

ЛАГРАНЖЕВО-ЭЙЛЕРОВ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА ЦИЛИНДР-ТЕСТ ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ

*Е. С. Шестаковская², М. А. Бирюкова¹, Н. Л. Клиначева², Е. Б. Смирнов^{1, 2}, Я. Е. Стариков²,
С. В. Шахмаев¹, О. А. Шершнев², А. П. Яловец²*

¹ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

²Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет),
Челябинск, Россия

Экспериментальная методика цилиндр-тест является наиболее популярным методом оценки метательной способности взрывчатых веществ (ВВ) и является основным методом определения параметров уравнения состояния продуктов взрыва (ПВ) различных ВВ. Разрабатываются различные методики определения параметров уравнения состояния ПВ, аналитические и полуаналитические с использованием численного моделирования, но валидация полученных параметров всегда проводится с помощью численного моделирования задачи в постановке, соответствующей эксперименту цилиндр-тест. Особенно это актуально для новых ВВ, для которых нет достоверных справочных данных.

Для валидации параметров уравнения состояния ПВ в форме JWL, в работе проведено численное моделирование эксперимента цилиндр-тест для различных взрывчатых веществ и геометрий трубки.

Цилиндр-тест относится к сопряженным задачам аэрогидроупругости, в которых требуется совместный расчет взаимодействия газа и твердого деформируемого тела. В данной работе представлен программный комплекс, в котором реализован независимый расчет лагранжевой и эйлеровой областей сопряженной задачи аэрогидроупругости собственными программными модулями, которые дополнены модулем сопряжения граничных условий, описывающим обмен энергией и импульсом на контактных границах на каждом счетном временном шаге. Для описания течений конденсированных сред использована математическая модель двумерных упругопластических течений среды в лагранжевых координатах [1, 2]. Для описания течений газа использована математическая модель двумерных газодинамических течений среды в эйлеровых координатах. В обоих случаях система уравнений механики сплошных сред записана с учетом необратимости реальных физических процессов, для чего в уравнениях использованы неравновесные напряжения, которые учитывают конечное время релаксации системы к равновесному состоянию. Численное решение предложенной математической модели в лагранжевых и эйлеровых координатах реализовано с помощью полуаналитического метода [2], который отличается от традиционных методов тем, что конечными разностями заменяются только производные по пространственным переменным. В результате такого подхода уравнения в частных производных сводятся к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, которая имеет приближенное аналитическое решение для малого временного интервала.

Литература

1. **Klinacheva, N. L.** Modelling of Shock Wave Experiments on Two-Fold Compression of Polymethyl Methacrylate [Text] / N. L. Klinacheva, E. S. Shestakovskaya, A. P. Yalovets // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2022. – Vol. 9, No. 2. – P. 26–38.
2. **Яловец, А. П.** Расчет течений среды при воздействии интенсивных потоков заряженных частиц [Текст] // Прикладная механика и техническая физика. – 1997. – Т. 38, № 1. – С. 151–166.