

3. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М., «Наука», 1967.
4. Гордиец Б. Ф., Осипов А. И., Ступоченко Е. В., Шелепин Л. А. Колебательная релаксация в газах и молекулярные лазеры. Усп. физ. н., 1972, т. 108, вып. 4.
5. Микаэлян А. Л., Тер-Микаэлян М. Л., Турков Ю. Г. Оптические генераторы на твердом теле. М., «Советское радио», 1967.

УДК 533.6.01.011

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ
О ДВИЖЕНИИ ОБОЛОЧКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРОДУКТОВ
ОСЕВОЙ ДЕТОНАЦИИ**

*А. В. Каширский, Ю. В. Коровин, В. А. Одинцов,
Л. А. Чудов*

(Москва)

Получено численное решение задачи о движении несжимаемой цилиндрической оболочки с зарядом взрывчатого вещества при возбуждении детонации одновременно по всей оси заряда. Прочность оболочки не учитывается. Для продуктов детонации принято трехчленное уравнение состояния. В [1] получено численное решение задачи об одномерном движении цилиндрической оболочки при осевой детонации заряда взрывчатого вещества (ВВ).

Рассмотрим цилиндрическую оболочку с зарядом ВВ. При возбуждении детонации одновременно по всей оси заряда в нем формируется расходящаяся цилиндрическая детонационная волна. Продукты детонации с торцов заряда истекают в вакуум. До момента выхода детонационной волны на оболочку движение продуктов детонации в торцевой зоне автомодельное. После удара детонационной волны об оболочку в продуктах детонации возникает отраженная ударная волна, сходящаяся к оси симметрии, вследствие чего дальнейшее движение газа неизэнтропическое. При заданном уравнении состояния продуктов детонации определяющими параметрами задачи будут

$$\lambda = L / 2R_0, \mu = m / M$$

где m — масса заряда, M — масса оболочки, L — длина и R_0 — начальный радиус заряда.

В качестве ВВ взят пентолит (сплав тротила с ТЭН 50 : 50) с начальной плотностью $\rho_0 = 1.65 \text{ г/см}^3$, теплотой взрывчатого превращения $Q = 0.0536 \text{ мбар} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ и скоростью детонации $D = 0.7655 \text{ см/мксек}$.

Безразмерные переменные вводятся таким образом, что вид уравнений движения не меняется

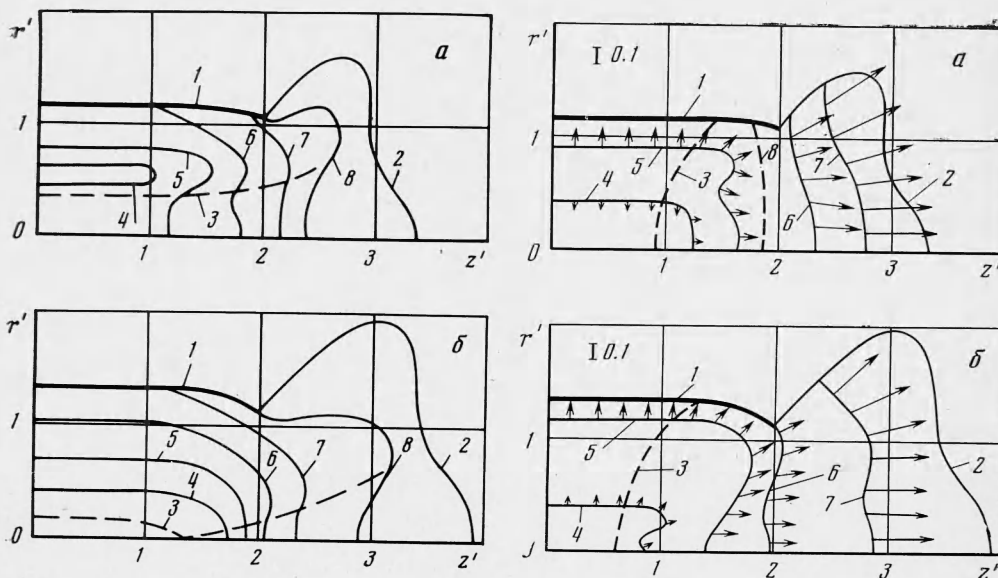
$$p' = p / \rho_0 D^2, \rho' = \rho / \rho_0, w' = w / D, v' = v / D, u' = u / D, c' = c / D \\ e' = e / D^2, r' = r / R_0, z' = z / R_0, t' = tD / R_0$$

Здесь p — давление, ρ — плотность, w — массовая скорость, v — осевая компонента скорости, u — радиальная компонента скорости, c — скорость звука, e — внутренняя энергия, r — радиальная координата, z — осевая координата, t — время. Для продуктов детонации принято уравнение состояния [2]

$$p' = A\rho'e' + B\rho'^4 + C \exp(-k/\rho') \\ A = 35 \cdot 10^{-2}, B = 1659 \cdot 10^{-5}, C = 2147 \cdot 10^{-3}, k = 3636 \cdot 10^{-3}$$

Начальное распределение параметров продуктов детонации было задано в момент времени $t' = 0.1$. В области, не затронутой торцевой волной разрежения, использовалось одномерное автомодельное распределение за фронтом расходящейся цилиндрической детонационной волны. В зоне действия волны разрежения использовались линейные аппроксимации.

Граничные условия задачи описаны в [3]. Конечно-разностная аппроксимация уравнений движения продуктов детонации выполнена при помощи явной двухшаговой схемы второго порядка точности [4]. Расчеты проведены на ЭЦВМ БЭСМ-6 на сетке 37×25 .



Фиг. 1

Фиг. 2

Оболочка (1), фронт истекающих продуктов детонации (2) и фронт отраженной ударной волны (3) показаны в различные моменты времени на фиг. 1 (а соответствует моменту времени $t' = 1.926$, б — $t' = 2.735$). Линиями 4—8 показаны изобары. Линия 4, на фиг. 1, а соответствует давлению $p' = 0.1$, линии 5, 6, 7, 8 — давлениям $p' = 0.05, 0.018, 0.003, 0.001$. На фиг. 1, б линия 4 соответствует давлению $p' = 0.044$, линии 5, 6, 7, 8 — давлениям $p' = 0.02, 0.01, 0.005, 0.0004$ соответственно.

На фиг. 2 представлены линии равных скоростей (4—7) в те же моменты времени, стрелками показаны векторы скоростей продуктов детонации в масштабе. Линия 3 соответствует фронту торцевой волны разрежения, линия 8 — звуковой поверхности ($c = w$).

Прслеживаются следующие особенности течения: наличие одномерной зоны в средней части заряда, не затронутой торцовыми волнами разрежения; интенсивная разгрузка продуктов детонации в области торцов; искривление отраженного ударного фронта в продуктах детонации; движение звуковой поверхности внутрь оболочки; сильное затухание отраженной ударной волны; отсутствие заметного «затекания» продуктов детонации на оболочку.

Поступила 27 VIII 1973

ЛИТЕРАТУРА

1. Каширский А. В., Коровин Ю. В., Одинцов В. А. Движение оболочки при осевой детонации. ПМТФ, 1971, № 1.
2. Walker W. A., Sternberg H. M. The Chapman — Jouguet isentrope and the underwater shockwave performance of pentolite. Proc. 4-th Sympos. (Internat.) Detonat. White Oak, Md, 1965, Washington, Office Naval Research, 1967.
3. Каширский А. В., Коровин Ю. В., Одинцов В. А., Чудов Л. А. Численное решение двумерной нестационарной задачи о движении оболочки под действием продуктов детонации. ПМТФ, 1972, № 4.
4. Каширский А. В., Коровин Ю. В., Чудов Л. А. Явный разностный метод для расчета двумерных нестационарных задач о движении продуктов детонации. Сб. «Вычислительные методы и программирование», вып. 19. М., Изд-во МГУ, 1972.

Технический редактор Э. Ф. Бунова

Сдано в набор 1/II-1974 г. Т-05073 Подписано к печати 2/IV-1974 г. Тираж 2010 экз.
Зак. 132 Формат бумаги 70×108^{1/16} Усл. печ. л. 14,7 Бум. л. 5^{1/4} Уч.-изд. л. 15,1

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10