

УДК 621.797

Кириченко А.Л., к.т.н., главный технолог,  
*Государственное предприятие «Научно-производственное объединение  
«Павлоградский химический завод», г. Павлоград Днепропетровская обл.,  
Украина,*

Куливар В.В., аспирант,  
*Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», г. Днепр,  
Украина*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИНИЦИИРУЮЩИХ ВЗРЫВЧАТЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ СРЕДСТВ ВЗРЫВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ**

Переход к эксплуатации новых способов инициирования зарядов ВВ, например, таких как лазерное инициирование [1-5], обеспечит высокий уровень безопасности, высокую точность короткозамедленного взрывания и абсолютную устойчивость к внешним электромагнитным воздействиям [6.7]. Такой скачек технологических возможностей может быть обеспечен новыми средствами взрывания, снаряженными первичными светочувствительными взрывчатыми композициями [8-12].

Для решения задачи лазерного инициирования зарядов ВВ в первую очередь требуется определение тепловых полей в системе включения-матрица, т.е. в светочувствительном взрывчатом композите (частицы ВВ-полимерная матрица), точность расчета которых определяется корректным заданием скорости энерговыделения в поглощающем включении. Для этого необходимо достаточно точно задавать значение сечения поглощения [12-14].

В работе исследовано влияние дефектов микроструктуры инициирующих взрывчатых веществ (ИВВ) на процесс возбуждения детонации лазерным моноимпульсом. Приведены результаты экспериментальных исследований и физико-математического моделирования влияния микроструктурных дефектов в кристаллах светочувствительных ИВВ при действии лазерного моноимпульса. Физико-математическое моделирование осуществлялось с помощью теории упругого рассеяния света на сферических микрочастицах – теории Ми.

В экспериментах по зажиганию ВВ лазерным моноимпульсом проводилась запись формы лазерного моноимпульса, контролировался характер распределения энергии по радиусу лазерного луча и время задержки зажигания ВВ. Показано, что свойства частицы поглощать излучение существенно образом зависят от свойств среды, в которой эта частица находится, и от длины волны излучения. Для сажиистой частицы, находящейся в ТЭНе, поглощение при длине волны лазерного излучения 1,06 мкм сильнее, чем для излучения

длиной волны 0,69 мкм. Иная картина поглощения наблюдается, если свинцовая частица находится в азиде свинца: поглощение при длине волны 0,69 мкм в два раза сильнее, чем при длине волны 1,06 мкм. В процессе изготовления взрывчатых веществ для увеличения эффективности лазерного инициирования желательно создавать дополнительные дефекты в микроструктуре взрывчатых веществ.

Предложенная методика расчета оптических характеристик микровключений использовалась для определения сечения поглощения в азидах металлов на длине волн неодимового и рубинового лазеров, с целью выбора наиболее эффективного источника излучения для надежного инициирования первичных ВВ. Лазерное инициирование использовали при инициировании патронированных ВВ [15,16], литых зарядов ТГ 40 в экспериментальном штреке в исследованиях чувствительности метано-воздушной смеси к зажиганию [17]. Результаты исследований использованы при разработке технического задания на выполнение проекта конструкции оптических детонаторов для лазерных систем инициирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Илюшин М.А. Разработка компонентов высокоэнергетических композиций (Монография) / М.А. Илюшин, И.В. Целинский, А.М. Судариков и др. // СПб: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2006. – 150 с.
2. Илюшин М.А. Металлокомплексы в высокоэнергетических композициях: монография / М.А. Илюшин, А.В. Смирнов, А.М. Судариков и др. / Под.ред. И.В. Целинского. – Санкт-Петербург: ЛГУ им. А.С. Пушкина. – 2010. – 188 с.
3. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) The method of obtaining mechanical loading pulses based on a laser initiation of explosion of explosive coatings // *Fizika Goreniya i Vzryva* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 106-111.
4. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) Generating mechanical pulses by the laser blasting of explosive coating // *Combustion, Explosion, and Shock Waves* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 239-242.
5. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V. (1995) Laser method of profiled detonation wave generation for explosion treatment of materials // *Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov* Issue 5, September 1995, Pages 120-123.
6. OPSIN – A new system of blasthole and deep-hole charges blasting in explosives / V.V. Sobolev, A.V. Chernay, N.M. Studinsky // 5th – International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Sao Paulo, Brazil, 22-25 October 1996. – Sao Paulo, 1996. – P. 441-443.

7. Соболев В.В., Чернай А.В., Чернай В.А., Илюшин М.А. К вопросу о разработке системы лазерного взрывания зарядов ВВ // Высокоэнергетическая обработка материалов. Сб. науч. тр. / Редкол.: Соболев В.В. (Отв. ред.) и др. - Днепропетровск: Арт-Пресс, 1997. – С. 63-67.

8. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Chernaj, V.A., Ilyushin, M.A., Dlugashek, A. (2003) Laser ignition of explosive compositions based on di-(3-hydrazino-4-amino-1,2,3-triazole)-copper(II) perchlorate. *Combustion, Explosion and Shock Waves* Vol. 39, Issue 3, May 2003, Pages 335-339.

9. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Chernaj V.A., Ilyushin, M.A., Dlugashek, A. (2003) Laser initiation of charges on the basis of di-(3-hydrazino-4-amino-1,2,3-triazol)-copper (II) perchlorate // *Fizika Goreniya i Vzryva*. Volume 39, Issue 3, 2003, Pages 105-110.

10. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin M.A., Zhitnev, N.E., Petrova, N.A. (1996) On the mechanism of ignition of energetic materials by a laser pulse // *Chemical Physics Reports* Volume 15, Issue 3, 1996, Pages 457-462.

11. Sobolev V., Shiman L.N., Nalisko N.N. Kirichenko A.L. (2017) Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, – 2017, – №6. – P. 53-60.

12. Sobolev V., Bilan N., Kirichenko O. (2014) Mechanism of additional noxious fumes formation when conducting blasting operations in rock mass // *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*. Published by CRC Press/Balkema, The Netherlands, 2014. - 521 p. - P. 471-477. ISBN: 978-1-138-02699-5 (Hbk), ISBN: 978-1-315-74031-7.

13. Kyrychenko O. I. (2018) On the influence of the density of laser beam energy on the sensitivity of explosive substances to laser radiation, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2018, №6, 48-56.

14. Sobolev V., Ustimenko E.B., Nalisko N.N., Kovalenko I.L. (2018) The macrokinetics parameters of the hydrocarbons combustion in the numerical calculation of accidental explosions in mines // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, –2018– №1– P. 89-98.

15. Sobolev V., Taran Y., Gubenko S. Shock Wave Use for Diamond Synthesis // *Journal de Physique IV. Colloque*. – C.3. – 1997. – 7. – P.73-75.

16. Чернай А.В., Соболев В.В., Чернай В.А., Илюшин М.А., Длугашек А. Лазерное инициирование взрывчатых составов на основе ди (3-гидразино-4-амино-1,2,3-триазол) медь (II) перхлора // *Физика горения и взрыва*. – 2003. – №3. – С.105-110.

17. Курляк А.В., Соболев В.В., Устищенко Е.Б., Балакин О.А. предохранительные эмульсионные взрывчатые вещества. Оценка рецептурных факторов влияния на свойства // *Зб. наукових праць НГУ. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка»*, 2018, № 5-6, С. 42-51.