

Научное наследие академика М.А. Лаврентьева и современность

Д.ф.-м.н. Прууэл Эдуард Рейнович
директор Конструкторско-технологического филиала Института
гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН

- Кумулятивные течения: формирование струи при обжати конуса взрывом, пробитие брони струей и способы защиты.
- Атомный снаряд.
- Несколько направлений сформировавшихся в Сибирском отделении РАН: скоростное метане, направленный взрыв.
- Ускорители и взрыв.

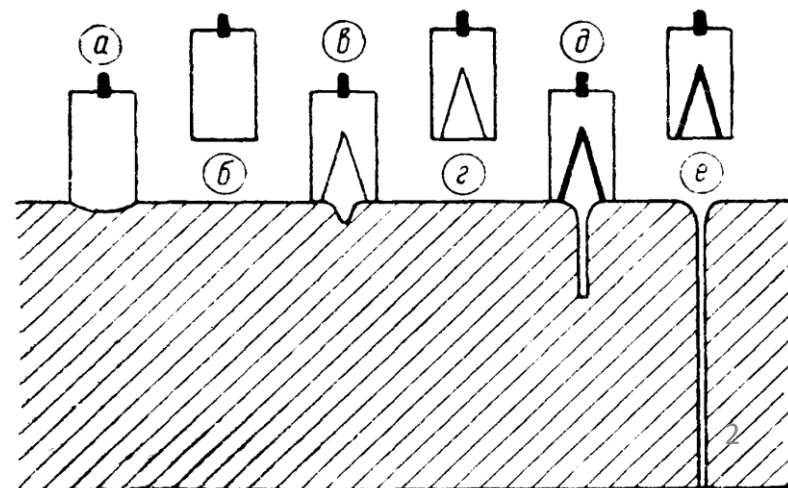
Краткая история кумулятивных зарядов

- Вторая половина 19 века. Открыт эффект увеличения пробития зарядами с выемкой (заряд а, без металлической облицовки). Ограниченное применение эффекта в горном деле.
- 1914 г. Добавление металлической облицовки резко увеличивает глубину пробития (заряд д, с металлической облицовкой). Патент бронебойного снаряда.
- 1940 г. Германия. Бетнобойные снаряды со сферической облицовкой.
- 1941 г. СССР, НИИ-6. Кумулятивный снаряд калибром 76 мм. Пробивал 100 мм.
- 1943 г. СССР, г. УФА. ПТАБы. Курская дуга – первый опыт успешного применения!
- 1941-1949 гг. Создание модели кумулятивных течений.
- **1948 г. Первая открытая публикация** с научным объяснением (США, Великобритания). Explosives with Lined Cavities. JAP. Приведено описание базуки.
- **1957 г. М. А. Лаврентьев. Кумулятивный заряд и принципы его работы.** УМН.
- 1961 г. Принят на вооружение гранатомет РПГ-7 (НПО «Базальт»).
- 1996 - 2005 г. Противотанковая управляемая ракета «Хризантема» с кумулятивной боевой частью (г. Саров). Глубина пробития более 1 м. Это мировой рекорд.
- Есть потенциал дальнейшего развития.

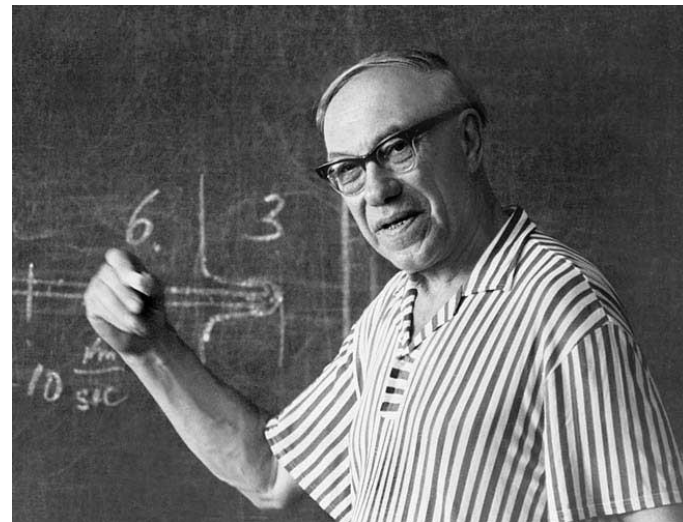
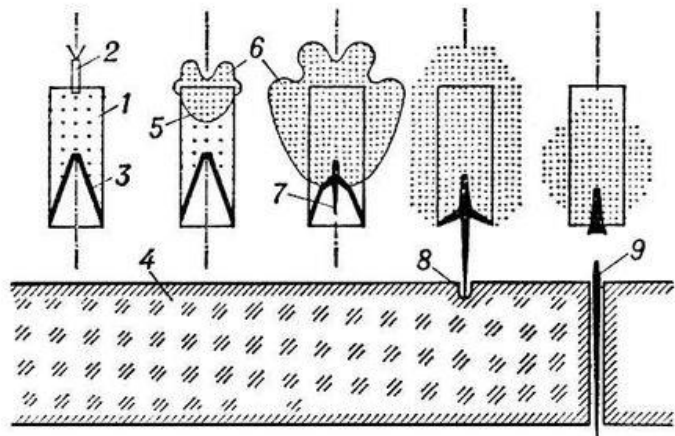
Хороший исторический обзор.

О. Ю. Отрокова, Г. К. Мельников.

Кумулятивные боеприпасы: история разработки и применения в ходе Великой Отечественной войны. История науки и археология 2020 г.



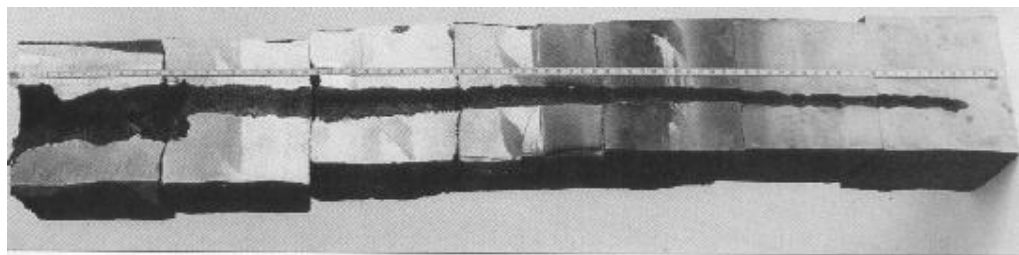
Кумулятивное пробитие материала



ОСНОВНЫЕ ТТХ ПТРК 9К123 «ХРИЗАНТЕМА-С»

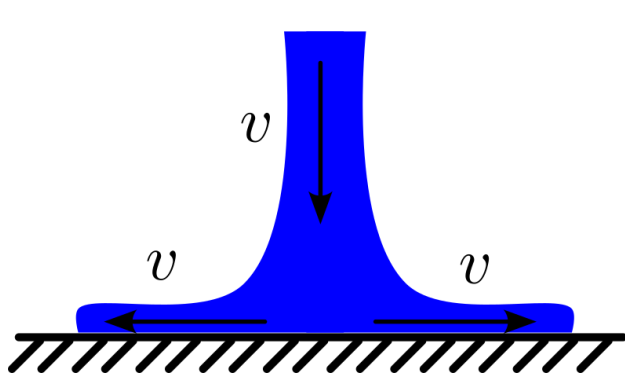
Максимальная дальность пуска ПТУР 9М123:	5000 м
Минимальная дальность пуска:	400 м
Вес ракеты в ТПК:	54 кг
Вес кумулятивной БЧ:	8.0 кг
Вес ВВ:	6.0 кг
Максимальный диаметр ракеты:	152 мм
Максимальная длина ракеты:	2.04 м
Максимальный размах крыла:	0.31 метра
Двигатель ракеты:	твердотопливный
Средняя маршевая скорость ракеты:	около 400 м/с
Максимальная бронепробиваемость тандемной кумулятивной БЧ (гомогенной брони за НДЗ при угле встречи 90°):	1250 мм

Михаил Алексеевич Лаврентьев (1900-1980).
Инициатор создания и первый председатель
СО АН СССР

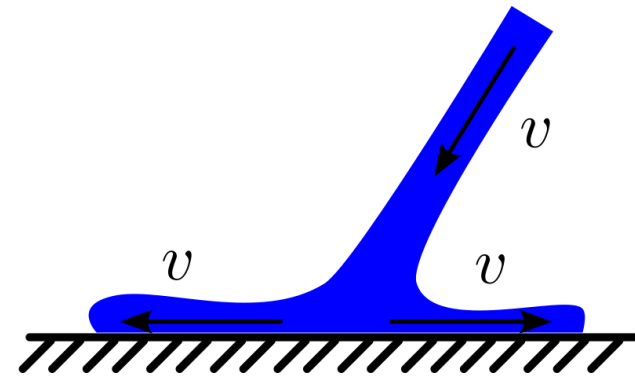


Две традиционных задачи: как защититься, как увеличить пробитие.

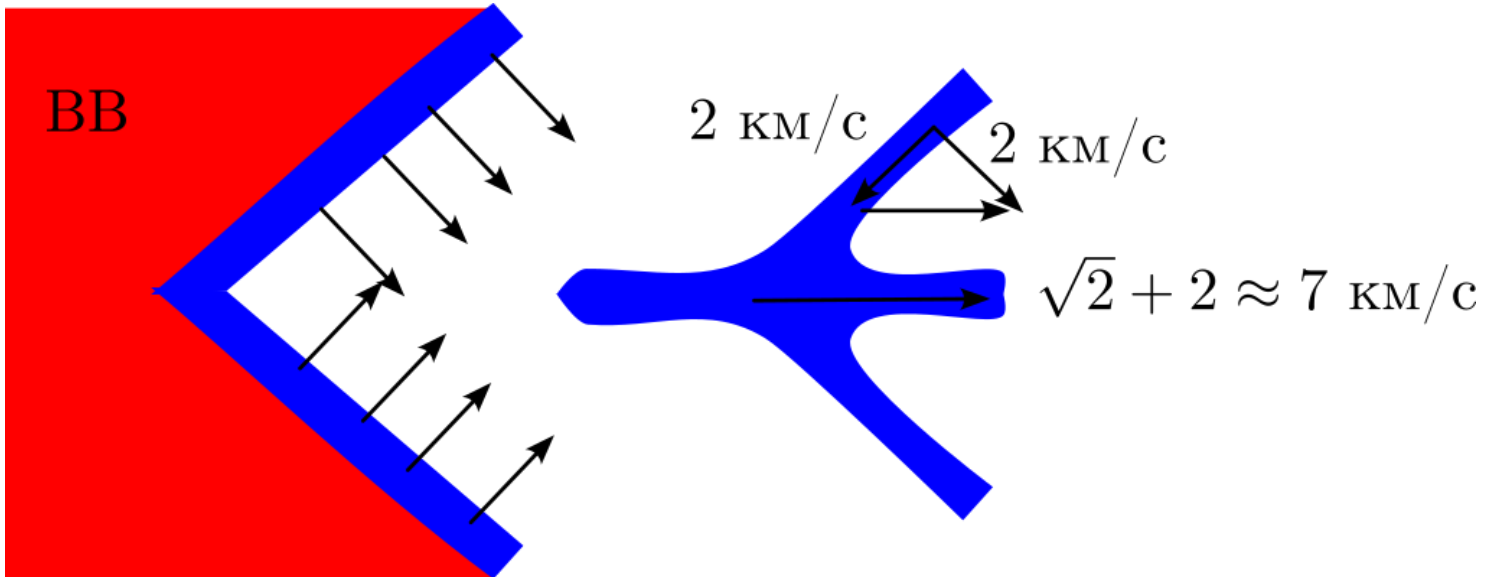
Формирование кумулятивной струи



Растекание струи при соударении с плоской поверхностью.



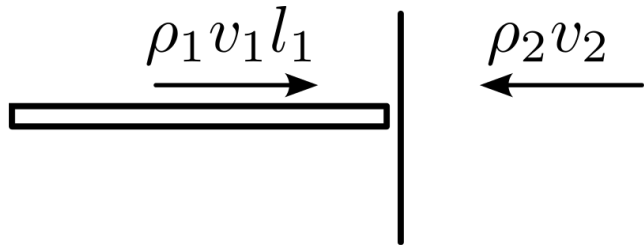
Формирование «обратной» струи вперед жестко обусловлено законом сохранения импульса. Простой эксперимент с тарелкой.



Формирование кумулятивной струи при обжати металлической облицовки продуктами взрыва.

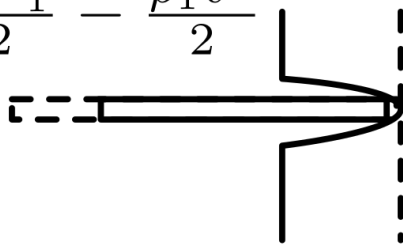
Формула Лаврентьева для глубины пробития брони. Столкновение струй

Рассмотрим столкновение стержня с препятствием в системе отсчета связанной с точкой остановки вещества.



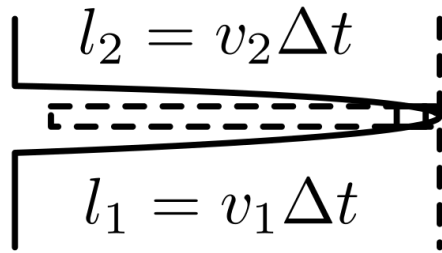
$$p = \frac{\rho_1 v_1^2}{2} - \frac{\rho_1 v^2}{2}$$

$$p = \frac{\rho_2 v_2^2}{2} - \frac{\rho_2 v^2}{2}$$



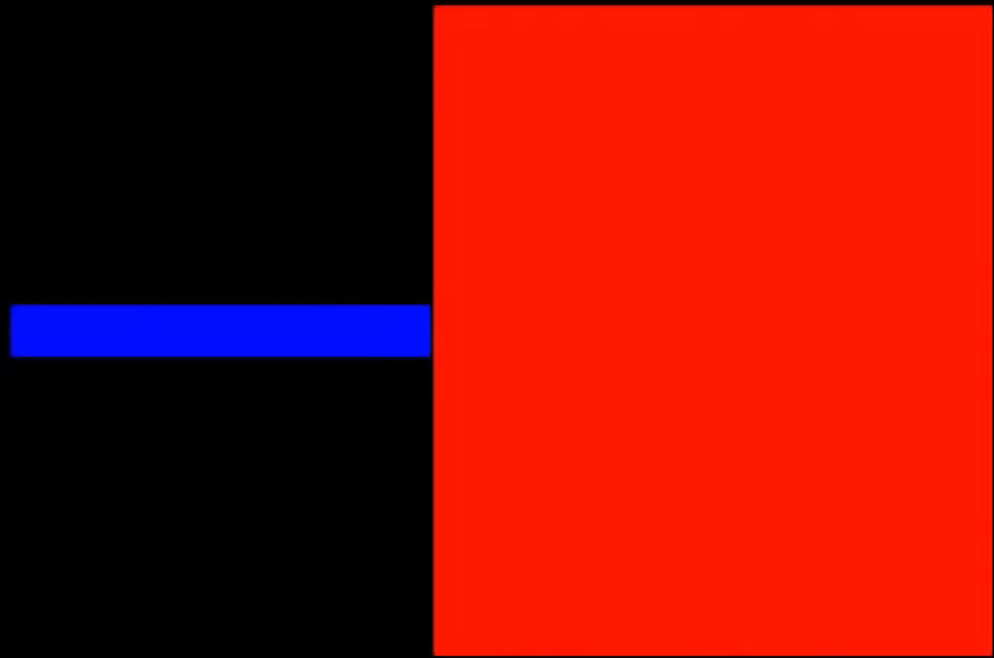
В точке остановки: обе скорости $v = 0$, давления p одинаковые.

Получаем $\frac{\rho_1 v_1^2}{2} = \frac{\rho_2 v_2^2}{2}$!

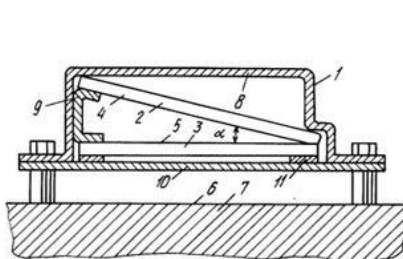


$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{1/2},$$

$$l_2 = l_1 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{1/2}.$$

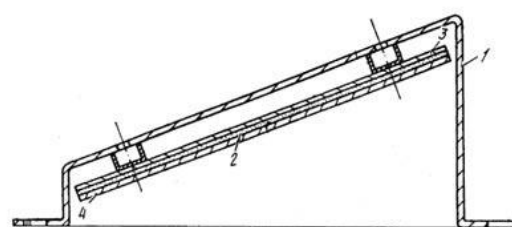


Динамическая защита



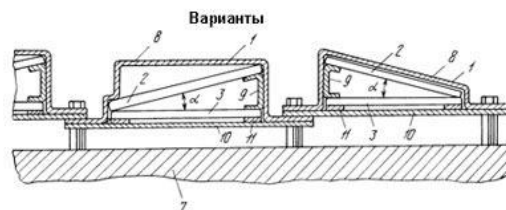
Контейнер НДЗ типа "Контакт-1"

1 – корпус, 2, 3 – контейнеры с взрывчатим веществом
4, 5 – поверхности контейнеров, образующие острый угол
6, 7 – защищаемая поверхность.
9 – распорный элемент, 8, 10 стенка корпуса, 11 – упругие элементы.



Контейнер НДЗ типа "Блайзер"

1 – корпус, 2, – контейнер с взрывчатим веществом
3, 4 – поверхности контейнеров



Варианты



Варианты

© BTVT.narod.ru

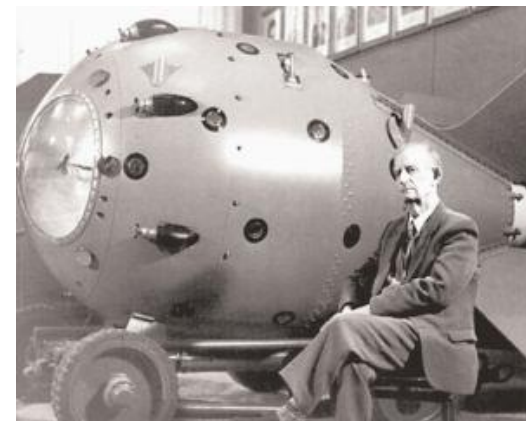
Войцеховский Богдан Вячеславович (ученик М.А. Лаврентьева еще из Киева) и НИИ стали 1950 -1960 гг начали работы по динамической защите от кумулятивных снарядов.

Оригинальность метода вызвала недоверие (маршал СССР Бабаджанян «Пока я жив, никакой взрывчатки на танках не будет») и затянула исследования и внедрение.



Военная операция Израиля на территории Ливана в 1982 г. продемонстрировала эффективность динамической защиты танков.

Ядерное оружие. Плутониевая бомба.



США, Манхеттанский проект.
16 июля 1945 г. Штат Нью-Мексико, “Толстяк”.
Роберт Оппенгеймер (справа) – научный
руководитель,
Генерал Лесли Гровс (слева) – военный
руководитель.

СССР, КБ-11 (г. Саров), РДС-1.
29 августа 1949, Семипалатинский
полигон, Казахстан.
Юлий Борисович Харитон –
руководитель ядерного проекта.



США 25 мая 1953 года из пушки М65 калибром
280 мм был произведён выстрел ядерным
снарядом W9 мощностью 15 кт, который
успешно сдетонировал.

По-видимому это единственный выстрел
ядерным снарядом в мировой истории!

Нужен уравнивающий ответ.

Первый советский ядерный снаряд. 1953-1956 КБ-11 г. Саров.



Артиллерийские самоходные орудия с ядерным боеприпасом на военном параде. Москва, 7 ноября 1957 года

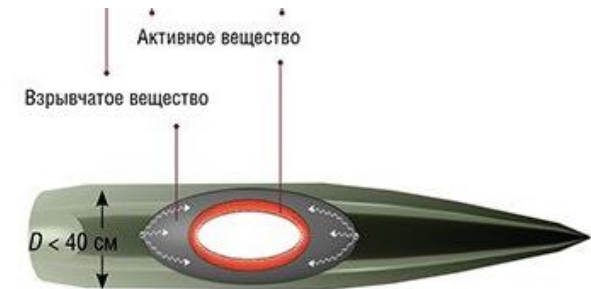


Первый ядерный снаряд испытан 16 марта 1956 года, 560 кг, 14 кт. Не был принят на вооружение.

Академик РАН Овсянников Лев Васильевич, директор ИГиЛ 1976-1986. Воспоминания об испытаниях

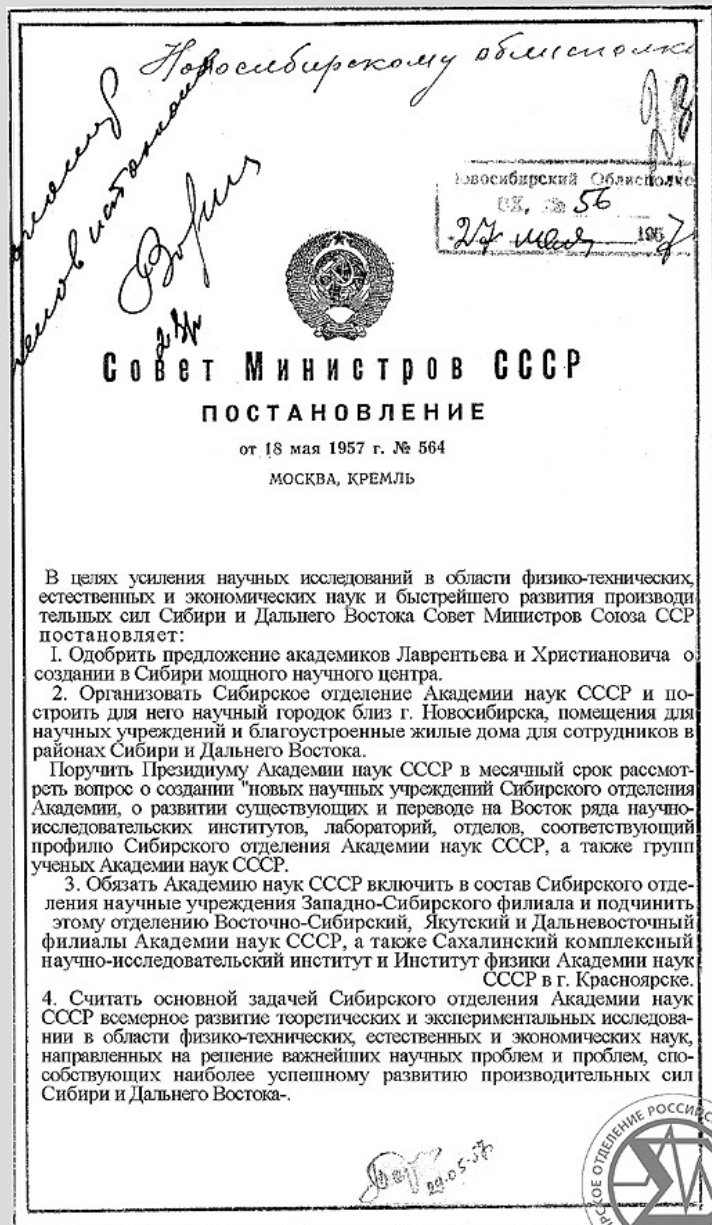


Самый малогабаритный, 152 мм.



Управление течением взрыва. «Дыня» Лаврентьева.

Дело жизни. Важные компоненты успеха.



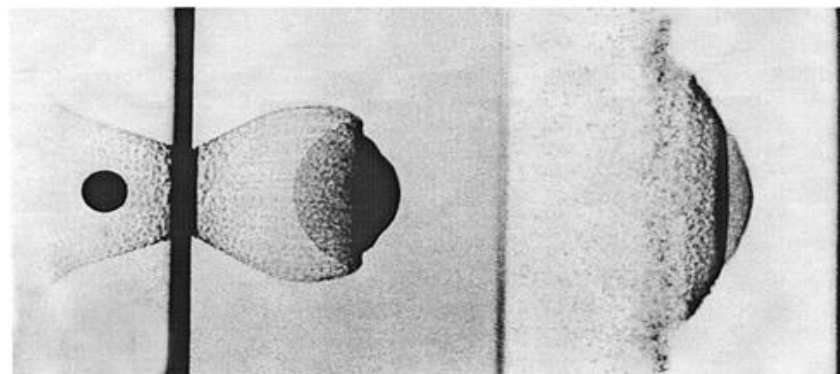
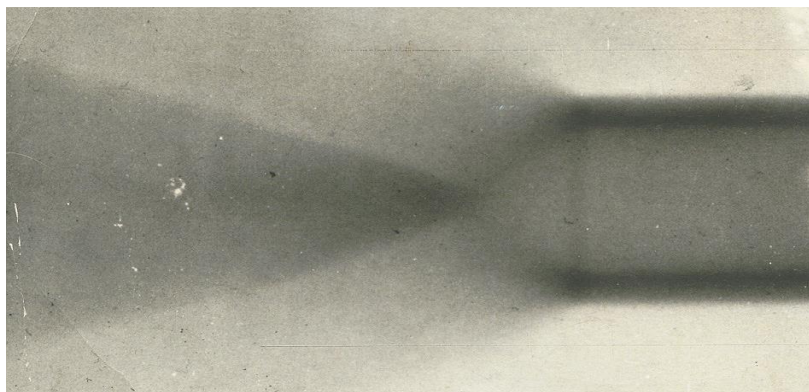
Постановление Совета Министров СССР от 18 мая 1956 г. № 564.

4. Считать основной задачей Сибирского отделения Академии наук СССР всемерное развитие теоретических и экспериментальных исследований в области физико-технических, естественных и экономических наук, направленных на решение важнейших научных проблем, способствующих наиболее успешному развитию производительных сил Сибири и Дальнего востока.

- Почему «выстрелило» тогда?
- Как пережило и переживает времена непростых перемен?
- Базис устойчивости в будущем. В чем сила?

Большой масштаб, важные научные задачи, баланс между академическими и технологическими задачами, формирование научных школ, горизонтальные связи.

Скоростное метание тел. Противометеоритная защита



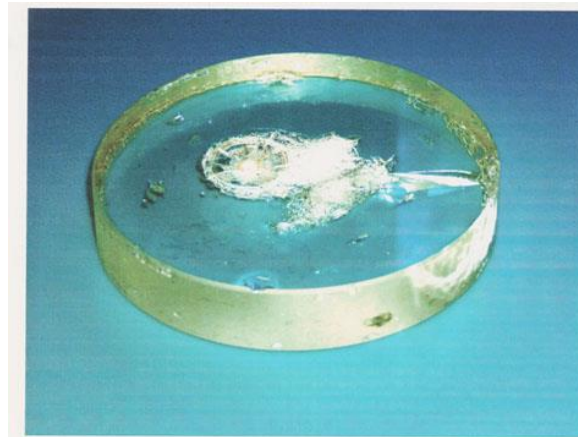
Рентгенограмма запреградного облака осколков, образующегося при ударе 9-мм шарика из алюминия со скоростью 6,7 км/с по 1,5-мм пластинке из алюминия (интервал между кадрами – 15 мкс)



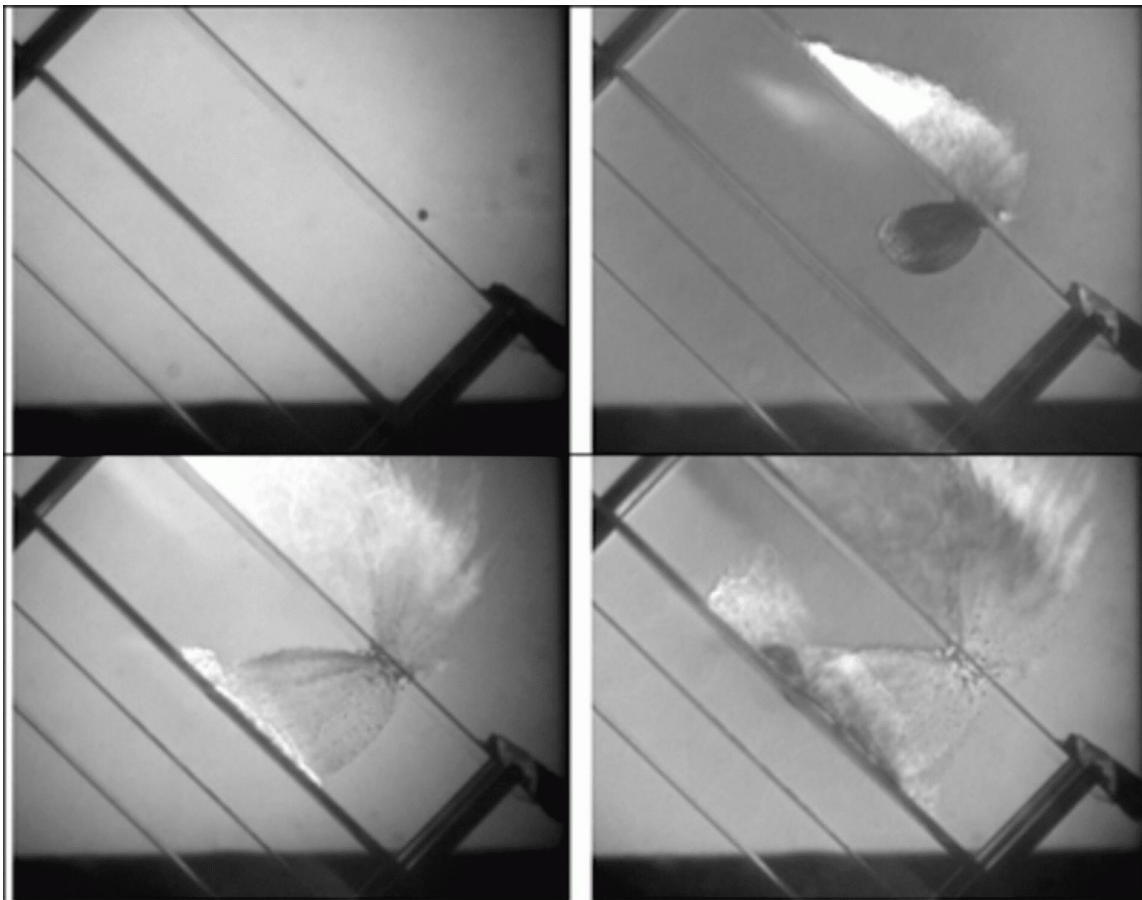
При детонации трубчатого заряда ВВ вперед вырывается кумулятивная струя продуктов взрыва: плотность 0.1 г/см³, со скоростью более 10 км/с. Это простой способ «мягко» ускорять небольшие тела около 1 грамма до космических скоростей. Методика применялась при тестировании оборудования для первых космических полетов.

Академик РАН Титов
Владимир Михайлович,
директор ИГИЛ 1986-2004.

Удар частицы со скоростью 7.5 км/с по иллюминатору корабля.



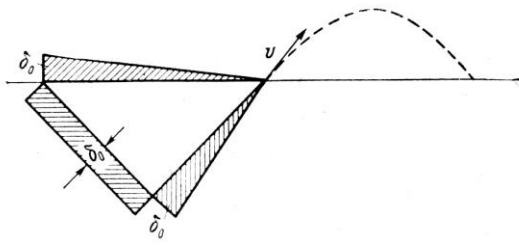
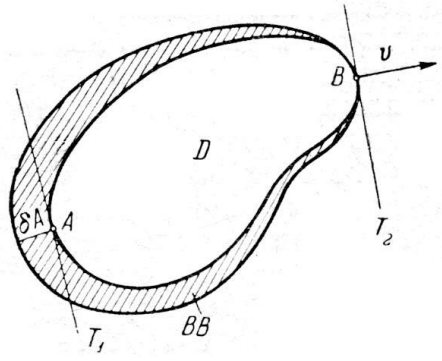
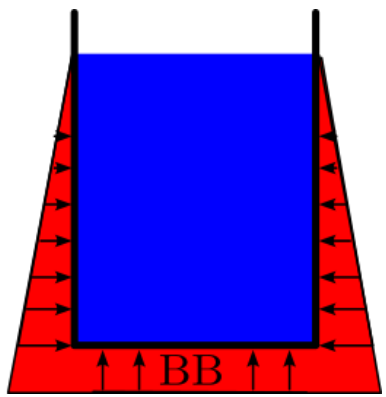
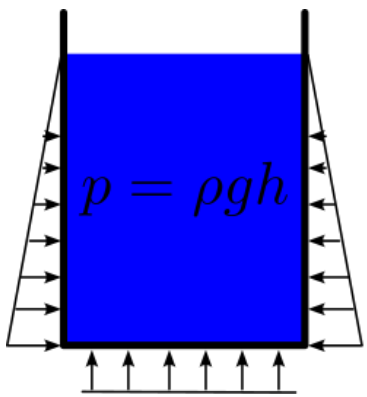
Двухслойная защита с жертвенным экраном.



Алюминиевый шарик диаметром 4 мм на скорости 7,2 км/сек ударялся под углом в 45 градусов во внешнюю алюминиевую панель толщиной 1,2 мм. За ней на расстоянии 49,5 мм была основная алюминиевая панель толщиной 3,3 мм.

Распределение локального воздействия метеорита по широкому пятну следующего экрана позволяет остановить воздействие.

Направленное метание горной породы взрывом. Взрыв в Медео.



Однородный градиент давления, созданный взрывом, обеспечивает ускорение вещества, как целого и направленное метание породы.



РЕЗУЛЬТАТ - ПЛОТИНА

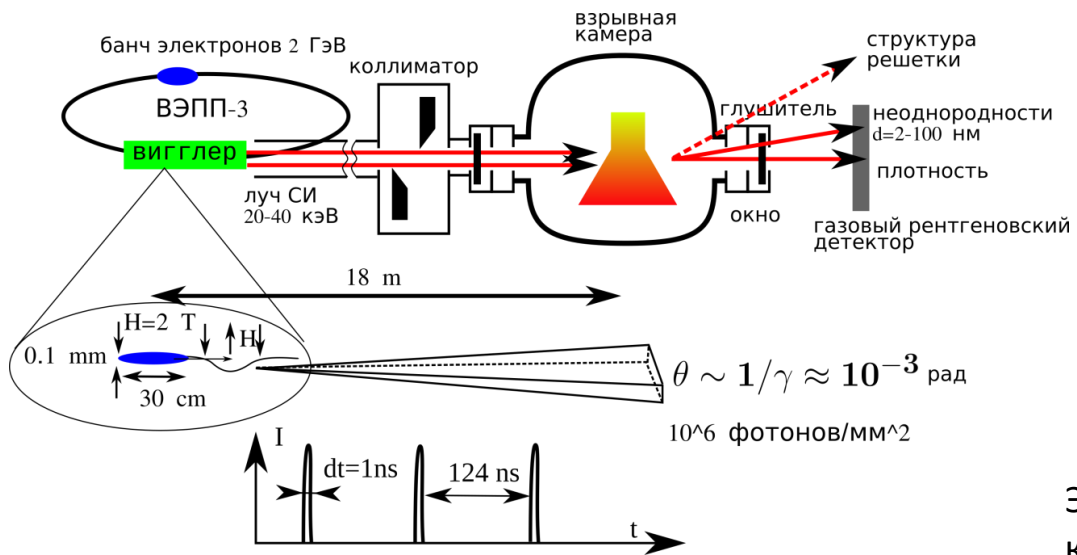


Синхротронное излучение для исследования быстропротекающих процессов

1999-2025 гг. Впервые в мире.

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН,
 Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН,
 Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,
 Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения

К.А. Тен, Э.Р. Прууэл, А.О. Кашкаров, И.А. Рубцов,
 Б.П. Толочко, И.Л. Шехтман, В.М. Аульченко
pru@hydro.nsc.ru,
<http://ancient.hydro.nsc.ru/srexpl>



Экспериментальная станция на ускорительном комплексе ВЭПП-4 ИЯФ СО РАН г. Новосибирск



Скоростная томография плотности детонационного течения

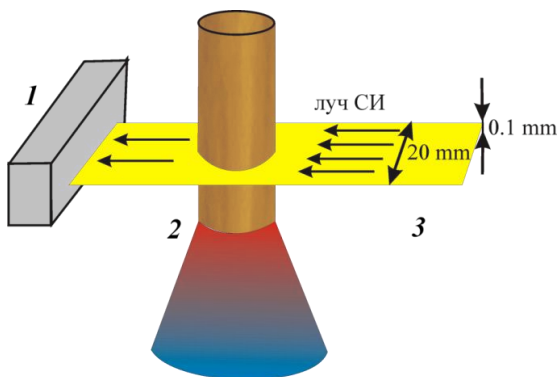
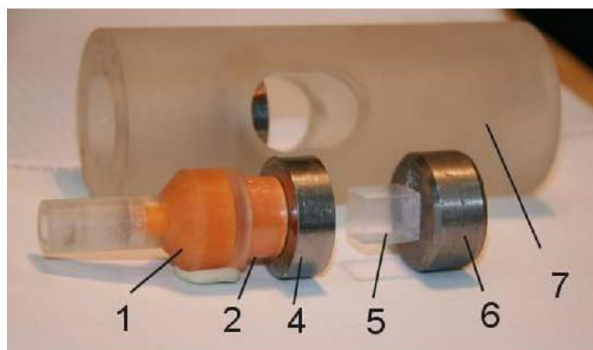
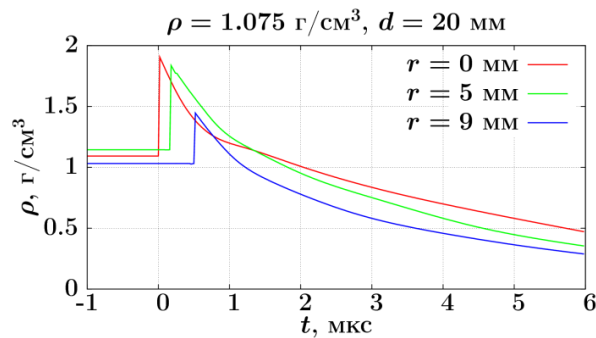
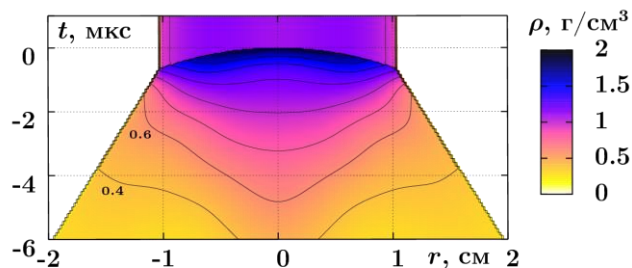
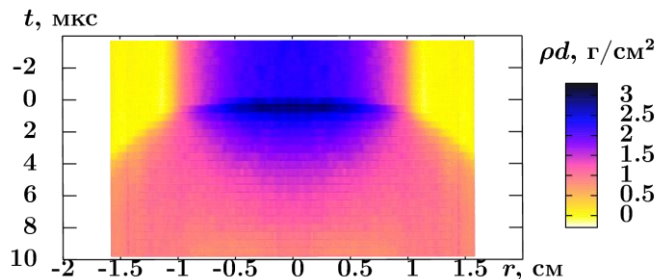


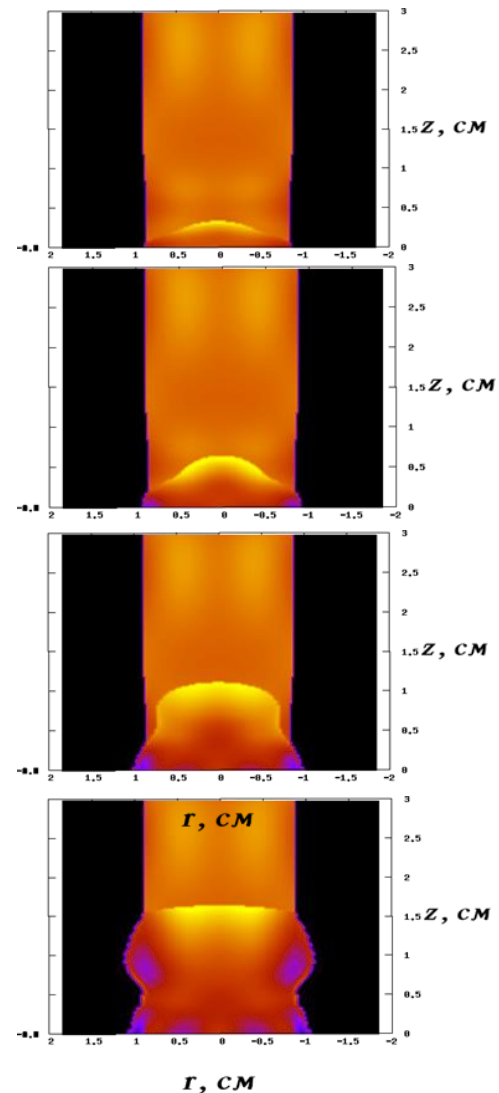
Схема эксперимента по восстановлению распределения плотности: 1 – детектор прошедшего излучения, 2 – исследуемый заряд, 3 – луч рентгеновского излучения.



Исследование ударных волн: 1 – линза, 2 – ВВ, 4 – охрannое кольцо с метаемым ударником, 5 – исследуемый образец аэрогеля (0.25 г/см^3), 6 – основание, 7 – центрирующая направляющая.



Детонация заряда эмульсионного ВВ на основе аммиачной селитры. Рентгеновская тень и распределение плотности.



Иницирование детонации в пористом заряде тэна. Распределения плотности в 2, 3, 4, 5 мкс от момента иницирования.

Создание кольцевого источника фотонов ЦКП «СКИФ»



Исследовательская инфраструктура ЦКП «СКИФ». Станции первой очереди



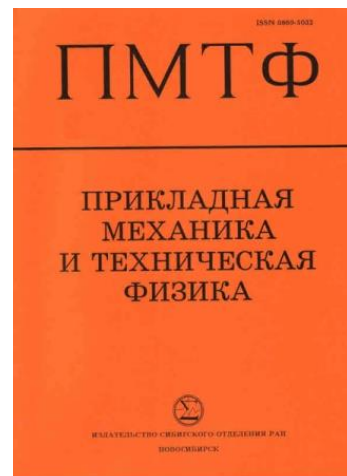
Большой масштаб, важные научные проблемы, баланс между академическими и технологическими задачами, формирование научных школ.

Сибирское отделение интенсивно работаем над повторением успеха!

С пожеланием развития сотрудничества!



Физика горения и взрыва
Combustion, Explosion and Shock Waves
(с 1965 г.)



Прикладная механика и техническая физика
Journal of Applied Mechanics and Technical
Physics (с 1960 г.)

