

**РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

под редакцией
доктора технических наук
А.А. Михайлова

г. Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005 г.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА. ДЕТОНАЦИЯ. УДАРНЫЕ ВОЛНЫ

**ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
VII ХАРИТОНОВСКИЕ
ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ**

14-18 марта 2005 г.

под редакцией
доктора технических наук
А.А. Михайлова

- Ядерная мушкетерия.
- Методы эксперимента.
- Прикладные вопросы физики взрыва.

РФЯЦ-ВНИИЭФ

САРОВ

2005

форматская группа
Т.Д. Бондарева, И.В. Гурьянова, Э.В. Соколова, И.И. Чухонцева.

7. В.М.Титов, В.Ф.Анисичкин, И.Ю.Мальков. Исследование процесса синтеза ультрадисперсного алмаза в детонационных волнах // Физика горения и взрыва, 1989, т. 25, №3, с. 117-126.
8. В.Ф.Анисичкин. Явление резонансной твёрдофазной коалесценции малых частиц алмаза в продуктах взрыва // Химическая физика, 1993, т. 12, №5, с. 605-608.

ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ ПРИ ИНИЦИИРОВАНИИ ЗАРЯДОВ ПОРИСТОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА

Э.Р.Прууэл¹, К.А.Тен¹, Л.А.Лукьянчиков¹, Л.А.Мержиевский¹, П.И.Зубков¹, И.Л.Жогин²,
Б.П.Толочко², О.В.Евдоков², В.В.Жуланов³, Л.И.Шехман³, В.М.Аульченко³

¹Институт гидродинамики им. М.А.Лаврентьева СО РАН, Новосибирск, Россия

²Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

³Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

В работе приводятся результаты экспериментального исследования перехода горения в детонацию при иницировании зарядов пористого взрывчатого вещества потоком горячих газов. В частности, для зарядов насыпного тэна с диаметрами 7 и 12 мм, с корпусом и без корпуса, получена динамика рентгеновской тени при просвечивании исследуемого заряда в центральной области. Полученные данные трактуются как средняя по сечению плотность. Примененный в работе линейный детектор позволил определить всю динамику плотности от момента иницирования до возникновения стационарной детонации в одном эксперименте.

Схема эксперимента

Процесс развития детонации, при иницировании взрывающимся проводником, или в более широкой постановке горячими газами воздействующими на торец пористого заряда, является важной задачей для обеспечения взрывобезопасности, при таком воздействии на ВВ, и создания надежных систем иницирования. Наличие обширных экспериментальных данных необходимо для создания и апробации различных моделей описывающих это явление.

Такое иницирование неоднократно исследовался различными методиками [1]. Методика синхротронного излучения (СИ) также успешно применялась для диагностики быстротекущих процессов [2]. Целью данной работы было опробовать методику СИ на исследовании перехода горения в детонацию, оптимизировать условие проведения эксперимента по размеру заряда и свойствам корпуса и восстановить зависимости плотности от времени при переходе горения в детонацию.

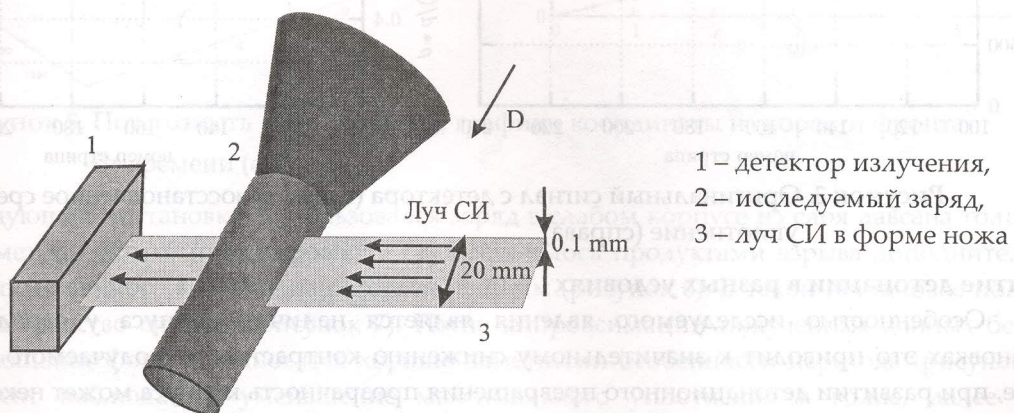


Рисунок 1. Схема постановки эксперимента

Схема эксперимента изображена на рисунке 1. Луч СИ в форме тонкого широкого ножа просвечивал исследуемый заряд вдоль оси, как показано на рисунке. Прошедшее и ослабленное излучение измерялось детектором. Результатом одного эксперимента являлось рентгеновское "щелевое кино": 256 пространственных измерений, с шагом 0.1 мм и 32 кадра по времени, с промежутком между ними 0.5 мкс. Используя соответствующую калибровку, из этих данных насчитывалось среднее уплотнение в сечении ($\int \rho dl$ вдоль луча).

Статическая калибровка детектора

Свойства детектора и явление взаимодействия излучения с веществом просвечиваемого заряда достаточно сложны. Поэтому для восстановления уплотнения по данным детектора представляется разумным провести соответствующую калибровку. При просвечивании пластин разной толщины строилась зависимость показаний детектора от количества просвеченного вещества (рисунок 2), далее, в реальном эксперименте, используя эту зависимость в обратном направлении, из показаний детектора восстанавливалось количество просвеченного вещества. На рисунке 3 представлены график исходных данных полученных с детектора и восстановленное относительное уплотнение в волне детонации.

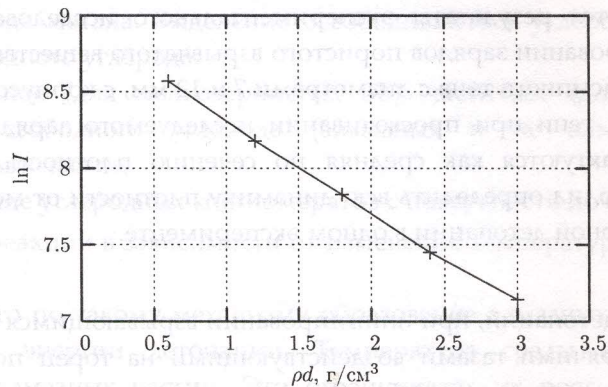


Рисунок 2. Логарифм показания детектора при просвечивании пластин ПММА разной толщины

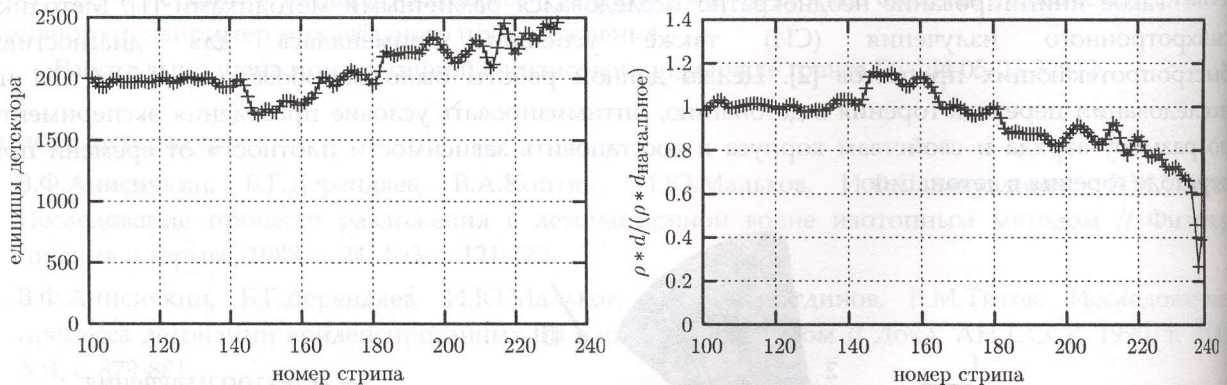


Рисунок 3. Оригинальный сигнал с детектора (слева) и восстановленное среднее уплотнение (справа)

Развитие детонации в разных условиях

Особенностью исследуемого явления является наличие корпуса у заряда, во многих постановках это приводит к значительному снижению контрастности получаемого изображения. Также, при развитии детонационного превращения прозрачность корпуса может неконтролируемо изменяться, что может приводить к значительным погрешностям при восстановлении уплотнения. Для оптимизации условий проведения экспериментов и увеличения контрастности восстановления уплотнения были пробованы корпуса с разными свойствами.

Алюминиевый корпус диаметром 7 мм и толщиной стенки 0.3 мм, материал заряда – насыпной тэн с плотностью 1 г/см³, инициирование осуществлялось электрическим взрывом проводника. Результаты представлены на рисунке 4 в виде поверхности $\rho d(l, t)$ и скорости фронта от времени. Хорошо виден весь переход от момента инициирования до возникновения стационарной детонации, хотя контрастность слабая и точность измерения уплотнения неудовлетворительная.

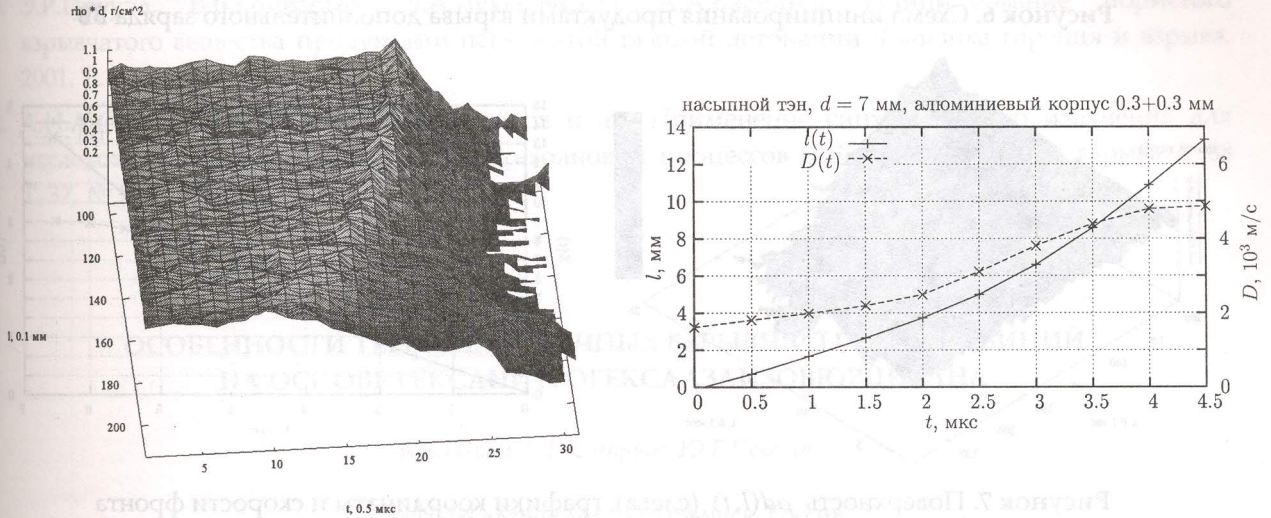


Рисунок 4. Поверхность $\rho d(l, t)$ (слева), графики координаты и скорости фронта от времени (справа)

В следующей постановке использовался аналогичный корпус, но со сквозной щелью для наблюдения. Для прочности последний был обмотан углеродным волокном, пропитанным эпоксидной смолой. Результаты эксперимента, в аналогичном представлении, изображены на рисунке 5. Контрастность сигнала возросла, но, из за слабой оболочки, переход затянулся.

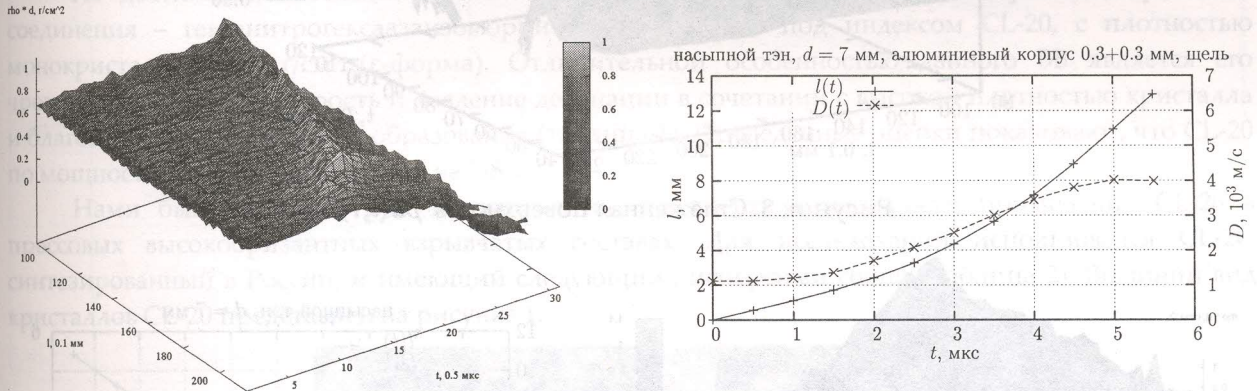


Рисунок 5. Поверхность $\rho d(l, t)$ (слева), графики координаты и скорости фронта от времени (справа)

В следующей постановке использовался заряд в слабом корпусе из слоя лавсана толщиной 0.2 мм и диаметром 12 мм, инициирование осуществлялось продуктами взрыва дополнительного заряда вв расположенного в трубке на расстоянии 20 мм (рисунок 6). В такой постановке получено максимальное качество сигнала (рисунок 7). После аппроксимации полученных данных бегущей волной меняющейся формы, становятся хорошо заметными особенности перехода (рисунок 8). В первый момент наблюдается уменьшение максимального уплотнения в волне, далее видно немонотонное увеличение амплитуды уплотнения, с максимумом не в области стационарной детонации, а в некоторый момент развития инициирования.

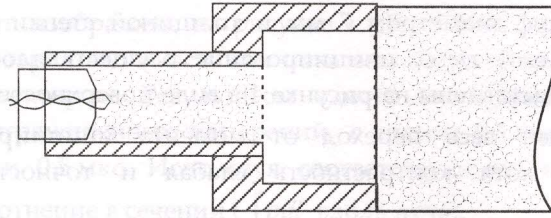


Рисунок 6. Схема инициирования продуктами взрыва дополнительного заряда ВВ

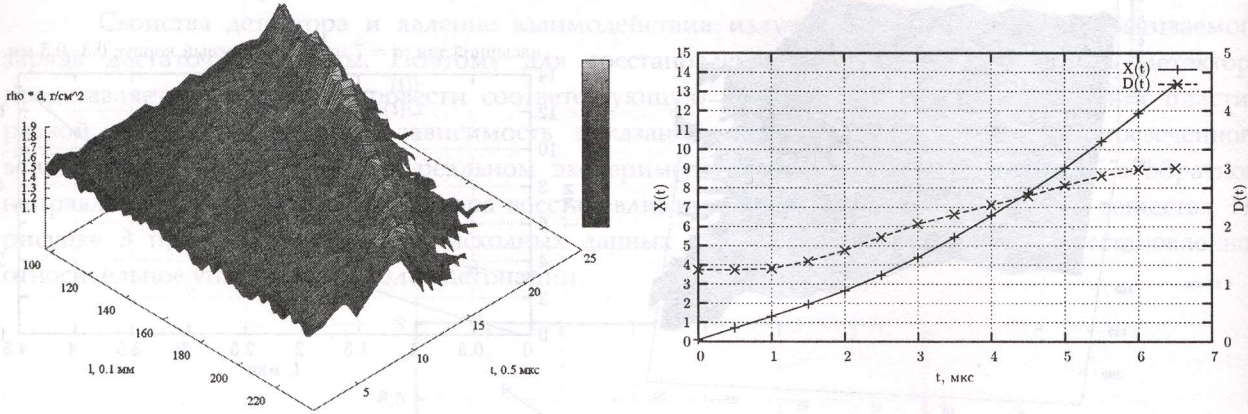


Рисунок 7. Поверхность $\rho d(l, t)$ (слева), графики координаты и скорости фронта от времени (справа)

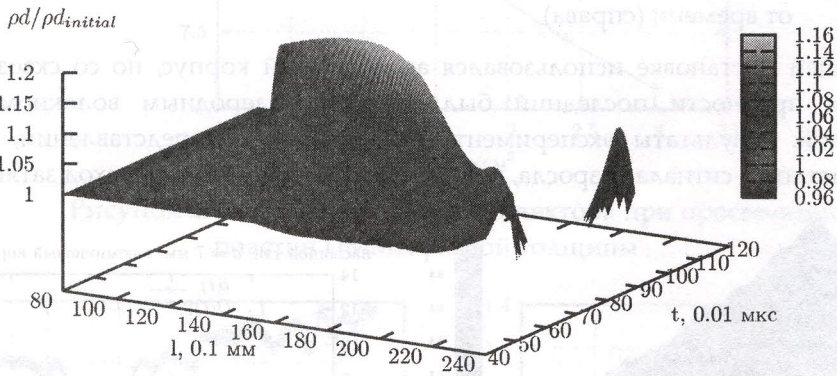


Рисунок 8. Сглаженная поверхность $\rho d(l, t)$

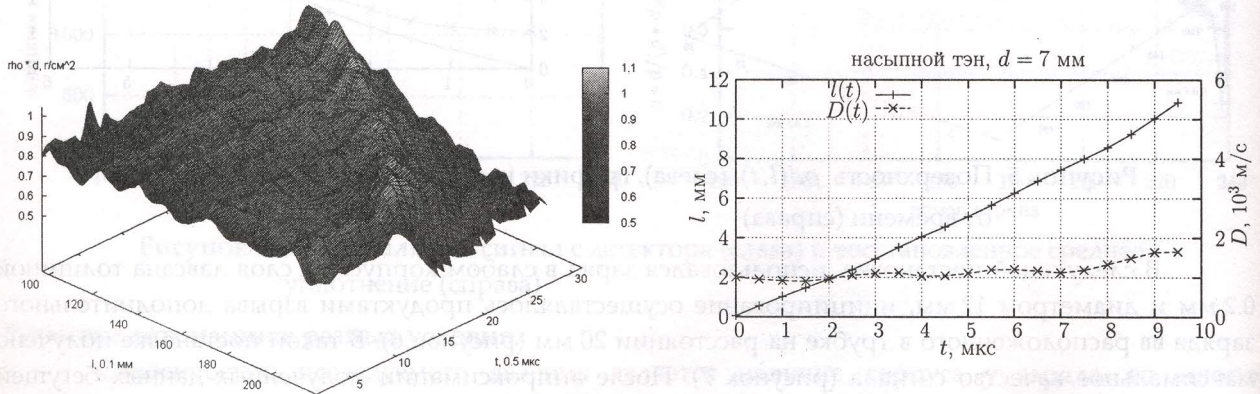


Рисунок 9. Поверхность $\rho d(l, t)$ (слева), графики координаты и скорости фронта от времени (справа)

При использовании подобных зарядов с меньшим диаметром можно стабилизировать процесс распространения волны инициирования на скорости меньше скорости стационарной

детонации (рисунок 9). В частности, в заряде диаметром 7 мм, в корпусе из тонкого слоя лавсана удалось возбудить процесс распространяющийся со скоростью 1 км/с. Является ли такой процесс устойчивым, или он в дальнейшем переходит в детонацию с полным энерговыделением пока остается открытым, в эксперименте использовались заряды ограниченной длины, 3–5 калибров.

Список литературы

1. Э.Р.Прууэл, В.В.Григорьев, Л.А.Лукьянчиков, А.А.Васильев. Иницирование пористого взрывчатого вещества продуктами пересжатой газовой детонации // Физика горения и взрыва. 2001. Т. 37, № 5. С. 90–97.
2. А.Н.Алешаев, П.И.Зубков, Г.Н.Кулипанов и др. Применение синхротронного излучения для исследования детонационных и ударно-волновых процессов // Физика горения и взрыва. 1988 Т. 37, № 5. С. 104–113.

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ГЕКСАНИТРОГЕКСААЗАИЗОВЮРЦИТАНА

В.П.Ильин, С.П.Смирнов, Ю.Г.Печенев

«ГосНИИ «Кристалл», Дзержинск, Россия

Среди большого комплекса исследований по синтезу взрывчатых структур, удовлетворяющих самым разнообразным эксплуатационным требованиям, особое место занимают работы в части поиска новых мощных ВВ, существенно превосходящих по энергетическим характеристикам октоген, потенциальные возможности которого практически полностью реализованы как в бризантных взрывчатых составах, так и в твёрдотопливных композициях.

Из достижений последних лет следует отметить синтез в 1987г в США азокаркасного соединения – гексанитрогексаазаизовюрцитана, известного под индексом CL-20, с плотностью монокристалла 2,044 г/см³ (ϵ -форма). Отличительной особенностью данного ВВ является его чрезвычайно высокая скорость и давление детонации в сочетании с высокой плотностью кристалла и благоприятной энтальпией образования (таблица 1). Проведенные оценки показывают, что CL-20 по мощности превосходит октоген на 7-8%.

Нами был выполнен ряд экспериментов по оценке возможности применения CL-20 в прессовых высокобризантных взрывчатых составах. Для исследований использовался CL-20, синтезированный в России, и имеющий следующий дисперсный состав (таблица 2). Внешний вид кристаллов CL-20 представлен на рисунке 1.



Рисунок 1