

в среднем, т. е. считать, что на каждой единице поверхности поток вещества равен JS^{-1} , где J — поток вещества на всей поверхности при некоторой постоянной концентрации c_* , S — площадь поверхности. Следуя методу Д. А. Франк-Каменецкого, имеем

$$JS^{-1} = kc_*^n \quad (4.1)$$

что, как нетрудно видеть, эквивалентно решению задачи (1.1) — (1.4) при замене условия (1.3) на (1.5).

В недавних работах американских авторов [2,3] метод Д. А. Франк-Каменецкого прямо прилагается к неравнодоступным поверхностям. Шамбре и Акривос [2], например, записывают равенство потоков вещества в данной точке для пластины при $n = 1$

$$0.34(c_0 - c_*)D^{2.2}v^{-1/2}x^{-1/2} = kc_*$$

что приводит к довольно большим неточностям.

Поступила 8 VII 1961

ЛИТЕРАТУРА

1. Левич В. Г., Физико-химическая гидродинамика. М., Физматгиз, 1959.
2. Chambré D. L., Acrivos A. On chemical surface reactions in laminar boundary layer flows. J. Appl. Phys., 1956, vol. 27, N 11.
3. Rosner D. E. Chemically frozen boundary layers with catalytic surface reaction. J. Aero/Space Sci., 1959, vol. 26, N 5.
4. Супоничкий А. М. О расчете скорости переноса вещества в ламинарном потоке жидкости при гетерогенных химических реакциях со смешанной кинетикой. ПМТФ, 1960, № 2.
5. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. Ч. II, М.—Л., Гостехиздат, 1948.
6. Lightill M. J. Contributions to the theory of heat transfer through a laminar boundary layer. Proc. Roy. Soc., 1950, vol. 202, S. A., N 1070.
7. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Изд-во АН СССР, 1947.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛИТРОПЫ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

А. Я. Апин, И. М. Воскобойников, Ю. А. Карташов, В. Д. Лютов
(Москва)

Адиабата продуктов взрыва во фронте детонационной волны может быть описана политропическим законом

$$p = Av^{-n} \quad (1)$$

причем показатель n зависит от состава продуктов взрыва, их давления и температуры. Данные о детонации тротила и гексогена [1] позволяют предполагать, что при давлениях выше 100 тыс. атм зависимость n от давления можно пренебречь.

Температура детонации также слабо влияет на величину показателя политропы. Так, значения n для продуктов взрыва ВВ достаточно близки, хотя температуры детонации меняются на 2000° К. Таким образом, в первом приближении можно считать, что показатель политропы продуктов взрыва во фронте детонационной волны конденсированных ВВ полностью определяется составом продуктов взрыва.

В работе [2] было показано, что состав продуктов взрыва зависит только от элементарного состава ВВ и может быть записан, придерживаясь следующих приближенных правил. Водород полностью окисляется до H_2O , а углерод окисляется до CO . При большем количестве кислорода окисление углерода происходит до CO_2 . Однако для ВВ с нулевым и небольшим отрицательным и положительным кислородным балансом до CO_2 окисляется не более 70% углерода.

Выше было сделано предположение, что адиабата продуктов взрыва может быть описана политропическим законом (1). Если это предположение распространить на все компоненты продуктов взрыва, то можно показать, что

$$n^{-1} = \sum \alpha_i n_i^{-1} \quad (2)$$

Здесь α_i — объемная доля компоненты продуктов взрыва, n_i — показатель политропы для этой компоненты. Так как вычисление α_i представляет большие трудности, показатель политропы искался в виде

$$n^{-1} = \sum \beta_i n_i^{-1} \quad (3)$$

где β_i — молярная доля компоненты продуктов взрыва.

Переход от α_i к β_i будет тем более оправдан, чем ближе значения объемов, занимаемых 1 молекул компонент продуктов взрыва.

В работе измерялись скорости детонации и массовые скорости продуктов взрыва различных ВВ и их смесей. Скорости детонации D измерялись ионизационным методом с точностью ± 50 м/сек, а массовые скорости u методом откола [1] с точностью ± 30 м/сек (табл. 1). Показатель политропы n вычислялся из выражения

$$n = Du^{-1} - 1 \quad (4)$$

Используя найденные таким образом значения n и записывая химическую реакцию, как в работе [2], было установлено, что показатель политропы, действительно, можно представить в виде (3), если значения n_i выбрать следующим образом:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 1.9, \quad n_{\text{N}_2} = 3.7, \quad n_{\text{CO}} = 2.85, \quad n_{\text{C}} = 3.55, \quad n_{\text{CO}_2} = 4.5, \quad n_{\text{O}_2} = 2.45$$

В крайнем правом столбце табл. 1 приведены значения n° , рассчитанные с указанными значениями n_i . Хорошее совпадение показателей политропы, найденных на основании экспериментальных данных, с рассчитанными подтверждает предложенную выше аддитивность показателя политропы, а также позволяет рекомендовать использовать вычисленные на основании (3) значения $n = n^\circ$ для определения массовой скорости $u = D/(n+1)$ и давления $p = \rho_0 D^2 / (n+1)$ продуктов взрыва во фронте детонационной волны.

Таблица 1

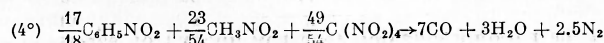
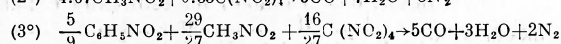
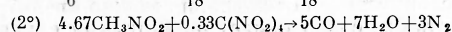
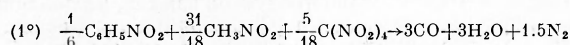
Параметры детонационной волны мощных ВВ

| ВВ | $\rho_0, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ | $D, \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ | $u, \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ | $T^\circ\text{K}$ | $n(4)$ | $n^\circ(2)$ |
|-------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------|--------------|
| Нитрометан | 1.14 | 6.30 | 1.85 | 3700 * | 2.4 ** | 2.35 |
| Тротил | 1.64 | 7.00 | 1.85 | (2350) | 2.8 | 2.8 |
| Тетрил | 1.70 | 7.85 | 2.12 | 2950 | 2.7 ** | 2.75 |
| Гексоген | 1.80 | 8.85 | 2.46 | 3700 | 2.6 | 2.6 |
| Тэн | 1.77 | 8.50 | 2.27 | 4200 | 2.75 | 2.75 |
| Нитроглицерин | 1.60 | 7.65 | 2.07 | 4000 | 2.7 ** | 2.75 |
| Тетранитрометан | 1.64 | 6.40 | 1.56 | 3000 | 3.1 | 3.0 |
| Динитропропандиол | 1.60 | 7.20 | 2.15 | (2950) | 2.35 | 2.4 |
| ТГ 50/50 | 1.68 | 7.60 | 2.05 | 3000 | 2.7 ** | 2.7 |
| Смесь 1° *** | 1.26 | 6.80 | 2.03 | (4000) | 2.35 | 2.45 |
| Смесь 2° *** | 1.21 | 6.90 | 1.97 | (4200) | 2.5 | 2.4 |
| Смесь 3° *** | 1.35 | 7.30 | 2.06 | (4050) | 2.55 | 2.6 |
| Смесь 4° *** | 1.40 | 7.10 | 1.94 | (3950) | 2.65 | 2.65 |

* Температуры измерены электронно-оптическим методом, в скобках даны значения, рассчитанные по $T=4.8 \cdot 10^{-9} p v (v-0.20) \mu$ [4].

** Согласно данным Дремина А. Н. [1-3]. Данные для тротила, гексогена и тэна совпадают с приведенными.

*** Жидкие растворы нитробензола, нитрометана и тетранитрометана



В работе [3] было показано, что показатель политропы продуктов взрыва ТГ линейен от процентного содержания в смеси тротила и гексогена. Однако в общем случае такого рода аддитивности от процентного содержания компонент в продуктах взрыва (CO , H_2O и т. д.) не наблюдается.

Таким образом, оказывается, что в широком интервале температур и давлений детонации показатель политропы продуктов взрыва можно представить аддитивной величиной показателей политропы компонент продуктов взрыва. Значения показателей компонент продуктов взрыва приводятся. Измерены скорости детонации и массовые скорости ряда ВВ и их смесей.

Поступила 15 VI 1961

ЛИТЕРАТУРА

- Дремин А. Н., Похил П. Ф. Параметры детонационной волны тротила, гексогена, нитроглицерина и нитрометана. ДАН СССР, 1959, т. 128, № 5.
- Апин А. Я., Воскобойников И. М. Расчет параметров детонационной волны в конденсированных взрывчатых веществах. ПМТФ, 1960, № 4.
- Дремин А. Н., Адададуров Г. А. Параметры детонации смесей тротил — гексоген. Изв. АН СССР, ОХН, 1960, № 6.
- Воскобойников И. М., Апин А. Я. Измерение температуры детонационного фронта взрывчатых веществ. ДАН СССР, 1960, т. 130, № 4.