

"Effect of absorbing impurities on  
Shock Waves 25.1 (1989): 1-7.

Carbon Particles on the Laser Initiation  
Threshold." *Khim. Fiz* 24.10 (2005): 49-56.

"Millisecond Laser Pulses." *Russian*

Journal of Physical Chemistry B 8.3  
doped with Resonant Hollow Gold  
Nanoshells. No. LLNL-CONF-656673. Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL),  
Livermore, CA, 2014.

"The influence of aluminum powder  
dispersity on composite solid propellants ignitability by laser radiation." *Combustion and Flame*

159.1 (2012): 409-415.

"Explosive decomposition of PETN with nanoaluminum additives under the  
influence of pulsed laser radiation at different wavelengths." *Russian Journal of Physical Chemistry*

7.4 (2013): 453-456.

"Controlling pentaerythrite tetranitrate sensitivity to the laser effect through the  
addition of nickel and aluminum nanoparticles." *Russian Journal of Physical Chemistry B*

## TETRANITRATE BY NANOSECOND PULSES

A.G. Krechetov, A.V. Tupitsyn

Sarov, Russia

olve a wide range of tasks, from  
medical use. The issue of energetic  
initiation. Presence of sensitive energetic  
additives. Therefore, search for ways to use  
laser for research. Laser initiation of  
energetic material. Examples of such additives  
are metal powders [4,5,6,7]. Initiation of  
energetic film (foil) adjacent to the energetic

tetranitrate (PETN) initiation due  
to the laser effect through the  
addition of nickel and aluminum  
nanoparticles. *Russian Journal of Physical Chemistry B* 8.3  
(2014): 352-355.

energy threshold at high concentrations of the additive due to the increase in the extinction  
index decreases the thickness of ignited layer to a value insufficient to initiate the entire  
sample. It has also been found to influence of method of homogenization on the ignition  
threshold energy by nanosecond laser pulses composites containing carbon black.

Laser ignitability of a two-component system constituted of a copper (II) oxide layer  
and a PETN tablet was studied [8]. An ytterbium fiber laser with 1070 nm wavelength, 20  
ms pulse duration and 3.6 kW/cm<sup>2</sup> power density was used. The threshold of launching of  
exothermic reaction as a function of the light absorbing coating layer thickness was studied.  
It has been found that the exothermic reaction zone formation does not always lead to the  
initiation of the entire sample. An analytical model describing the initiation of the  
exothermic decomposition reaction in the surface layer of the sample was developed. The  
effectiveness of the initiation of the explosion decreases with the increase in the thickness of  
the absorbing layer.

### References

1. Aleksandrov, E. I., A. G. Voznyuk, and V. P. Tsipilev. "Effect of absorbing impurities on explosive initiation by laser light." *Combustion, Explosion, and Shock Waves* 25.1 (1989): 1-7.
2. Ilyushin, M. A., et al. "Effect of Additives of Ultrafine Carbon Particles on the Laser Initiation Threshold of a Polymer-Photosensitive Explosive Composition." *Khim. Fiz* 24.10 (2005): 49-56.
3. Aluker, É. D., et al. "Initiation of Tetranitropentaerythrit by Millisecond Laser Pulses." *Russian Physics Journal* 56.12 (2014): 1357-1362.
4. Wilkins, P. R. Laser Deflagration-to-Detonation in Keto-RDX doped with Resonant Hollow Gold Nanoshells. No. LLNL-CONF-656673. Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), Livermore, CA, 2014.
5. Arkhipov, Vladimir A., and Alexander G. Korotkikh. "The influence of aluminum powder dispersity on composite solid propellants ignitability by laser radiation." *Combustion and Flame* 159.1 (2012): 409-415.
6. Aduiev, B. P., et al. "Explosive decomposition of PETN with nanoaluminum additives under the influence of pulsed laser radiation at different wavelengths." *Russian Journal of Physical Chemistry B* 7.4 (2013): 453-456.
7. Aduiev, B. P., et al. "Controlling pentaerythrite tetranitrate sensitivity to the laser effect through the addition of nickel and aluminum nanoparticles." *Russian Journal of Physical Chemistry B* 8.3 (2014): 352-355.
8. Mitrofanov A. et al. Sensitization of PETN to laser radiation by opaque film coating // *Combustion and Flame* 172 (2016): 215-221.

## ЗАТУХАНИЕ ДЕТОНАЦИИ ЗА ФРОНТОМ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ПЛАСТИЧНОМ ВВ НА ОСНОВЕ ТЭНА

А.О. Кашкаров<sup>1,2</sup>, Э.Р. Прууэл<sup>1,2</sup>, К.А. Тен<sup>1</sup>, К.Н. Панов<sup>3</sup>, В.Б. Тумова<sup>3</sup>, И.А. Спирин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров, Россия

В работе исследовалось взаимодействие ударной и детонационной волн в  
зарядах пластичного взрывчатого вещества на основе тэна. Активный слой ВВ  
нагружался косой ударной волной, затем, в ту же сторону вдоль слоя, направлялась

детонационная волна. Временной интервал между волнами задавался геометрией экспериментальной сборки в пределах нескольких микросекунд.

Для регистрации процесса взаимодействия волн применялся метод скоростной диагностики быстропротекающих процессов с помощью синхротронного излучения на базе ускорителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН [1, 2]. Метод позволяет получить динамику процесса в виде рентгеновского щелевого кино с пространственным разрешением до 0.1 мм. Интервал между кадрами в настоящей работе 0.496 мкс, время экспозиции около 1 нс.

Было получено, что, при небольшом интервале между волнами, детонационная волна распространяется вслед за ударной без наблюдаемого изменения скорости. Увеличение временного зазора приводит к переходному процессу затухания детонации и падению скорости волны до 2.5 км/с.

#### Литература

1. Опыт применения синхротронного излучения для исследования детонационных процессов. В. М. Титов, Э.Р. Прууэл, К.А. Тен и др. //Физика горения и взрыва. № 6. 2011. С. 3–15.
2. Э.Р. Прууэл, К.А. Тен, Б.П. Толочко и др. Реализация возможностей синхротронного излучения в исследованиях детонационных процессов // Доклады Академии наук. Техническая физика. 2013. Т. 448. No 1. С. 38-42.

## К ВОПРОСУ О ВОЗБУЖДЕНИ ВЗРЫВНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ЗАРЯДАХ ВВ ПРИ ПРОНИКАНИИ В НИХ УДАРНИКОВ

*И.Ф. Кобылкин*

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Механизмы возбуждения взрывных превращений в зарядах ВВ, заключенных в прочные металлические оболочки, при воздействии высокоскоростных ударников достаточно подробно рассмотрены в книге [1]. Там же приведены соотношения, позволяющие оценивать параметры ударного воздействия, необходимые для возбуждения различных режимов взрывного превращения на ударно-волновой стадии взаимодействия ударника с экранированным зарядом ВВ и на стадии пробития экрана. В [1] также экспериментально показано, что и при последующем проникании ударника в заряд ВВ возможно возбуждение взрывных превращений в ВВ, даже если исключить разогрев ВВ и ударника на стадии пробития оболочки. В настоящей работе предлагается феноменологическая модель процесса возбуждения взрыва в зарядах ВВ при проникании в них ударников с относительно небольшими скоростями до нескольких сотен метров в секунду. Предлагаемая модель основана на положениях теории механической чувствительности твердых ВВ [2] и теории проникания недеформируемых тел в прочные среды [3].

В соответствии с универсальным законом сопротивления давлению сопротивления прониканию может быть определено с помощью соотношения

$$p = 3\sigma_{\text{пр}} + \chi\rho u^2,$$

где  $\sigma_{\text{пр}}$  – предел прочности среды на сжатие;  $\chi$  – коэффициент сопротивления головной части ударника: для полусферической головной части  $\chi = 0,5$ , для плоской  $\chi = 1$ ;  $\rho$  – плотность среды;  $u$  – скорость проникания.

Источником разогрева вытеснения ВВ из под действием соответствия с теорией м... ВВ является плавление ВВ... плавления  $T_{\text{пл}}$ . Но сама тем... небольших давлений эта за...

где  $T_{\text{пл}0}$  – исходная температура критической температуре  $T_{\text{крит}}$  превращения, в [2] приходят

Поскольку для большинства следует ожидать величины к

Приравнивая критическое проникания, получим соотношение проникания  $икр$  ударника в ВВ

Условием необходимым для проникания в него ударника количественной оценки  $икр$  напряжения разрушения при небольших размеров по пор зарядов ВВ в виде тонких сл... больше и изменяется в пред... Давление прессования многи... Поскольку проникание ударника для оценки величины  $икр1$  при  $икр1 = 640$  м/с.

Кроме сжатия до критического необходимо разогреть до критического вытесняемого объема ВВ... при проникании совершает ударника. В соответствии со... пластического деформиров... Вытесняемый объем равен  $S\delta$ ... записать

где  $C$  – теплоемкость ВВ;  $S_{\text{ср}}$  – среднее приращение температуры... распределение температуры... линейным, то максимальное... превосходить  $\Delta T_{\text{ср}}$ . Из пос... расчета среднего приращения  $\Delta T_{\text{ср}} = \rho\delta / \rho C S_{\text{ср}}$ .

Для ударника с плоским торцом... критическому и подставляя