температуры плавления, его плавление, разогрев слоя воды до температуры кипения и на поверхности жидкости происходит испарение воды. Вместе с парами воды в газовую фазу выносятся частицы алюминия, и в газовой фазе происходит их реагирование с парами воды. Для моделирования горения замороженной водяной суспензии би-дисперсного порошка алюминия использовалась модель горения летучих горючих веществ А.Ф. Беляева [2]. Частицы алюминия в составе топлива представляют собой шарики, и они распределены в объеме льда равномерно. Пары воды реагируют с частицами алюминия. Продуктом реакции является окисел алюминия, остающийся на поверхности частицы алюминия и водород. Скорость горения наноразмерных частиц алюминия определяется на основе модели высокотемпературного окисления наноразмерной частицы алюминия. В ней учитывается постепенный разогрев частицы в окружающем газе, образование слоя окисла на поверхности частицы и диффузия окислителя через слой образующегося окисла. Окисный слой представляется в виде шарового слоя, покрывающего расплавленный алюминий частицы. На границе между окислом и расплавом алюминия идет гетерогенная химическая реакция. Скорость тепловыделения в этой реакции определяется скоростью подвода массы окислителя диффузией через слой окисла. Скорость горения микронных частиц алюминия описывается на основе экспериментальных данных. Воспламенение микронных частиц алюминия происходит при достижении ими заданной температуры. Теплообмен между частицами и газом происходит по закону Ньютона. Частицы движутся под действием силы трения со стороны газа. Горение происходит в изобарических условиях, давление не зависит от расстояния до поверхности горения.

Результаты расчета скорости горения замороженной водяной суспензии бидисперсного порошка алюминия, состоящего из наноразмерного порошка алюминия и порошка алюминия микронных размеров, от массовой доли частиц микронных размеров хорошо соответствуют экспериментальным измерениям [3].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-20011).

Список литературы

1. Порязов В.А., Крайнов А.Ю. Математическое моделирование горения замороженной суспензии нанодисперсного алюминия // Физика горения и взрыва. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 60-66.
2. Беляев А.Ф. О горении нитрогликоля // В сб. Теория горения порохов и взрывчатых веществ. М.: Наука, 1982. – С. 10-34.
3. Connell T.L., Risha G.A., Yetter R.A., Yang V., Son S.F. Combustion of bimodal aluminum Particles and ice mixtures // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. – 2012. – Vol.3, № 11. – 259–273.