

# ИЗОЭНТРОПЫ ПД ДЛЯ ВВ С МАЛЫМ КРИТИЧЕСКИМ ДИАМЕТРОМ ДЕТОНАЦИИ

С. В. Шахмаев, А. Г. Попцов, В. М. Волков, Д. М. Гагаркин, Е. Б. Смирнов

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

Уравнения состояния продуктов детонации (УрС ПД) находят широкое применение для решения многочисленных задач газовой динамики. Широко применяемым и хорошо себя зарекомендовавшим в научных и инженерных расчетах уравнением является УрС ПД экспоненциального типа Jones-Wilkins-Lee (JWL)

$$P = A \left( 1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right) e^{-R_1 V} + B \left( 1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right) e^{-R_2 V} + \frac{\omega E_0}{V}, \quad (1)$$

где  $P$  – давление, ГПа;  $A, B, C, R_1, R_2, \omega$  – константы;  $E_0$  – объемная калориметрическая энергия детонации, МДж/м<sup>3</sup>;  $V$  – относительный объем.

Данное уравнение в качестве основного математического описания работы продуктов детонации до давлений 0,1 ГПа для решения задач нелинейной динамики [1] внедрено в большинство программных пакетов, таких как AUTODYN, LS-DYNA, ABAQUS и другие [2]. Подбор коэффициентов УрС ПД JWL обычно проводится на основании экспериментов по метанию медной оболочки. При этом используются образцы взрывчатого вещества (ВВ) диаметром 20 мм [3] (постановка T20) или 25,4 мм [4] (постановка Cylinder test).

В различных системах взрывной автоматики и детонационной логики применяются тонкие сечения пластичных ВВ, поэтому использование УрС ПД JWL, построенного на основании данных по разлету оболочек диаметром 20 мм непоказательно. В данном случае целесообразно проведение экспериментов с диаметром ВВ, близким к используемому во взрывном устройстве на его основе.

В докладе представлены результаты экспериментов по метанию медных цилиндрических оболочек диаметром 20 мм и 2 мм, разгоняемых под действием продуктов детонации пластичных ВВ на основе тэна и гексогена, а также рассчитанные изоэнтропы ПД в форме УрС JWL. Для проверки качества построенных УрС проведены численные расчеты. Было показано, что константы УрС ПД в форме JWL, рассчитанные по данным экспериментов в постановке T20 неудовлетворительно описывают движение оболочки, разгоняемой зарядом диаметром 2 мм. Несмотря на одинаковую скорость детонации зарядов диаметром 20 мм и 2 мм, экспериментальная скорость метания оболочки для диаметра 2 мм с учетом масштабного фактора оказывается примерно на 140 м/с ниже. Изоэнтропы ПД для зарядов ВВ разного диаметра имеют значительные расхождения при численном моделировании разлета оболочки несмотря на близость параметров детонации ( $P_{CJ}, D, E_d$ ), что пока не находит заверщенного объяснения. Это указывает на необходимость построения семейства изоэнтроп для зарядов разного диаметра.

Результаты построения семейства изоэнтроп для пластифицированного тэна приведены на рис. 1.

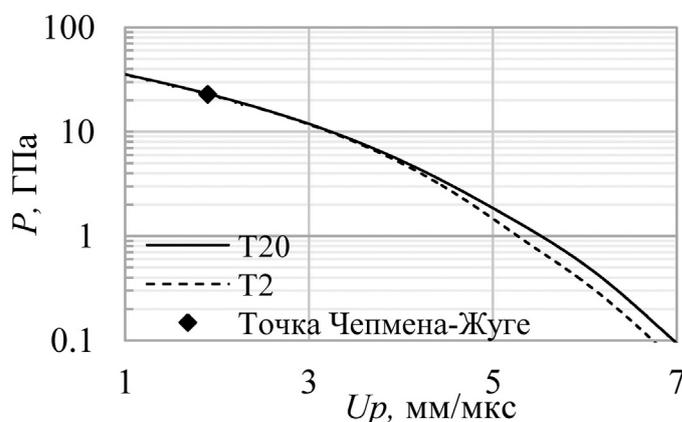


Рис. 1. Семейство изоэнтроп расширения ПД для пластифицированного тэна

## Литература

1. Autodyn Explicit Software for Nonlinear Dynamics: Theory Manual, Revision 4.3, 2005. – 235 p.
  2. **Валько, В. В.** Уравнения состояния продуктов детонации взрывчатых веществ [Текст] / В. В. Валько и др. // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – 2021. – № 51. – 38 с.
  3. Экспериментальные методы и средства в физике экстремальных состояний вещества [Текст] : монография ; под ред. Р. И. Илькаева, А. Л. Михайлова, М. В. Жерноклетова. – М. : РАН, 2021. – 484 с.
  4. **Taylor, G. I.** Analysis of the Explosion of a Long Cylindrical Bomb Detonated at One End [Text]. – Cambridge : Univ. Press, 1941.
-