

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ТЕПЛОФИЗИКЕ  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ ПЛАЗМЫ  
ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ



03715981

КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ КБНЦ РАН

# ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА – 2004

Handwritten signature or stamp



ЧЕРНОГОЛОВКА – 2004

На рис. 5. показаны профили, полученные при детонации порошкового тэна. На них хорошо видно изменение профиля волны, то есть зафиксирован процесс установления детонации. Расстояние от места инициирования до места регистрации было равно 45 мм. Диаметр заряда  $d = 10$  мм. Начальная плотность  $\rho_0 = 1.0$  г/см<sup>3</sup>, скорость детонации в конце участка составила  $D = 5.4$  км/с. Ширина зоны реакции  $\sim 1,3$  мм. На этом снимке видно появление пика плотности. При детонации гексогена и октогена такой пик хорошо регистрируется. У тротила и его сплавов с гексогеном он выделяется хуже.

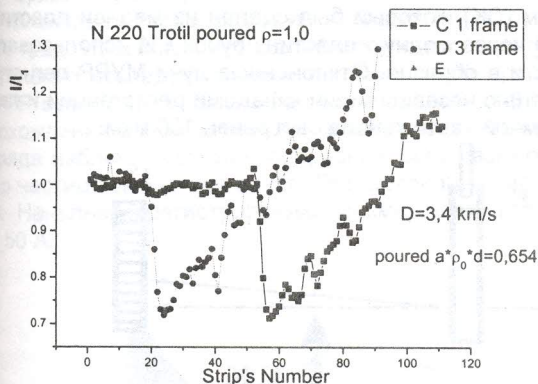


Рис. 2. Изменение интенсивности проходящего излучения при детонации порошкового тротила

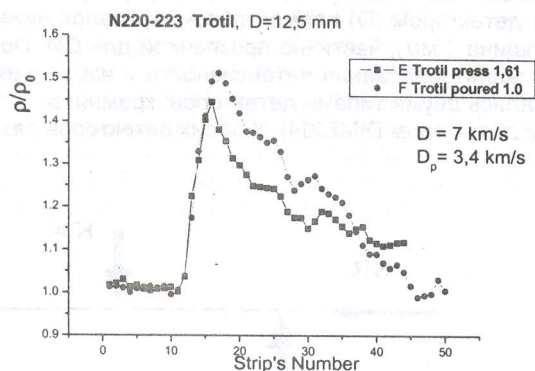


Рис. 3. Относительное изменение плотности на фронте детонации у порошкового и прессованного тротила

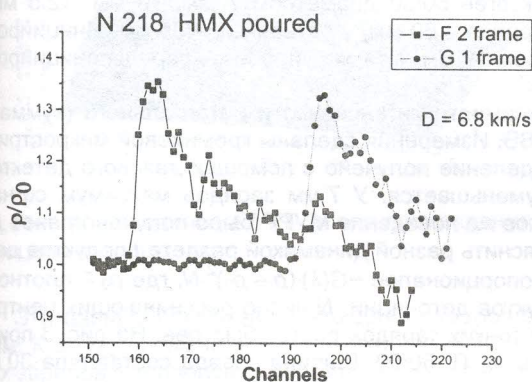


Рис. 4. Относительное изменение плотности на фронте детонации у октогена

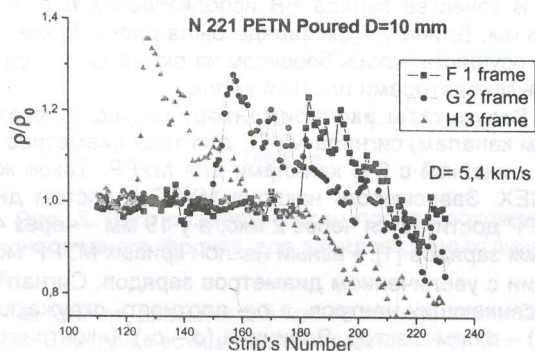


Рис. 5. Изменение профиля плотности на фронте детонации у порошкового тэна

В заключение следует отметить, что в работе ставилась задача об определении максимального сжатия во фронте детонации. Для правильного измерения ширины зоны реакции необходимо учитывать разлет продуктов детонации. Повышению точности так же приведет использование в экспериментах зарядов ВВ большего диаметра.

1. Зубков П.И., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Ляхов Н.З., Титов В.М., Тен К.А., Толочко Б.П., Федотов М.Г., Шарафутдинов М.Р., Шеромов М.А. // Физика экстремальных состояний вещества-2001. ИПХФ РАН, Черноголовка, 2001. С.49-50.
2. Aulchenko V., Evdokov, Ponomarev S., Shekhtman L., Ten K., Tolochko B., Zhogin I., Zhulanov V. // Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. 2003. V.A513. №1-2. P.383-393.
3. Дремин А.Н., Савров С.Д., Трофимов В.С., Шведов К.К. Детонационные волны в конденсированных средах. М.: Наука, 1970. С.164.

### ИЗМЕРЕНИЕ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ДЕТАНАЦИИ ПЛОСКИХ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ВВ

Тен К.А.<sup>1\*</sup>, Аульченко В.М.<sup>2</sup>, Евдоков О.В.<sup>3</sup>, Жогин И.Л.<sup>3</sup>, Жуланов В.В.<sup>2</sup>, Зубков П.И.<sup>1</sup>, Каменецкий Ю.М.<sup>3</sup>, Кулипанов Г.Н.<sup>2</sup>, Лукьянчиков Л.А.<sup>1</sup>, Ляхов Н.З.<sup>3</sup>, Мержиевский Л.А.<sup>1</sup>, Титов В.М.<sup>1</sup>, Толочко Б.П.<sup>3</sup>, Шарафутдинов М.Р.<sup>3</sup>, Шеромов М.А.<sup>2</sup>, Шехтман Л.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИГиЛ СО РАН, <sup>2</sup>ИЯФ СО РАН, <sup>3</sup>ИХТТМ СО РАН, Новосибирск

\*ten@hydro.nsc.ru

В ранее проведенных экспериментах было установлено, что сигнал мало углового рентгеновского рассеяния (МУРР) при детонации зарядов ТГ 50/50 растет в течении 2-3 мкс, и только затем начинает спадать [1,2]. Единственным временным масштабом в этом диапазоне является газодинамический разлет продуктов детонации. Поэтому при постановке экспериментов ставились две цели:

1. Попытаться оценить роль разлета продуктов взрыва на сигнал МУРР. Для этого сигнал МУРР записыв-



вался при детонации цилиндрических зарядов 4<sup>x</sup> диаметров: 7, 10, 12.5 и 19.5 мм. Кроме цилиндрических зарядов использовались «плоские» заряды, у которых в начальный момент разлет продуктов взрыва можно считать одномерным.

2. Используя линейный детектор получить динамику малоуглового распределения МУПП, чтобы по нему получить распределение частиц по размерам при детонации зарядов ВВ разных диаметров.

**Постановка экспериментов.** Схема постановки экспериментов показана на рис. 1. Из пучка СИ (SR) с помощью коллиматора Кратки (КК) формировалось пятно размером 0.5 мм высотой и 3 мм шириной [3]. Перед детектором (D) прямой пучок зарезался нижним ножом (СК), который был сделан из медной пластины (толщина 1 мм), частично прозрачной для СИ. Прошедший через медную пластину пучок СИ использовался для мониторингирования интенсивности и измерения плотности в образце. Отклоненные лучи МУПП регистрировались двумя типами детекторов: кремниевой линейкой с 8-ю независимыми каналами регистрации и газовым детектором DIMEX[4]. У обоих детекторов размер приемной части канала был равен 100 мкм.

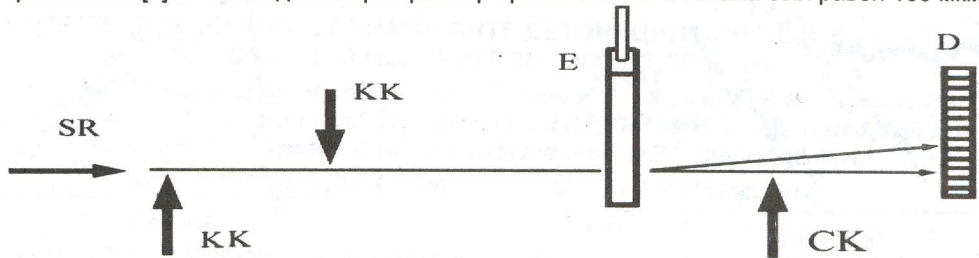


Рис. 1. Схема постановки экспериментов по измерению МУПП

Расстояние коллиматором и зарядом ВВ ~700 мм, между зарядом и ножом ВК ~640 мм, между ножом ВК и детектором ~200 мм.

В качестве заряда ВВ использовался сплав тротил/гексоген 50/50 диаметром 7 мм, 10 мм, 12.5 мм и 19.5 мм. Длина у 7 мм заряда была равна 73 мм, у 19 мм заряда – 60 мм, у остальных – 85 мм. Иницирование осуществлялось боевиком из октогена, заряды диаметром 19 мм, а также «плоские» заряды инициировались генераторами плоской волны.

**Результаты экспериментов.** На рис. 2 показаны зависимости интенсивности интегрального (сумма по всем каналам) сигнала МУПП для трех диаметров зарядов ВВ. Измерения сделаны кремниевой микростриповой линейкой с 6-ю каналами для МУПП. Такое же распределение получено с помощью газового детектора DIMEX. Зависимость наклона МУПП с ростом диаметра уменьшается. У 7 мм зарядов максимум сигнала МУПП достигается через 2 мкс, а у 19 мм – через 4 мкс. Такое же поведение МУПП было получено ранее для 12 мм зарядов [1]. Разный наклон кривых МУПП можно объяснить разной динамикой разлета продуктов детонации с увеличением диаметров зарядов. Сигнал МУПП пропорционален  $\sim G(\lambda) \cdot (\rho - \rho_0)^2 \cdot N$ , где  $\rho_0$  – плотность рассеивающих центров, а  $\rho$  – плотность окружающих продуктов детонации,  $N$  число рассеивающих центров,  $G(\lambda)$  – форм-фактор. Величина  $(\rho - \rho_0)^2$  («контрастность») у тонких зарядов растет быстрее. На рис. 3 приведена интегральная запись МУПП (H) для «плоского» заряда из ТГ 50/50. Ширина заряда составляла 30 мм, толщина 8 мм, длина 75 мм. Параллельная запись проходящего излучения (K) показывает, что в этих экспериментах в течении ~6 мкс поглощение не изменяется, то есть происходит практически одномерный разлет продуктов детонации. На кривой (I) приведено расчетное увеличение сигнала МУПП из-за увеличения контрастности. При этом считалось, что число рассеивающих центров не менялось, а для кривой (J) считалось, что число частиц за первые 1.5 мкс увеличивается в 2 раза. Результаты, полученные для 6 мм «плоского» заряда показывают, что расчетное увеличение МУПП совпадает с экспериментальным при постоянном числе рассеивающих центров.

Анализ графиков показывает, что у 6 мм заряда основные процессы роста частиц оканчиваются через 0,25-0,5 мкс, и далее их число мало меняется. У 8 мм зарядов процессы роста числа частиц продолжаются более длительное время. Si детектор для записи МУПП имел всего 6 каналов усиления, что оказалось явно недостаточным для анализа формы кривой МУПП. Ниже описанные эксперименты проведены с детектором DIMEX, имеющим 256 каналов записи. Реально сигнал МУПП регистрировался в ~ 40 каналах.

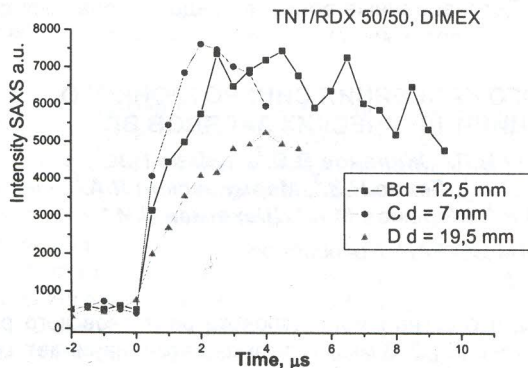


Рис. 2.

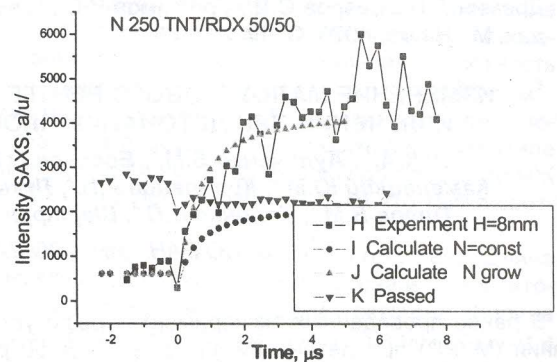


Рис. 3.



На рис. 4 приведены распределения сигналов МУРР для 7 мм цилиндрического заряда. Канал № 210 является границей (начало угла отсчета МУРР), уменьшение номера канала показывает увеличение угла рассеивания. Последний, 160 канал соответствует углу  $6,5 \cdot 10^{-3}$  рад. Номера С5, С6, С7 и т.д. соответствуют шагу по времени с интервалом 0,5 мкс. На графике видно, что помимо нарастания амплитуды сигнала МУРР, изменяется также наклон спада сигнала. Изменение же наклона свидетельствует об изменении размера частиц, образовавшихся за фронтом детонации.

Средний размер частиц, образовавшихся за фронтом детонации, определялся традиционным методом [5] из анализа зависимости интенсивности малоуглового рассеяния от угла рассеяния в диапазоне 0.0068–0.34 град. Из данных исследования продуктов детонации на электронном микроскопе известно, что продукты детонации исследуемой нами системы имеют форму, близкую к сферической, поэтому при обработке кривой МУРР вычислялся только радиус инерции частиц. На рис. 5 приведена зависимость размера частиц после прохождения детонационного фронта, рассчитанных из наклона кривых МУРР по формуле Гинье. Для 7 мм заряда наблюдается скачкообразный рост размера частиц на первых двух кадрах (с 30 до 50 А), далее размер частиц изменяется слабо. При детонации зарядов диаметром 12,5 и 19 мм характер роста размеров другой. Начальный регистрируемый размер частиц такой же (~30 А), а затем он плавно растет в течение ~2,5 мкс до 50 А.

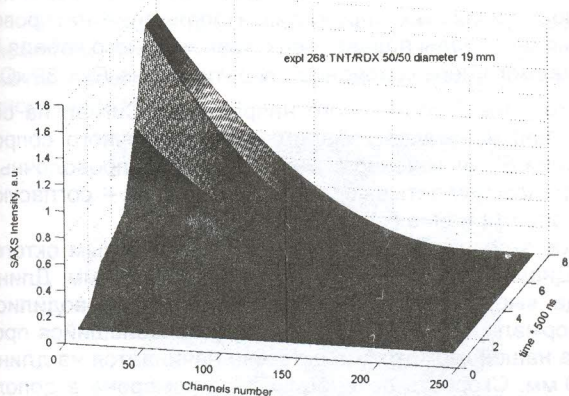


Рис. 4. Поведение МУРР после прохождения детонационного фронта

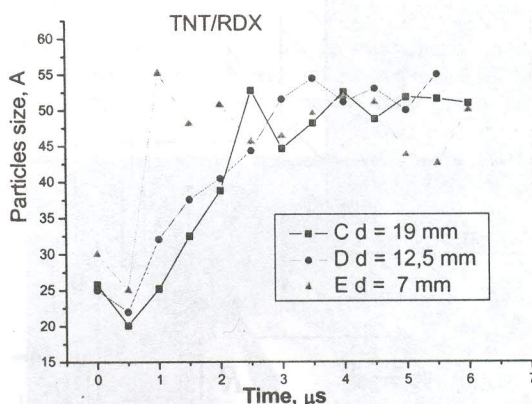


Рис. 5. Рост размера частиц после прохождения детонационного фронта для зарядов разных диаметров

Эти данные показывают, что для размеров зарядов 7 мм шаг по времени 0,5 мкс является очень большим. К этому времени все основные процессы по динамике размеров частиц уже завершены. У более крупных зарядов эти процессы еще продолжатся, по крайней мере, в течение ~2 мкс.

1. Зубков П.И., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Ляхов Н.З., Титов В.М., Тен К.А., Толочко Б.П., Федотов М.Г., Шарафутдинов М.Р., Шеромов М.А. // Физика экстремальных состояний вещества–2001 / Под ред. Фортова В.Е. и др. Черногловка: ИПХФ РАН, 2001. С.49–50.
2. Аульченко В.М., Евдоков О.В., Жогин И.Л., Жуланов В.В., Зубков П.И., Каменецкий Ю.М., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Ляхов Н.З., Мерзиевский Л.А., Тен К.А., Титов В.М., Толочко Б.П., Шарафутдинов М.Р., Шеромов М.А., Шехтман Л.И. // Вещества, материалы и конструкции при интенсивных динамических воздействиях / Под редакцией А.Л. Михайлова. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003. С.261–264.
3. Feigin L.A., Svergun D.I. Structure Analysis by Small-Angle X-ray and Neutron Scattering. New York: Plenum Press, 1987. P.335.
4. Aulchenko V., Evdakov, Ponomarev S., Shekhtman L., Ten K., Tolochko B., Zhogin I., Zhulanov V. // Nucl. Instr. and Methods in Phys. Res. 2003. V.A513. №1-2. P.383–393.
5. Guinier A., Fornet G., Walfer C.B., Yudovitch K.L. Small-Angle Scattering of X-Ray. New York: Wiley, 1955. P.215.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ИНИЦИИРУЮЩЕЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЕ В НАСЫПНОМ ОКТОГЕНЕ

Зубков П.И.\*, Карташов А.М., Лукьянчиков Л.А., Тен К.А.

ИГиЛ СО РАН, Новосибирск

\*zubk@hydro.nsc.ru

Методами электропроводности и электрического потенциала исследована пространственная взаимосвязь волны поляризации и волны электропроводности в насыпном октогене. В экспериментах волна поляризации опережает волну электропроводности от 50 до 100 нс. Пространственное опережение от 0,35 до 0,7 мм.

В [1] попытка экспериментального определения пространственной взаимосвязи инициирующей ударной волны с волной электропроводности в литых зарядах смеси ТГ 50/50. С точностью измерений 0,08 мкс они оказались совпадающими.

В работе [2] при исследовании поляризации тротила при ударном нагружении до давлений, меньших давления Жуге, была обнаружена разновременность возникновения поляризационного сигнала и проводимости.