

# РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ МЕТАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГАРНИ\*

М. Н. Махов<sup>1</sup>

**Аннотация:** Полуэмпирический метод расчета метательной способности (МС) индивидуальных и алюминизированных взрывчатых веществ (ВВ) разработан с использованием экспериментального массива данных. Расчетные уравнения построены на основе модели Гарни и зависимости коэффициента трансформации химической энергии в кинетическую от объемного числа молей газообразных продуктов взрыва (ПВ). Полуэмпирические соотношения позволяют оценивать скорости медной оболочки и стальной пластины в условиях методик Т-20 и М-40 соответственно. При расчете для индивидуальных ВВ используются calorиметрические значения теплоты взрыва (ТВ). В случае алюминийсодержащих композиций оценивается эффективная полнота окисления алюминия (Al), тепловой эффект и состав ПВ для рассматриваемых стадий расширения. Формулы учитывают влияние количества кислорода ВВ, плотности заряда, размера частиц и концентрации компонентов. Выполнены расчеты МС модельных композиций, содержащих октоген, Al и ряд ВВ с положительным кислородным балансом (КБ).

**Ключевые слова:** взрывчатое вещество; метательная способность; теплота взрыва, алюминий; расчет

DOI: 10.30826/CE23160209

EDN: LLNPDQ

## Литература

1. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко. — 3-е изд. — М.: Физматлит, 2002. Т. 1. 832 с.
2. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках / Под ред. М. В. Жерноклетова. — Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2003. 402 с.
3. *Hardesty D. R., Kennedy J. E.* Thermochemical estimation of explosive energy output // *Combust. Flame*, 1977. Vol. 28. P. 45–59.
4. *Hornberg H.* Determination of fume state parameters from expansion measurements of metal tubes // *Propell. Explos. Pyrot.*, 1986. Vol. 11. No. 1. P. 23–31.
5. *Finger M., Lee E., Helm F. H., Hayes B., Hornig H., McGuire R., Kahara M.* The effect of elemental composition on the detonation behavior of explosives // 6th Symposium (International) on Detonation Proceedings. — Coronado, CA, USA, 1976. P. 710–722.
6. *Gurney R. W.* The initial velocities of fragments from bombs, shells and grenades. — Aberdeen Proving Ground, MD, USA: Army Ballistic Research Laboratory, 1943. Report BRL 405.
7. *Kamlet M. J., Finger M.* An alternative method for calculating Gurney velocities // *Combust. Flame*, 1979. Vol. 34. P. 213–214.
8. *Koch A., Arnold N., Estermann M.* A simple relation between the detonation velocity of an explosive and its Gurney energy // *Propell. Explos. Pyrot.*, 2002. Vol. 27. No. 6. P. 365–368. doi: 10.1002/prep.200290007.
9. *Danel J.-F., Kazandjian L.* A few remarks about the Gurney energy of condensed explosives // *Propell. Explos. Pyrot.*, 2004. Vol. 29. No. 5. P. 314–316. doi: 10.1002/prep.200400060.
10. *Викторов С. Б., Губин С. А., Маклашова И. В., Пенекин В. И.* Модели уравнений состояния продуктов и методика термодинамического моделирования детонации // *Ядерная физика и инжиниринг*, 2010. Т. 1. № 1. С. 80–96.
11. *Махов М. Н.* Определение энергосодержания индивидуальных ВВ // *Хим. физика*, 2000. Т. 19. № 6. С. 52.
12. *Махов М. Н.* Метод оценки теплоты взрыва алюминизированных ВВ // Тр. Междунар. конф. «VII Харитоновские тематические научные чтения». — Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2005. С. 53–58.
13. *Махов М. Н.* Определение теплоты взрыва алюминизированных взрывчатых веществ // *Хим. физика*, 2020. Т. 39. № 9. С. 71–79. doi: 10.31857/S0207401X20090083.
14. *Махов М. Н., Архипов В. И.* Метод оценки метательной способности алюминизированных взрывчатых веществ // *Хим. физика*, 2008. Т. 27. № 8. С. 36–42.
15. *Махов М. Н., Архипов В. И.* К расчету скорости разлета оболочки // *Физика горения и взрыва*, 1989. Т. 25. № 3. С. 87–89.
16. *Makhov M. N.* A simple method for predicting the metal acceleration ability of high explosives // 33rd Annual Con-

\*Работа выполнена в рамках Государственного задания «1.5 Фундаментальное исследование энергонасыщенных материалов и электрохимических систем с целью повышения эффективности и безопасности их применения».

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, mnm13makhov@yandex.ru

- ference (International) of ICT Proceedings. — Karlsruhe, 2002. Paper 74. 12 p.
17. *Roth J.* Velocity of explosively driven fragments in Encyclopedia of Explosives and Related Items. — Dover, NJ, USA: US Army Research and Development Command, 1983. Vol. 10. P. V63–V90.
18. *Орленко Л. П.* Физика взрыва и удара. — М: Физматлит, 2008. 304 с.
19. *Архипов В. И., Махов М. Н., Пепекин В. И.* Одетонации смесевых взрывчатых систем типа окислитель–горючее // Хим. физика, 1993. Т. 12. № 12. С. 1640–1643.
20. *Махов М. Н., Гоголя М. Ф., Долгобородов А. Ю., Бражников М. А., Архипов В. И., Пепекин В. И.* Метательная способность и теплота взрывчатого разложения алюминизированных взрывчатых веществ // Физика горения и взрыва, 2004. Т. 40. № 4. С. 96–105.
21. *Махов М. Н.* Метательная способность алюминий-содержащих взрывчатых композиций // Хим. физика, 2018. Т. 37. № 4. С. 51–58. doi: 10.7868/S0207401X18040064.

*Поступила в редакцию 17.03.2023*