

Рис. 2. Схема постановки взрывного эксперимента на канале СИ ВЭПП-3: сверху — регистрация поглощения, снизу — регистрация малоуглового рентгеновского рассеяния

1. Evdokov O.V., Fedotov M.G., Kulipanov G.N., Lyakhov N.Z., Luk'yanchikov L.A., Misnev S.I., Sharafutdinov M.R., Sheromov M.A., Ten K.A., Titov V.M., Tolochko B.P., Zubkov P.I. // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. 2001. V.470. P.236–239.
2. Алешаев А.Н., Зубков П.И., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Ляхов Н.З., Мишнев С.И., Тен К.А., Титов В.М., Толочко Б.П., Федотов М.Г., Шеромов М.А. // ФГВ. 2001. Т.37. №5. С.104–113.
3. Aulchenko A., Evdokov O., Papushev P., Popomarev S., Shekhtman L., Ten K., Tolochko B., Zhogin I., Zhulanov V. // Budker INP 2002-55. P.3–24.

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПРИ ДЕТОНАЦИИ ВВ С ПОМОЩЬЮ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тен К.А.^{1*}, Аульченко В.М.², Евдоков О.В.³, Жогин И.Л.³, Жуланов В.В.², Зубков П.И.¹, Кулипанов Г.Н.², Лукьянчиков Л.А.¹, Ляхов Н.З.³, Мамонтов Е.В.¹, Мержиевский Л.А.¹, Титов В.М.¹, Толочко Б.П.³, Шарафутдинов М.Р.³, Шеромов М.А.²

¹ИГиЛ СО РАН, Новосибирск, ²ИЯФ СО РАН, Новосибирск, ³ИХТТМ СО РАН, Новосибирск
*ten@hydro.nsc.ru

Помимо локального измерения плотности, одно из интересных направлений — использование синхротронного излучения (СИ) от ускорителей для восстановления объемного распределения плотности в детонационных волнах и разлетающихся продуктах взрыва [1].

В экспериментах детектор рентгеновского излучения регистрирует интегральную дозу прошедшего через исследуемый объект излучения. Эта доза зависит от распределения плотности вдоль луча и длины волны СИ. Поэтому для определения объемного распределения плотности необходимо большое количество (матрица) детекторов, расположенных в определенном порядке. Учитывая равномерную скорость движения детонационной волны и цикличность импульсов СИ, выбором подходящей схемы проведения экспериментов, для определения объемного распределения можно обойтись одномерным (линейным) детектором.

Постановка экспериментов. Эксперименты проводились на станции исследования взрывных процессов расположенной на «0» канале ускорителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН. Схема постановки экспериментов показана на рис. 1. Заряд ВВ (сплав тротил/гексоген 50/50) диаметром 12.5 и длиной 85 мм располагался вертикально. Пучок СИ размерами 1 мм высотой и 18 мм шириной формировался в диаметральной плоскости таким образом, что его середина находилась на оси заряда ВВ. Регистрация проходящего излучения велась детектором DIMEX [2], который располагался перпендикулярно оси заряда на расстоянии ~ 1 м. Запуск детектора осуществлялся замыканием контактного датчика, установленного на расстоянии 35 мм перед плоскостью пучка СИ. Размеры одного канала составляли 1 мм в высоту и 0.1 мм вдоль оси Y, общее число каналов составляло 256 шт.

За одну вспышку СИ (длительность импульса ~ 1 нс) детектор записывает все каналы (делает один кадр), фиксируя один срез вдоль диаметра (по оси Y). Поскольку фронт детонации движется по оси Z с постоянной скоростью 7.9 км/с, то через время оборота одного банча детектор записывает еще один кадр, формируя следующий срез прошедшего излучения вдоль оси Z. Детектор DIMEX позволяет записывать 32 кадра через 0.25–0.5 мкс. В наших экспериментах измерения проводились в основном через один оборот банча, т.е. через 0.5 мкс. За один взрывной эксперимент удавалось получить ~ 10 кадров разлетающихся продуктов детонации. Синхронизация запуска детектора в разных экспериментах позволяла получать сдвинутые кадры относительно фронта детонации. На рис. 2 приведен снимок двумерного распределения поглощения (массы вдоль луча СИ) при детонации заряда ТГ 50/50. На снимке фиксируется фронт волны и конус еще не разлетевшихся продуктов детонации.

Второй важный компонент установки — рентгеновские однокоординатные детекторы. Их быстродействие и пространственное разрешение определяют возможности эксперимента.

Третий компонент установки — рентгеновская оптика: рентгеновские фокусирующие зеркала, рентгеновские фокусирующие монохроматоры, фильтры и коллиматоры. Всё это определяет качество получаемых данных и следовательно достоверность результата.

Существующие режимы работы ускорителей нас не устраивают и мы разрабатываем новые режимы, адекватные задаче исследования детонационных и волновых процессов. Нами также разрабатываются новые методы извлечения структурной информации из данных рассеяния и дифракции, полученных при использовании полихроматического излучения.

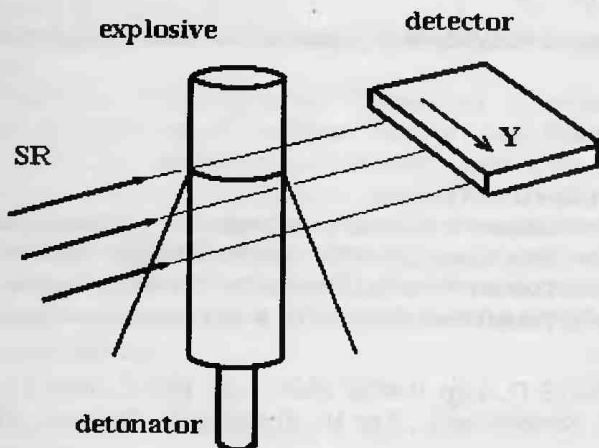


Рис. 1. Схема постановки экспериментов

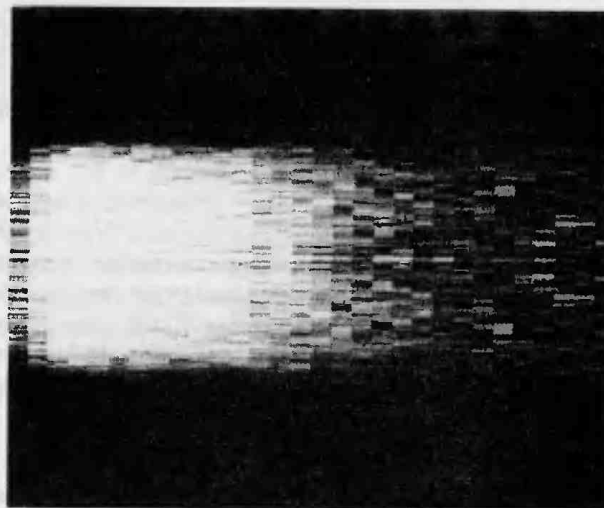


Рис. 2. Распределение интенсивности прошедшего излучения, полученное при детонации цилиндрического заряда ТГ 50/50

Определение распределения плотности по измеренной интенсивности прошедшего излучения в осесимметричном случае. Рассмотрим заряд ВВ в виде цилиндра с радиусом R . Плоский однородный пучок СИ $J_0(y)$ падает слева от заряда, а проходящий $J(y)$ - регистрируется детектором справа (рис. 1). Если $J_0 = \text{const}$ — поток излучения от источника, $\rho(r) = \rho([x^2 + y^2]^{1/2})$ — плотность среды (координата X направлена вдоль пучка СИ), $a = a(\lambda)$ — коэффициент поглощения на длине волны λ , то

$$\ln J_0(\lambda) - \ln J(y, \lambda) = a(\lambda) \int_{-\sqrt{R^2 - y^2}}^{\sqrt{R^2 - y^2}} \rho(\sqrt{x^2 + y^2}) dx = 2a(\lambda) \int_0^{\sqrt{R^2 - y^2}} \rho(\sqrt{x^2 + y^2}) dx$$

Принимая $R = 1$ и обозначая $[\ln J_0(\lambda) - \ln J(y, \lambda)]/2 = f(y, \lambda)$ получаем

$$f(y, \lambda) = a(\lambda) \int_0^{\sqrt{1 - y^2}} \rho(\sqrt{x^2 + y^2}) dx$$

Реально известна не $f(y, \lambda)$, а функция

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} a(\lambda) \int_0^{\sqrt{1 - y^2}} \rho(\sqrt{x^2 + y^2}) dx d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} f(y, \lambda) d\lambda.$$

Здесь λ_1 и λ_2 — нижняя и верхняя границы спектрального потока источника излучения [1]. Обозначая

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} f(y, \lambda) d\lambda \left[\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} a(\lambda) d\lambda \right]^{-1} = F(y),$$

для искомой функции $\rho(x, y)$ получим уравнение

$$F(y) = \int_0^{\sqrt{1 - y^2}} \rho(\sqrt{x^2 + y^2}) dx \quad (1)$$

Таким образом, требуется найти $\rho = \rho([x^2 + y^2]^{1/2})$ из уравнения (1) с известной функцией $F(y)$. Обозначим $r = [x^2 + y^2]^{1/2}$, тогда (1) можно переписать в виде

$$F(y) = \int_y^1 \frac{r \rho(r)}{\sqrt{r^2 - y^2}} dr \quad (2)$$

Умножим уравнение (2) на $2y[y^2 - z^2]^{-1/2}$ и проинтегрируем по y от z до 1. Меняя порядок интегрирования, получаем

$$\int_z^1 r \rho(r) dr \int_y^1 \frac{2y dy}{\sqrt{y^2 - z^2} \sqrt{r^2 - y^2}} = 2 \int_z^1 \frac{y F(y)}{\sqrt{y^2 - z^2}} dy. \quad (3)$$

Учитывая, что $\int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{t(1-t)}} = \pi$, и, делая замену переменных $y^2 = z^2 + t(r^2 - z^2)$, можно показать:

$$\int_z^r \frac{2y dy}{\sqrt{y^2 - z^2} \sqrt{r^2 - y^2}} = \pi.$$

Подставляя это в (3) в итоге получаем уравнение:

$$\int_z^1 r \rho(r) dr = \frac{2}{\pi} \int_z^1 \frac{y F(y)}{\sqrt{y^2 - z^2}} dy.$$

Откуда находим, что

$$\rho(z) = -\frac{2}{\pi z} \frac{d}{dz} \left[\int_z^1 \frac{yF(y)}{\sqrt{y^2 - z^2}} dy \right]. \quad (4)$$

Таким образом, если по измеренной функции прошедшего излучения $F(y)$ можно построить дифференцируемую по z функцию

$$\int_z^1 \frac{yF(y)}{\sqrt{y^2 - z^2}} dy,$$

то искомое распределение плотности можно получить по формуле (4).

Проведенные первые эксперименты по измерению прошедшего излучения показывают возможность и перспективность используемых методик для определения пространственного распределения плотности в детонационных процессах. Дальнейшее улучшение параметров детектора (контрастности и отношения сигнал/шум) позволит получить количественные значения распределения плотности в детонационных процессах.

1. Алешаев А.Н., Зубков П.И., Тен К.А., Титов В.М., Толочко Б.П. и др. // ФГВ. 2001. Т.37. №5. С.104–113.
2. Aulchenko A., Evdokov O., Papushev P., Popomarev S., Shekhtman L., Ten K., Tolochko B., Zhogin I., Zhulapov V. // Budker INP 2002-55. P.3–24.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПУЧКОВ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ НА СПЛОШНЫЕ И ПОРИСТЫЕ МИШЕНИ

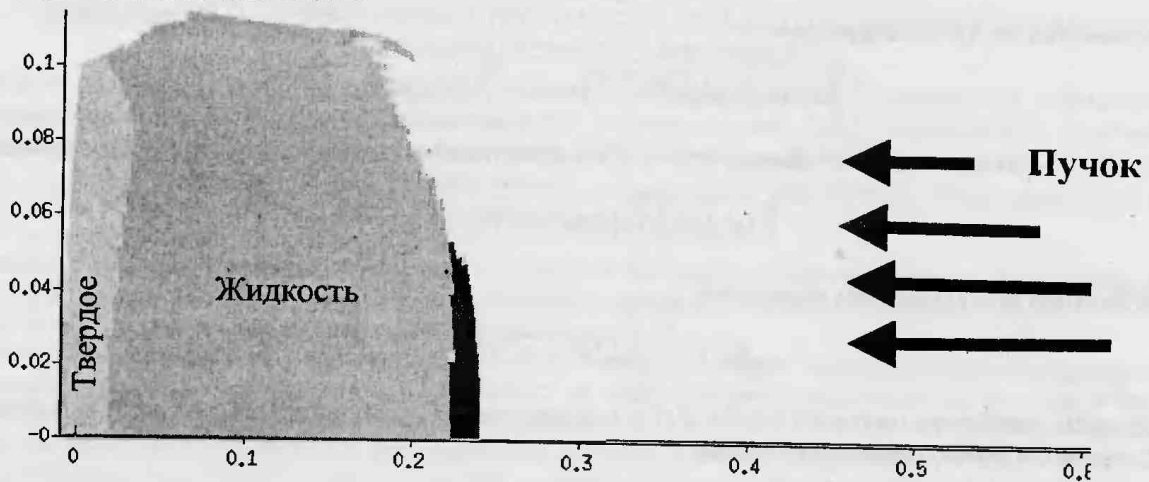
Шутов А.В.*, Ломоносов И.В.

ИПХФ РАН, Черноголовка

*shutov@ficp.ac.ru

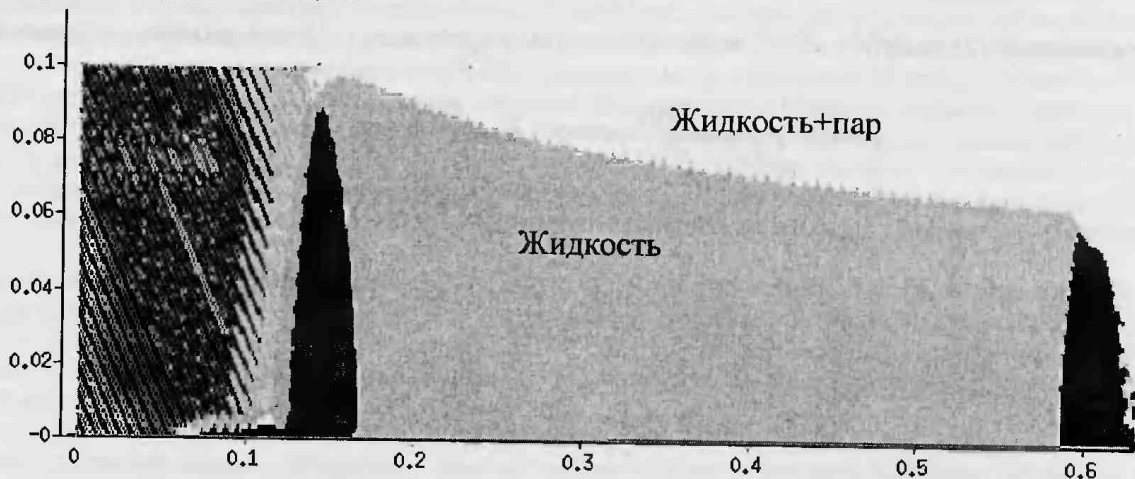
Для пучков ионов U^{28} с энергией 47.6 ГэВ проведены сравнительные расчеты полей параметров, получаемых в сплошных и пористых образцах свинца. Показано, что для генерации состояний вещества с интересующей удельной плотностью ниже нормальной использование пористых образцов может дать ряд преимуществ для экспериментального исследования. Если энергии пучка достаточно для заполнения пор окружающим их, объемно нагреваемым веществом, то образуемый при этом сгусток материи обладает большей протяженностью, однородностью параметров и большим временем жизни по сравнению с аналогичным, полученным пучком с теми же параметрами, но из сплошного материала.

601 phys.st[0,1,2,...] Time: 300.1 ns



а

601 phys.st[0,1,2,...] Time: 300.2 ns



б

Рис. 1. Поля состояния вещества для материала: а — сплошного; б — пористого

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

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

ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА – 2003

Физика экстремальных состояний вещества – 2003

Под редакцией Фортова В.Е., Ефремова В.П., Хищенко К.В., Султанова В.Г.,
Темрокова А.И., Канеля Г.И., Минцева В.Б., Савинцева А.П.

Сборник включает в себя работы по исследованиям в области физики высоких плотностей энергии и теплофизики экстремальных состояний. Рассматриваются различные методы генерации интенсивных импульсных потоков энергии, эффекты взаимодействия мощных ионных и электронных пучков, интенсивного лазерного, рентгеновского и СВЧ излучения с веществом, явление электрического взрыва проводников мощными импульсами тока, некоторые задачи физики ударных и детонационных волн, экспериментальные методы диагностики сверхбыстрых процессов, модели уравнений состояния вещества в экстремальных условиях, физика низкотемпературной плазмы, проблемы управляемого термоядерного синтеза и традиционной энергетики, а также различные технологические аспекты. Основная часть работ была представлена на XVIII Международной конференции «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество» (Эльбрус, 1–6 марта 2003 г.). Издание адресовано специалистам в области физико-технических проблем энергетики.

ИЗ ИСТОРИИ КОНФЕРЕНЦИЙ «УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА» И «ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНТЕНСИВНЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА ВЕЩЕСТВО»

К концу семидесятых годов прошлого века назрела необходимость в координации проводимых в Советском Союзе исследований по физике экстремальных состояний вещества. Отечественные ученые испытывали огромную потребность делиться друг с другом самыми новыми результатами своей работы в этой бурно развивающейся области физики, узнавать точку зрения коллег по интересующим вопросам. Первое Всесоюзное совещание по уравнениям состояния вещества в экстремальных условиях состоялось в октябре 1978 г. в гостинице «Чегет», расположенной в Баксанском ущелье вблизи высочайшей вершины Кавказа горы Эльбрус, по предложению известного советского физика Киржница Д.А., крупнейшего специалиста физики экстремальных состояний, ядерной физики, астрофизики и космологии. В числе участников этого совещания были выдающиеся ученые — герои Социалистического Труда Альтшулер Л.В., Бабаев Ю.Н. и Романов Ю.А., молодой доктор наук (будущий академик) Фортвов В.Е. В дальнейшем это совещание проводилось на Эльбрусе каждый четный год, организация мероприятия была поручена Фортвову В.Е.

После IX конференции «Уравнения состояния» (март 1994 г.) научные совещания по физике экстремальных состояний вещества обрели статус международных и стали проводиться ежегодно: тема заседаний каждого нечетного года, начиная с X Международной конференции (март 1995 г.), — «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество», — тем самым была продолжена традиция Всесоюзных совещаний по данной тематике, проводившихся ранее в «Чегете», на Медео и Чимбулаке под Алма-Атой, во Владивостоке и в Черноголовке.

Следует отметить, что за прошедшие четверть века регулярность проведения этих конференций ни разу не была нарушена (даже в трудные для российской науки первые годы после распада СССР). В этом заслуга сопредседателей — академика Фортова В.Е. и Темрокова А.И., а также организаций-спонсоров — Российского фонда фундаментальных исследований (Москва), Института теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН (Москва), Института проблем химической физики РАН (Черноголовка), Кабардино-Балкарского государственного университета (Нальчик) и Научно-исследовательского института прикладной математики и автоматизации Кабардино-Балкарского научного центра РАН (Нальчик).

Залог успеха конференции среди широкого круга специалистов современной физики экстремальных состояний не только в актуальности тематики, но и в уникальном регламенте работы заседаний, сочетающихся с экстремальными видами активного отдыха (горный туризм, альпинизм, горные лыжи). Важной традицией оргкомитета стало оказание финансовой поддержки участия в конференции молодых ученых, аспирантов и студентов.

Редколлегия

Сдано в набор 12.02.03. Подписано в печать 13.02.03. Формат 60x90 1/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Ариал». Усл. п. л. 22,5. Заказ 54. Тираж 170.

Отпечатано в типографии ИПХФ РАН. Изд. лиц. № 03894 от 30.01.2001 г.

142432, г. Черноголовка, Московская обл., Институтский пр-т, 18