

УДК 533:519.6

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СТАЦИОНАРНОЙ ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЫ. СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Титяпкин А.С., инженер I категории Отделения
гидроакустики МГИ НАНУ, Волков В.Э., канд. физ.-мат.
наук, доц., Одесская национальная академия пищевых
технологий

Рассматриваются основные положения классической теории детонации и горения. Проведен аналитический расчет параметров стационарной детонационной волны по известным моделям (модель Чепмена-Жуге, двухфронтная модель и модель ЗНД). Разработан особый программный комплекс, включающий в свой состав базу данных взрывчатых веществ (ВВ), информацию об окислителе и вид уравнения химической кинетики.

При решении многих задач теории детонации классическая модель, рассматривающая фронт детонации как поверхность разрыва, оказывается недостаточной. Необходимо учитывать зону индукции. Одна из наиболее простых моделей, учитывающая конечный размер зоны реакции в предположении, что фронт детонации плоский, задача одномерна, структура зоны стационарна, основана на предположении, что время установления равновесия по термодинамическим параметрам в волне детонации много меньше времени установления равновесия по химическому составу. При этом время протекания химической реакции складывается из достаточно длительного периода индукции и относительно короткого времени протекания реакции. Тогда зону детонации можно представить как зону ударной волны, зону индукции, где параметры потока практически постоянны, и узкую зону химической реакции или фронт горения, который представляет собой скачок разрежения. Такая модельная структура детонационной волны получила название двухфронтной структуры.

Простая модель, учитывающая толщину зоны химической реакции, была названа моделью Зельдовича-Неймана-Деринга (ЗНД). Данная модель предполагает, что в волне детонации газ сначала претерпевает ударный переход, а затем в непрерывной волне разрежения переходит в состояние сгоревшей смеси, при этом вязкость и теплопроводность в зоне ударной волны не учитывается.

Был проведен аналитический расчет параметров стационарной детонационной волны по следующим трем моделям: модель Чепмена-Жуге, двухфронтная модель и модель ЗНД путем совместного решения системы алгебраических уравнений, отражающих фундаментальные законы сохранения массы, импульса и энергии, и обыкновенного дифференциального уравнения химической кинетики.

Был разработан особый программный комплекс в системе объектно-ориентированного программирования C++Builder 6.0, включающий в свой состав базу данных взрывчатых веществ (база данных сформирована в среде разработки MS Access 2003; разработан механизм взаимодействия базы данных с данной средой разработки), информацию об окислителе и вид уравнения химической кинетики

Практическая ценность данной разработки заключается в возможности:

- проведения численного эксперимента по расчету параметров стационарной детонационной волны и сравнения полученных результатов с известными результатами опытов;
- наблюдения поведения зависимости давления от расстояния до ведущего ударного фронта;
- пополнять базу данных сведениями о новых (ВВ).

В качестве исследуемого ВВ брался водород при следующих начальных условиях: $\rho = 0.08987 \text{ кг/м}^3$ (плотность), $\gamma = 1.407$ (отношение теплоемкостей), $M_{\text{H}_2} = 2$ (молекулярный вес), $Q = 0.2 \text{ МДж/моль}$ (количество теплоты), а в качестве окислителя – кислород с такими начальными условиями: $\rho = 1.429 \text{ кг/м}^3$, $\gamma = 1.4$, $M_{\text{O}_2} = 32$. Было установлено, что чем выше энергия активации (соответственно 0.2, 2, 20), тем больше зона химической реакции.

Полученные результаты показали, что нормальная детонация достаточно хорошо поддается расчету, и результаты расчетов находятся в хорошем количественном соответствии с экспериментом.

В дальнейшем планируется добавить возможность задавать уравнение состояния для среды за фронтом, а также разработать проект для конденсированных ВВ.

Список источников

1. Мейдер Ч. Численное моделирование детонации М.: Мир, 1985.
2. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва, М.: изд. Моск. ун-та, 1957.
3. Щетинков Е.С. Физика горения газов, М.: Наука, 1965.