



•РЕГИСТРАЦИЯ ОБЛАКА МИКРОЧАСТИЦ ВОЛЬФРАМА СИНХРОТРОННОЙ РАДИОГРАФИЕЙ И ЛГМ

К.А. Тен^{1,3}, Э.Р. Прууэл¹, И.А. Рубцов^{1,2}, А.О. Кашкаров¹, В.П. Халеменчук^{1,2}, А.А. Студенников^{1,2}, Л.И. Шехтман³, Б.П. Толочко,^{3,4} А.Ю. Гармашев⁵, Д.П. Кучко⁵, Д.В. Петров⁵, Е.Б. Смирнов⁵, А.Ю. Федоров⁵

•¹ *Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Лаврентьева пр., 15, 630090, Новосибирск*

•² *ЦКП "СКИФ", Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Никольский пр., 1, 630559, Кольцово*

•³ *Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Лаврентьева пр., 11, 630090, Новосибирск*

•⁴ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Кутателадзе ул., 18, 630128, Новосибирск*

•⁵ *Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина» Васильева ул., 13, 456770, Снежинск*



Что понимается под «пылением».



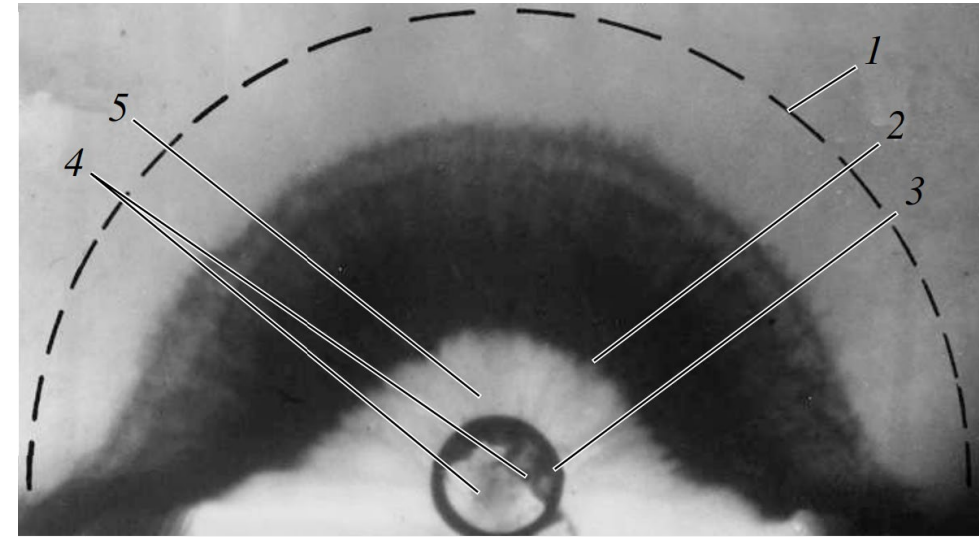
При сильном (взрывном) ускорении металлического ударника впереди ударника появляется поток микрочастиц («пыление»).

Характерные величины:

Скорость частиц – 1-5 км/с

Плотность - 100 - 0.1 мг/см³

Размеры частиц - 10⁻¹-10⁻⁴ мм



Рентгенограмма выброса частиц: 1 – начальное положение оболочки; 2 – полуцилиндрическая оболочка из свинца; 3 – цилиндрическая труба из стали; 4 – отколы, струи; 5 - газ

ЖЭТФ, 2009, том 136, вып. 3 (9)

1. Важность изучения выброса «пыли» связано с большим влиянием количества «пыли» на получаемые **предельные значения** в кумулятивных процессах.
2. Интерес к этому явлению также связан с влиянием выброса «пыли» на **результаты измерений** движения поверхности **с использованием теневых, электроконтактных и лазерных методов регистрации** движения,
3. А также важности в проблеме инерциального термоядерного синтеза при сжатии плазмы.

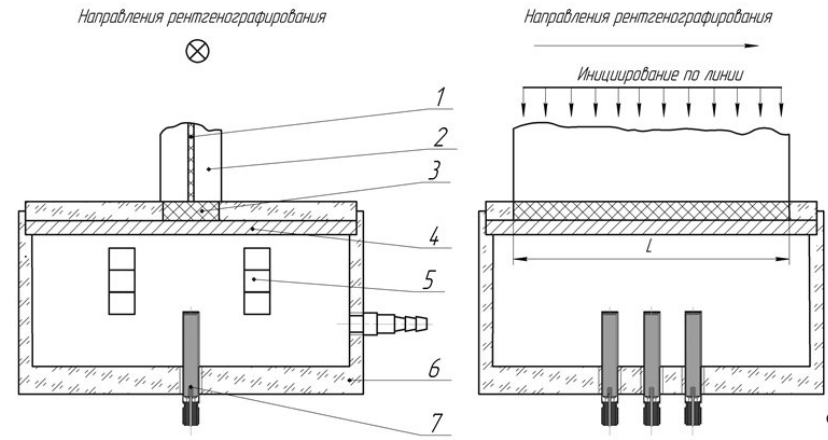


Основные методы исследования:

- Импульсная радиография (1-2 кадра),
- Теневая микро-макро съемка,
- Оптическая съемка,
- Гетеродин-интерферометрия (VISAR, ЛГМ),
- Пьезодатчики,
- Индикаторные фольги
- Пучковая диагностика (ускорители-протонная и синхротронная радиография)

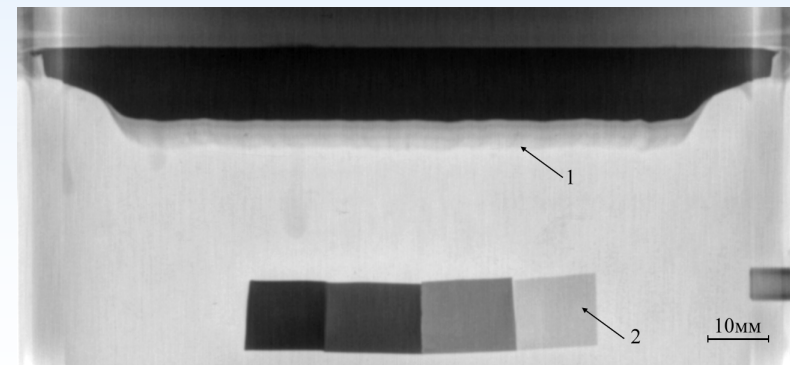
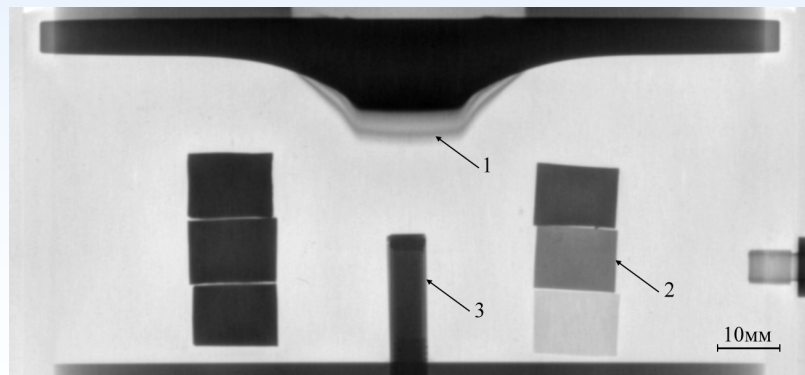


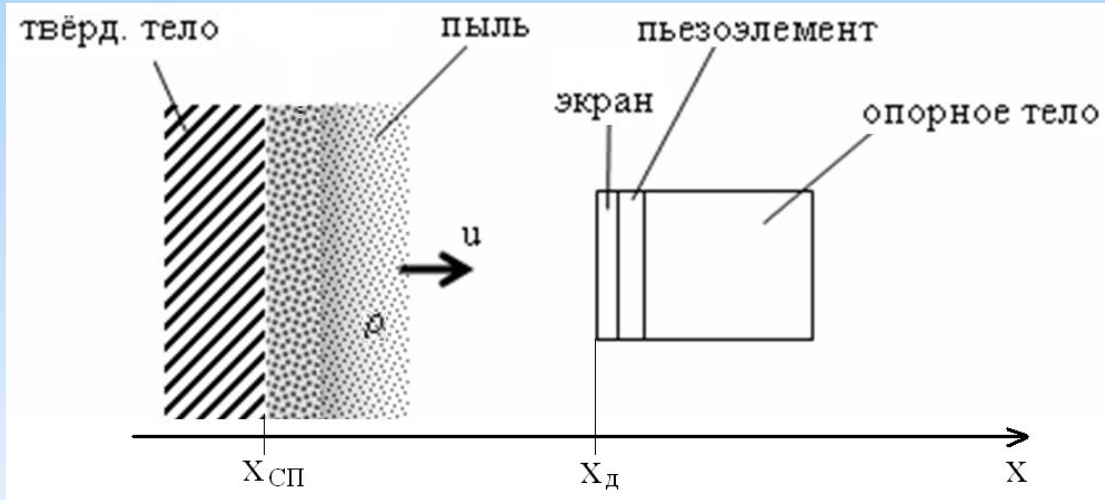
Проблема регистрации «пылевого облака» – во всех методиках измерения проходятся на пределе технических возможностей.



1°-лист ПВВ; 2°-корпус; 3°-заряд ВВ; 4°-исследуемый образец; 5°-свинцовый клин;
6°-герметизирующий вакуумируемый корпус; 7°-пьезодатчики.

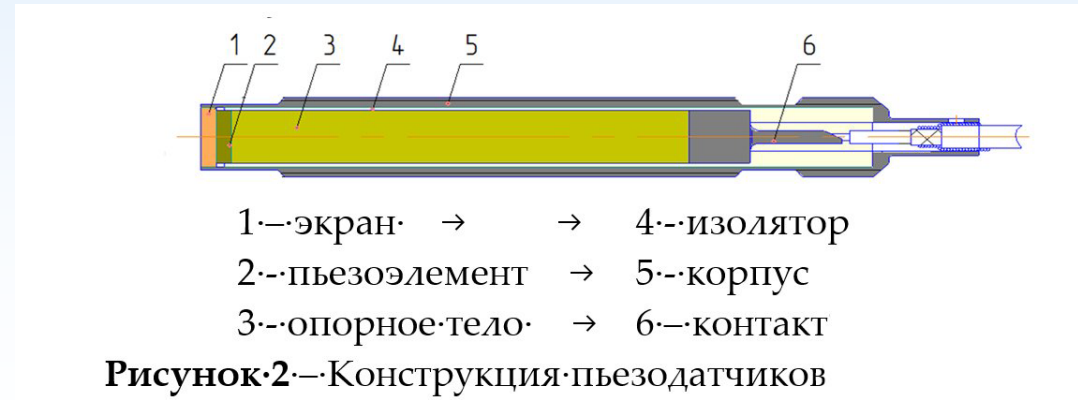
Рисунок 3: Конструкция экспериментальной сборки





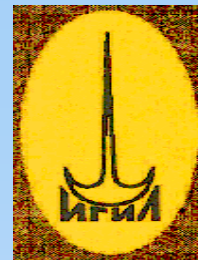
Пьезодатчиком можно измерять:

1. Давление $P(t)$, оказываемое потоком на датчик
2. Импульс $J(t)$, сообщаемый потоком датчику
3. Плотность $\rho(t)$
4. Скорость $u(t)$
5. Массу пыли $m(t)$, налетевшей на торец

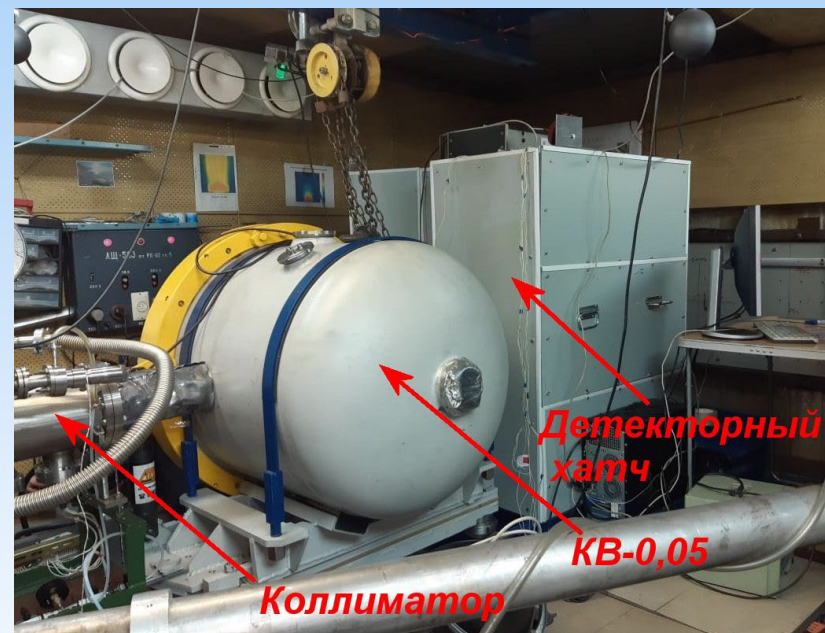




Цели и Задачи.



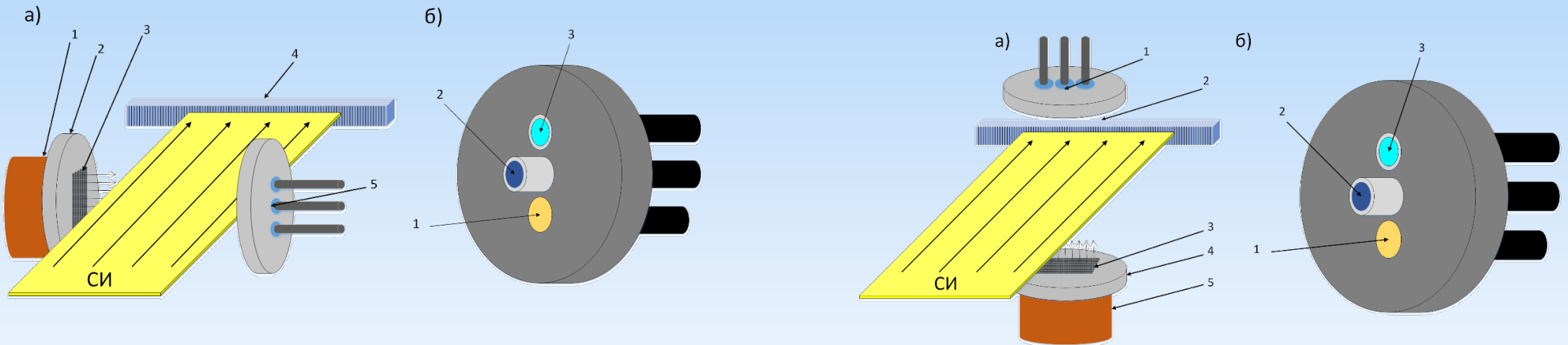
1. С помощью регистрации СИ провести исследования потоков **облака частиц вольфрама**, ускоренных сильной ударной волной.
2. Получить **динамику распределения плотности** вдоль пылевого облака .
3. Провести **одновременную запись** рентгеновского кино СИ, показаний ЛГМ и пьезодатчика.



Общий вид новой станции «Субмикросекундной диагностики» на ускорителе ВЭПП-3

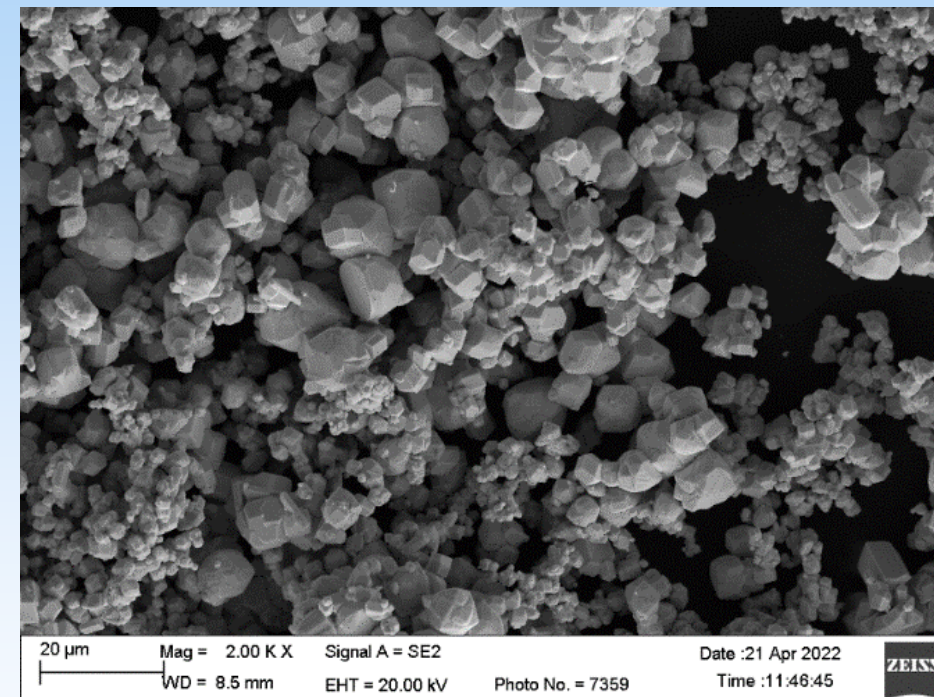
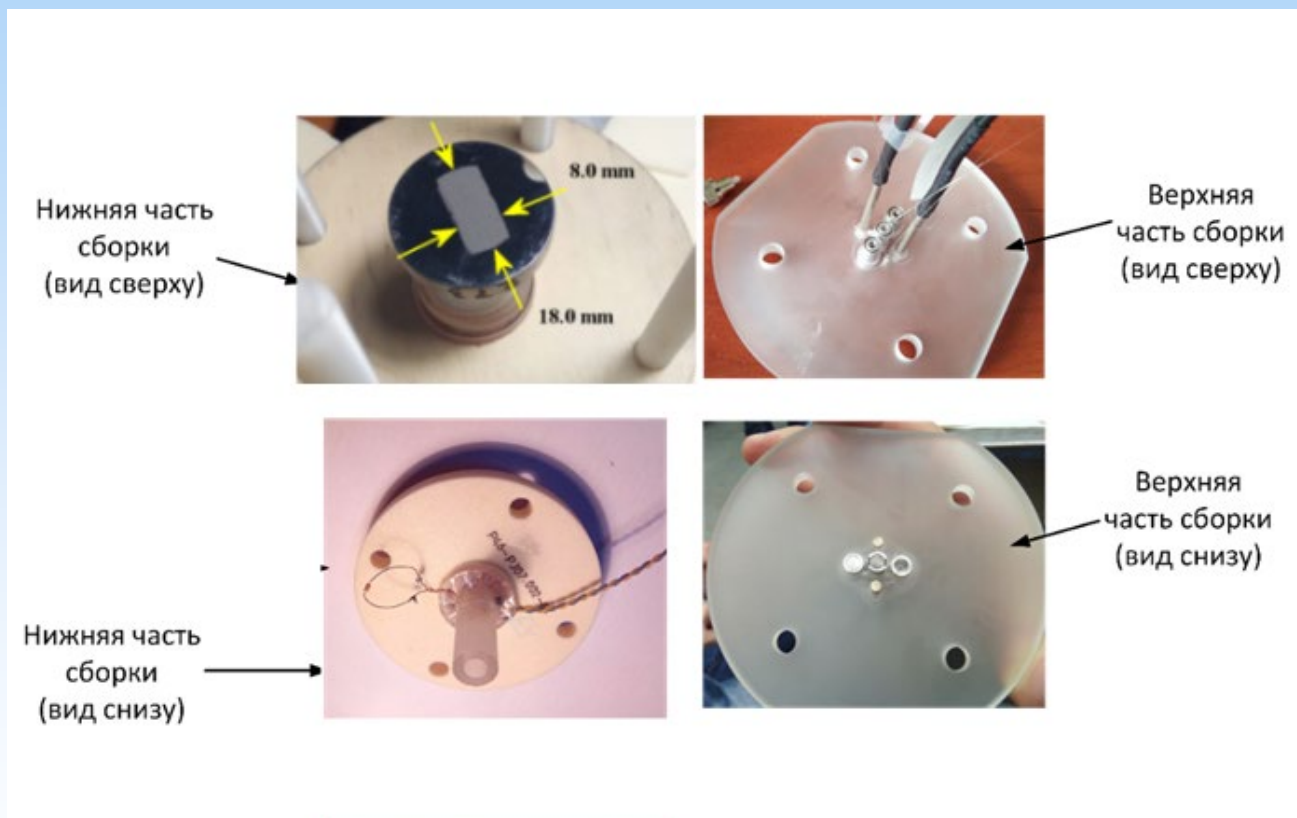


Постановка экспериментов с порошком вольфрама.



Постановка 1546. (а) – схема направления пучка СИ: 1 – заряд ВВ, 2 – стальной диск, 3 – порошок из микрочастиц вольфрама, 4 – детектор, 5 – датчики; (б) – схема расположения датчиков: 1 – пьезодатчик, 2 – индикаторная танталовая фольга с коллиматором ЛГМ 3 – индикаторное кварцевое стекло с коллиматором ЛГМ

Постановка экспериментов.

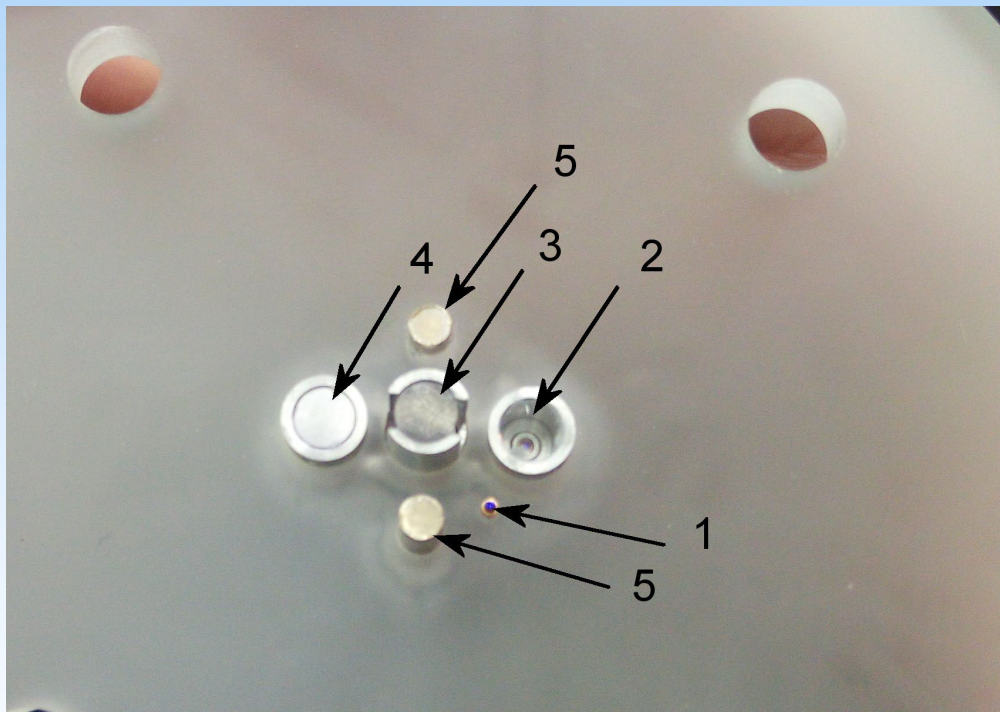
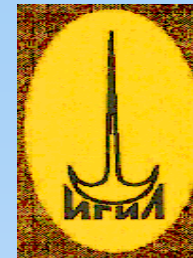


Размеры полосы 18 x 8 мм, масса 20 мг

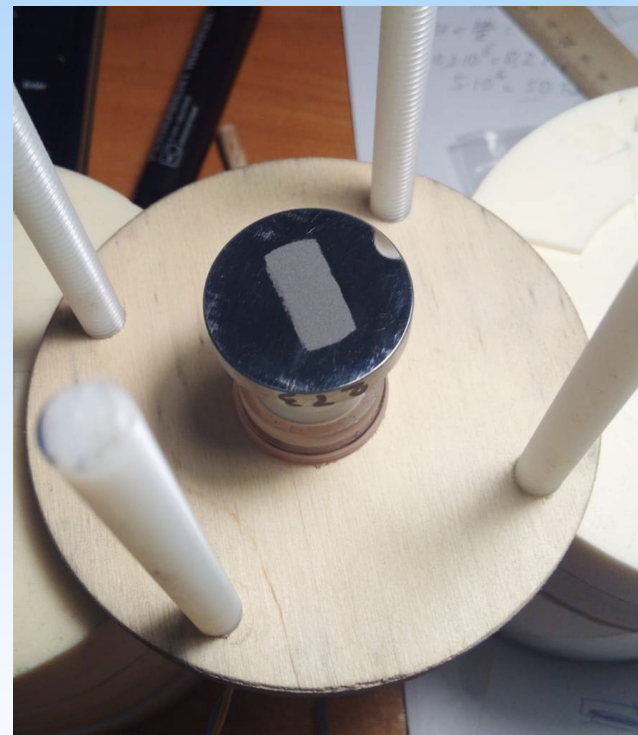
Элементы экспериментальной сборки



Индикаторные фольги

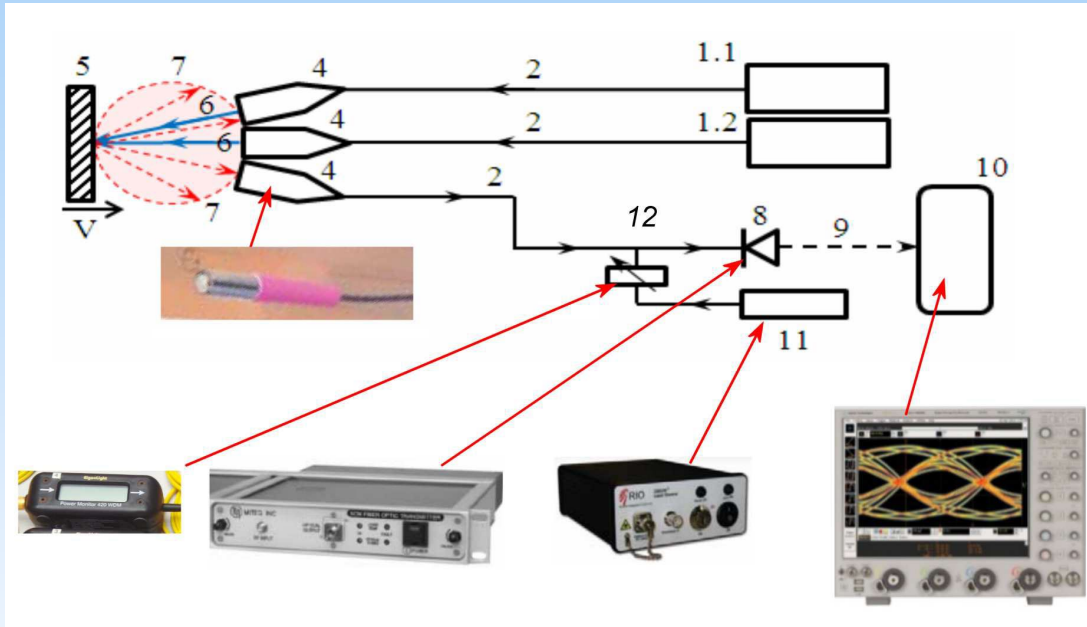


1 – коллиматор ЛГМ, 2 – кварц, 3 – тантал,
4 – алюминий, 5 - пьезодатчики

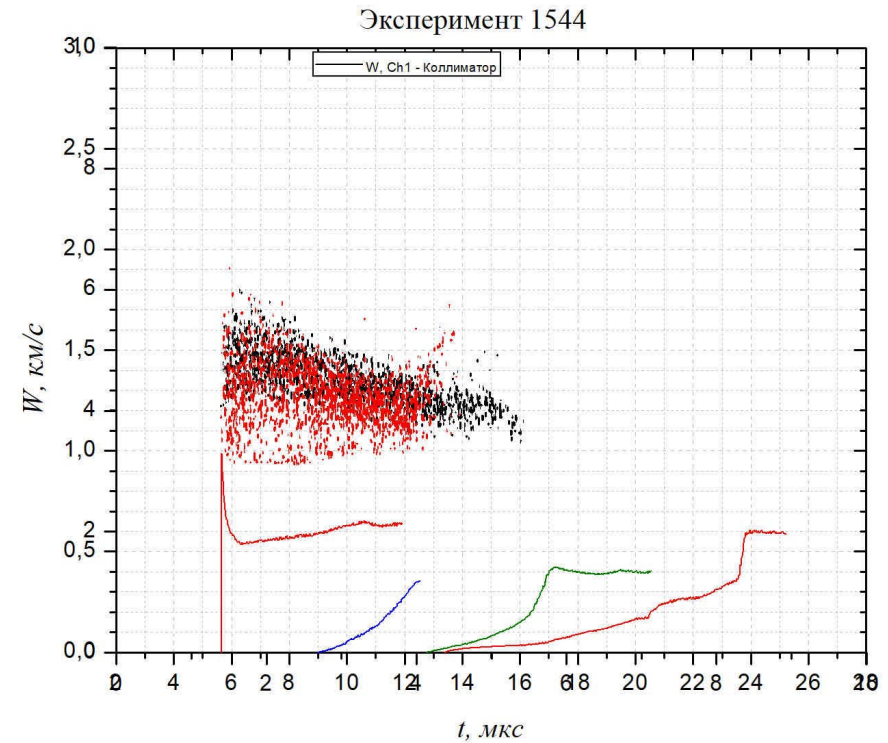


Подложка с порошком
из вольфрама

Измерительный комплекс ЛГМ (Photon Doppler Velocimetry) , ИЯФ

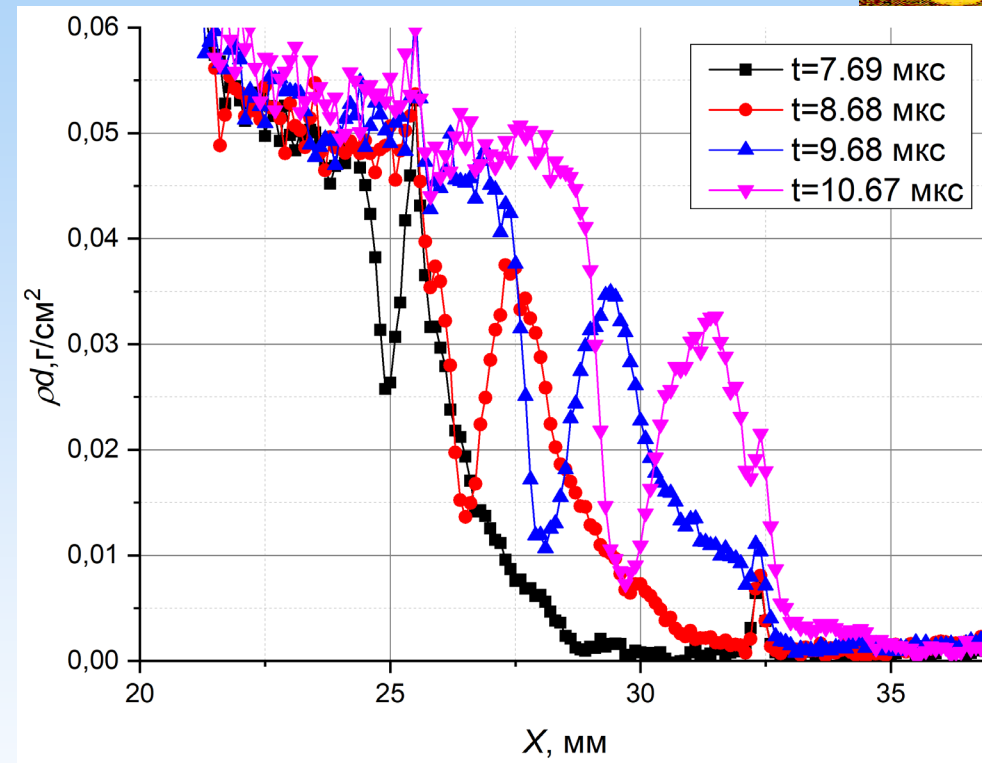
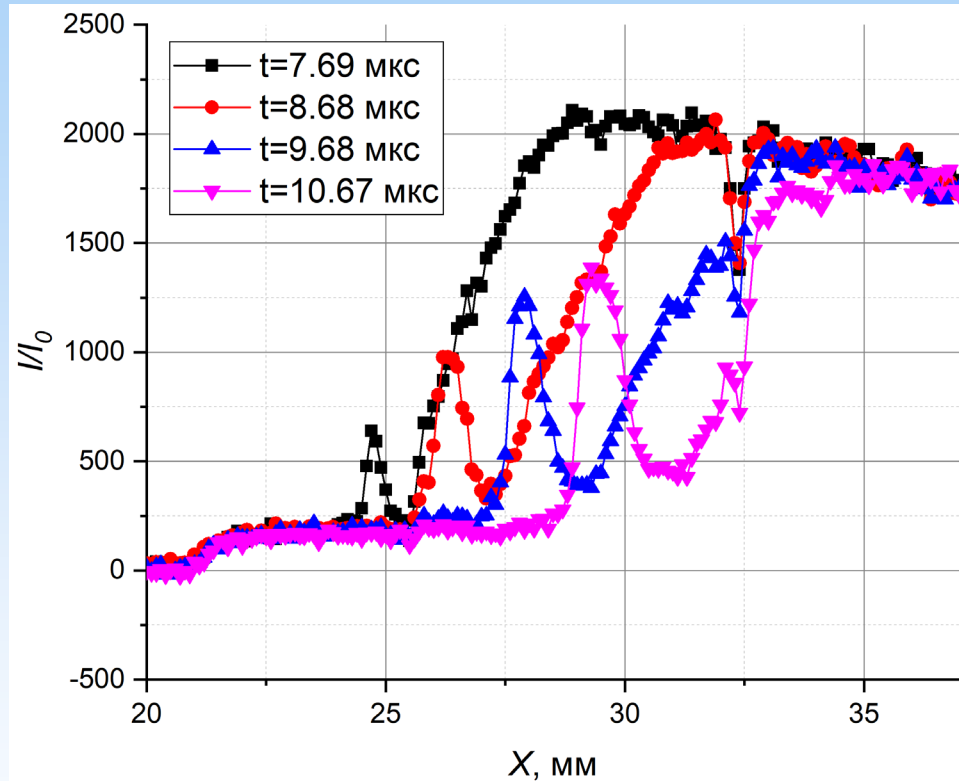


Элементы 1-го канала ЛГМ: 2 - оптоволокну, 4 - коллиматор, 8 – фотодетектор, 10 – осциллограф, 11 – лазер, 12 - регулятор (измеритель) мощности





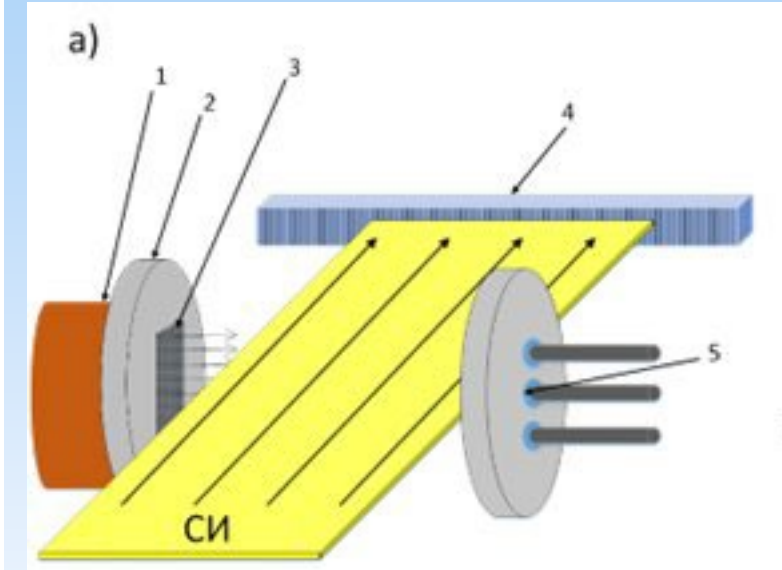
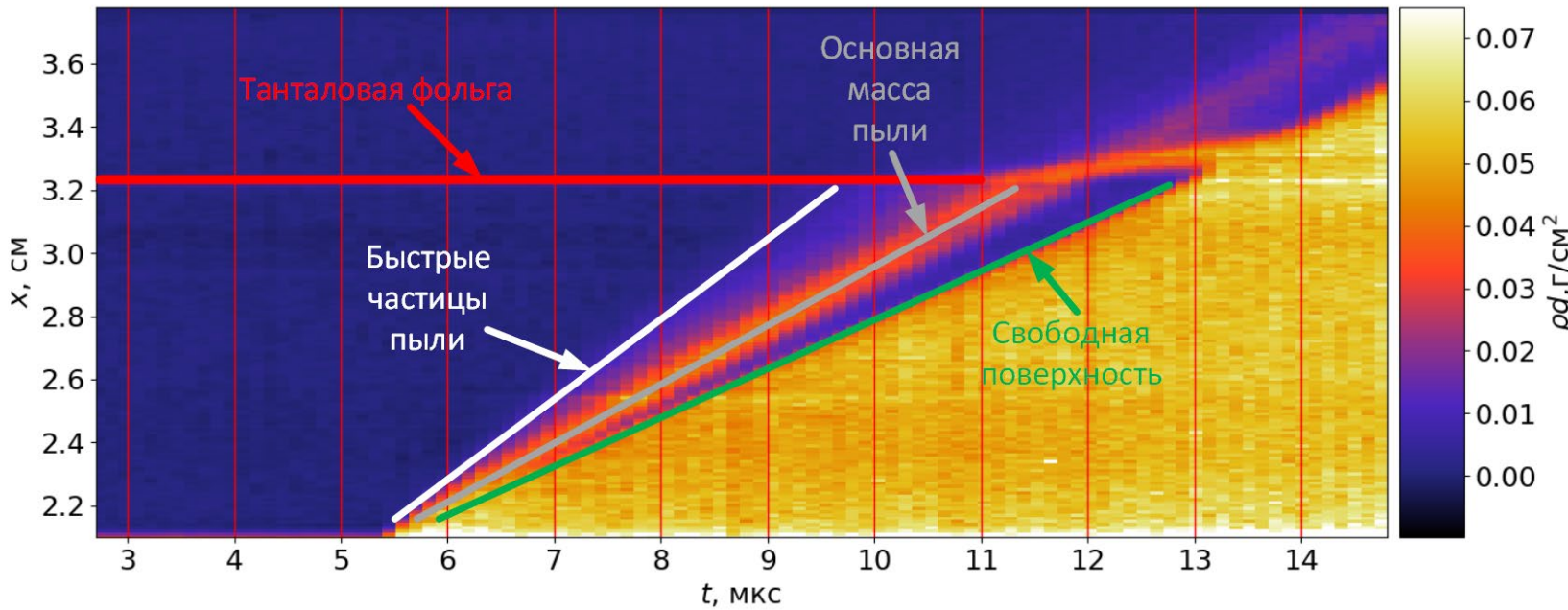
Результаты экспериментов. DIMEX



(Слева) - данные с детектора – зависимость интенсивности регистрируемого излучения от координаты. (Справа) – зависимость линейной массы от координаты



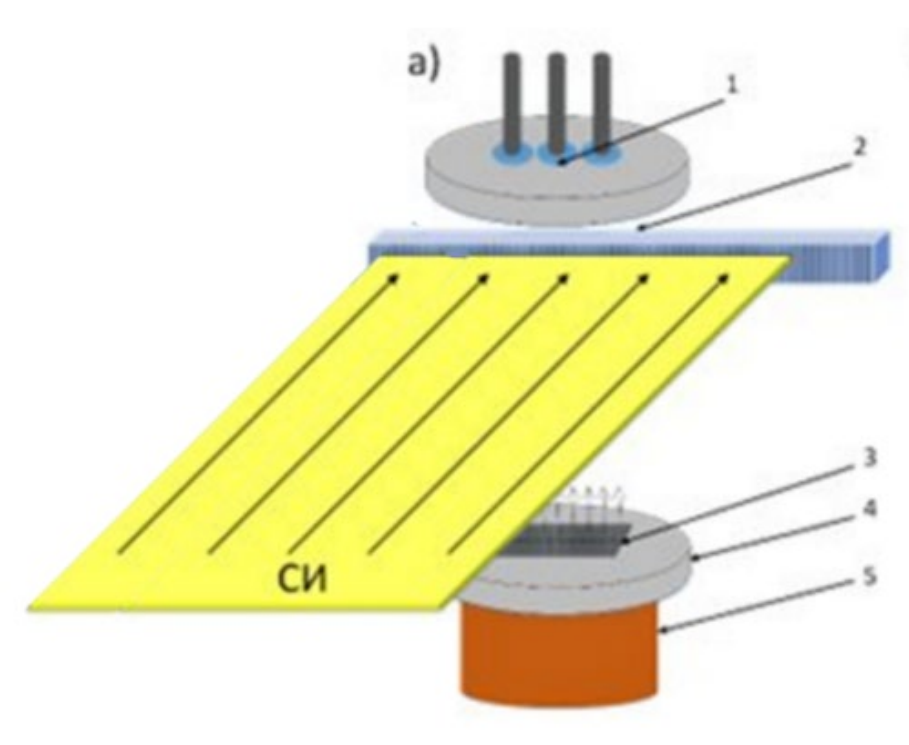
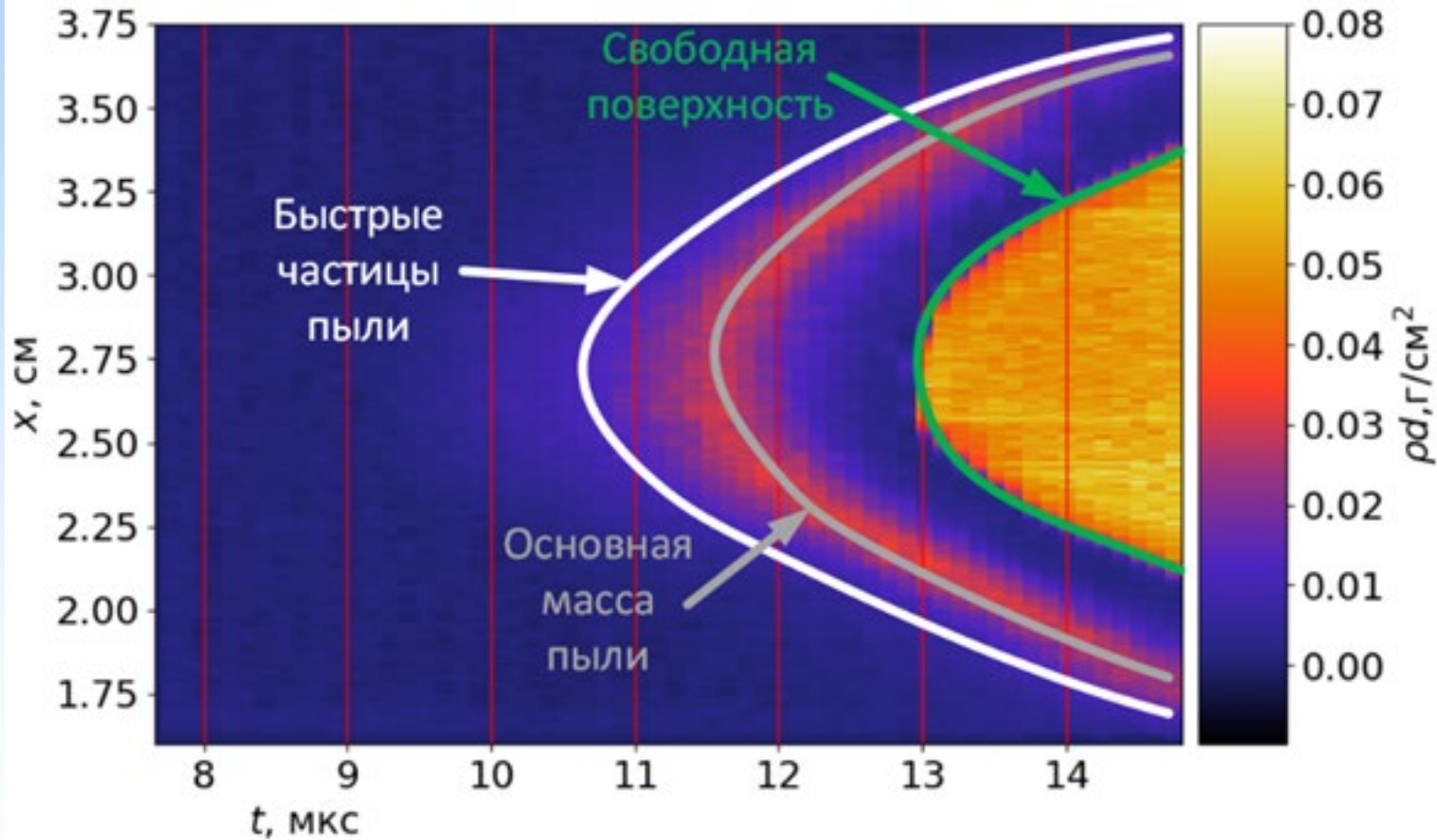
Результаты экспериментов. DIMEX



Распределение линейной массы от координаты и времени



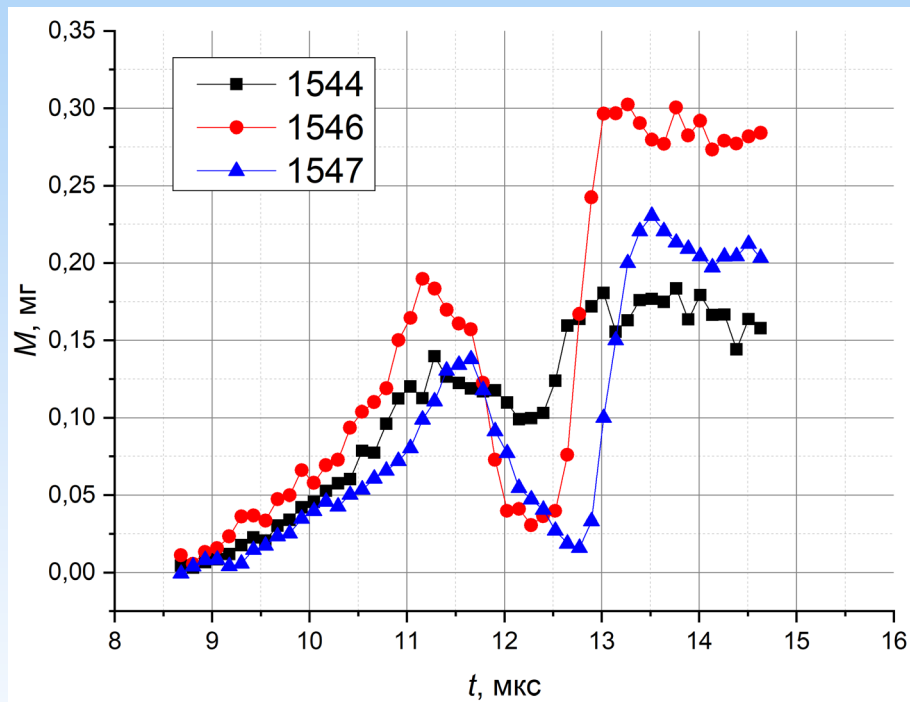
Результаты экспериментов. DIMEX



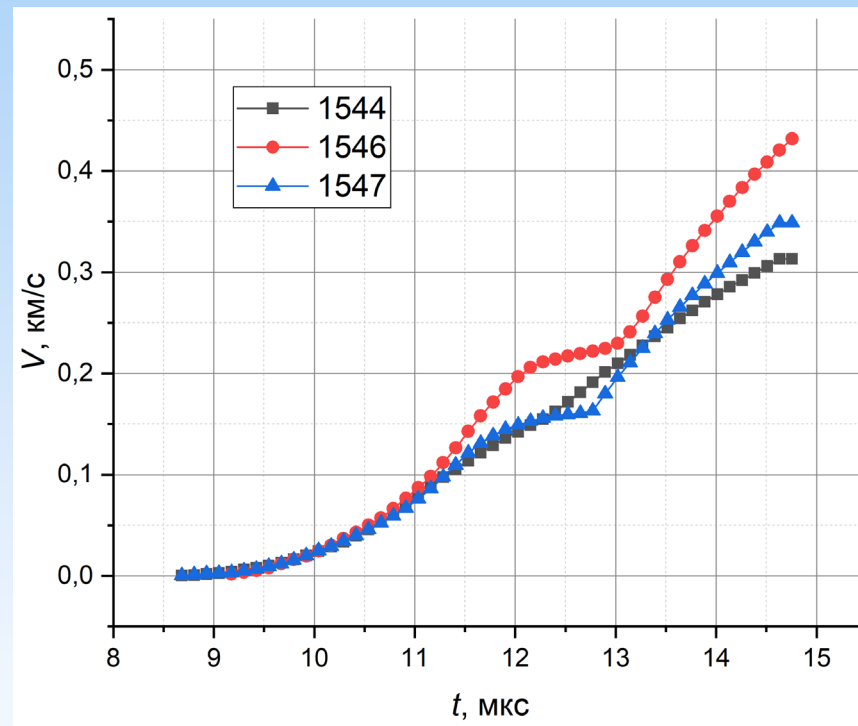
Постановка экспериментов-2



Динамика пылевого облака из вольфрама. DIMEX



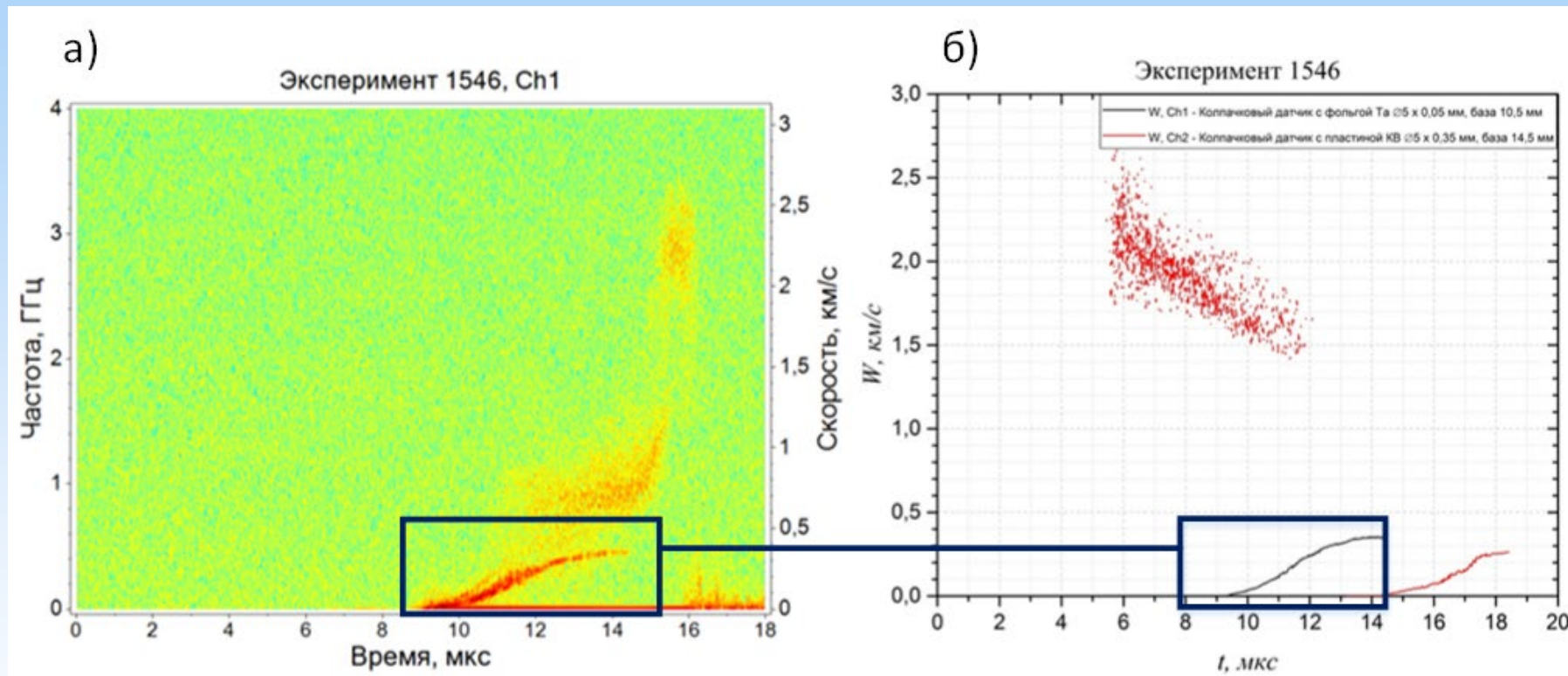
Масса пыли, налетающей на танталовую фольгу за один кадр, измеренная по методике СИ.



Скорости танталовой фольги, посчитанные по методике СИ



Динамика пылевого облака из вольфрама. ЛГМ

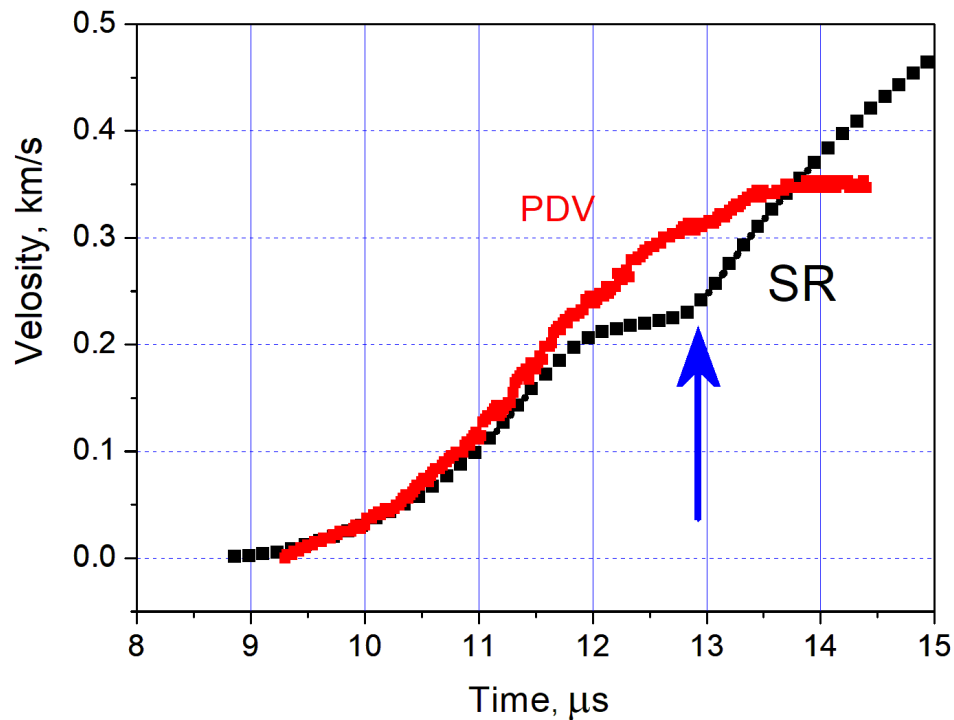


- Данные, полученные ЛГМ методикой. (а) – данные с одного канала осциллографа после Фурье-обработки; (б) – данные со всех каналов осциллографа после оцифровки

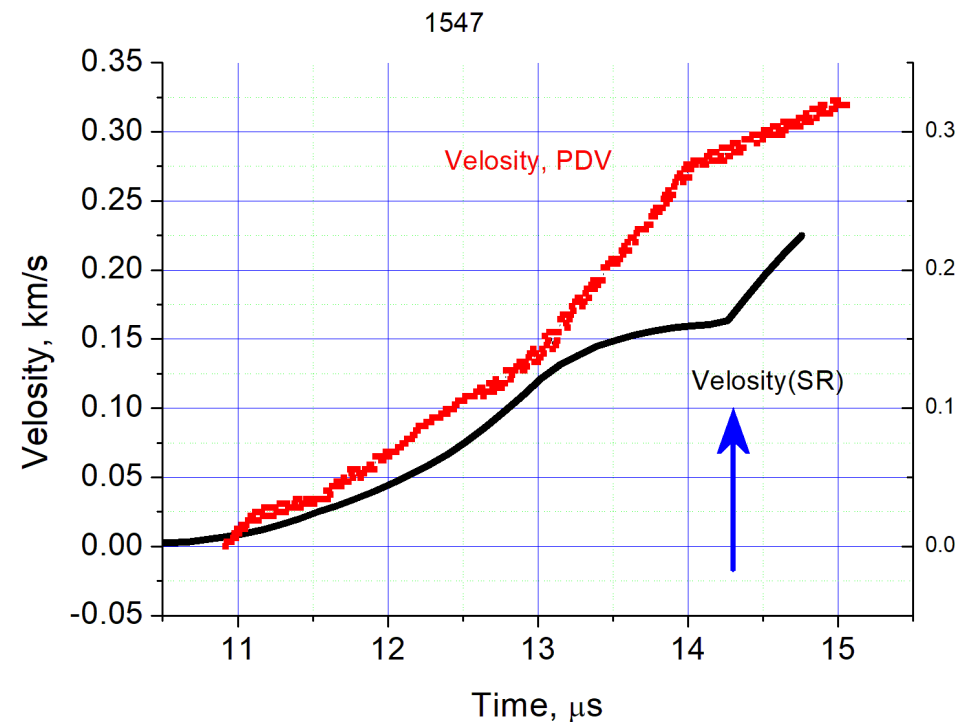


Динамика пылевого облака из вольфрама

Сравнение методик



Постановка 1546. Сравнение скоростей, измеренными методиками СИ и ЛГМ

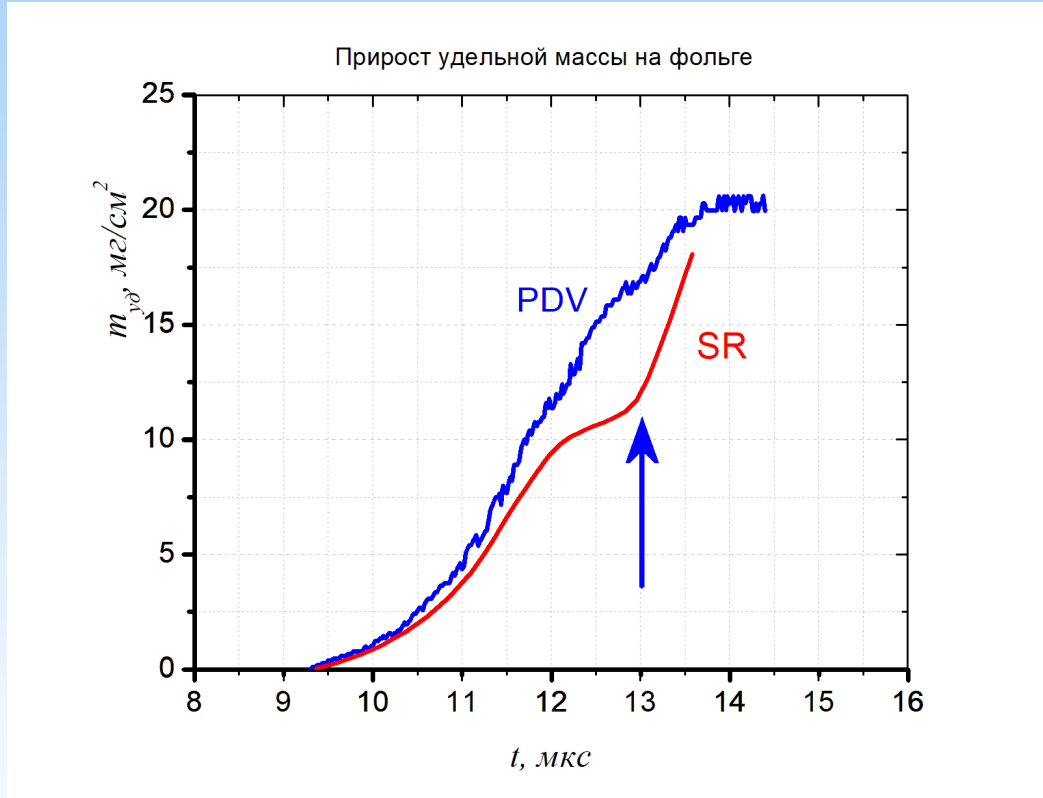


Постановка 1547. Сравнение скоростей, измеренными методиками СИ и ЛГМ

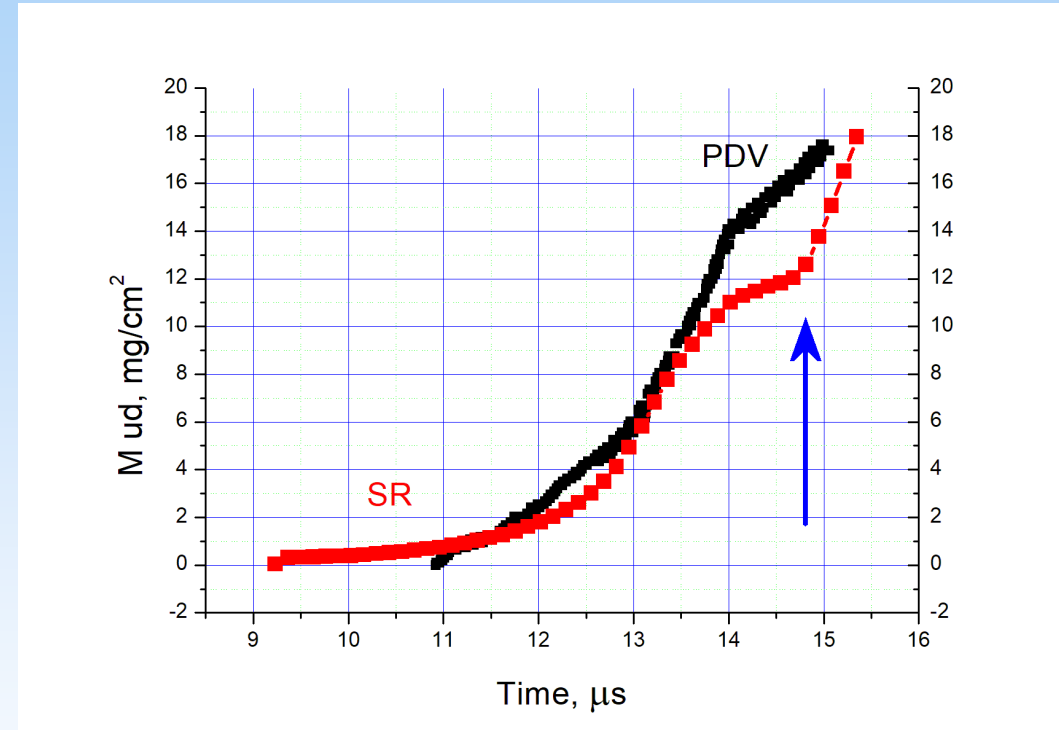


Динамика пылевого облака из вольфрама

Сравнение методик



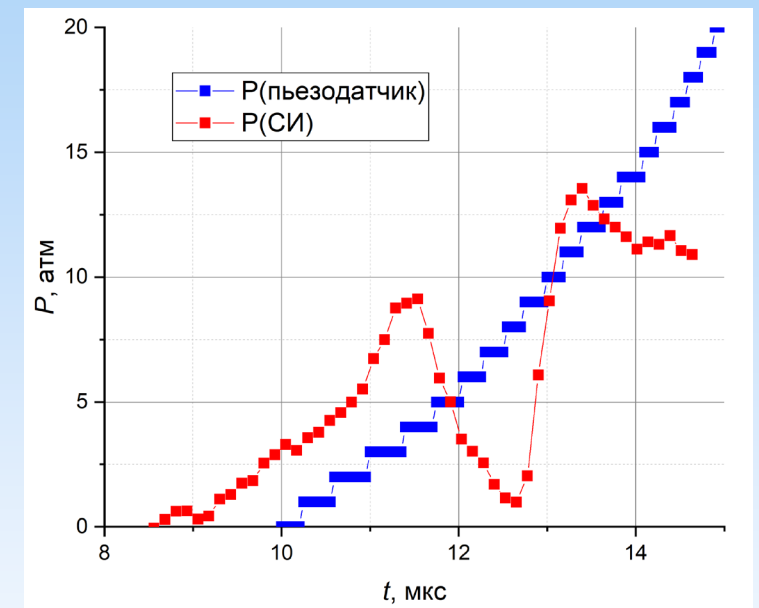
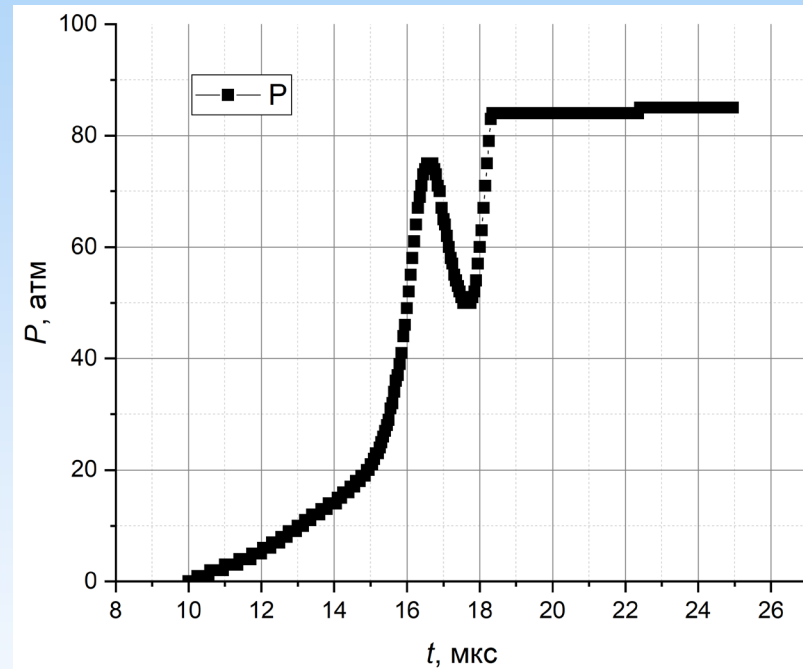
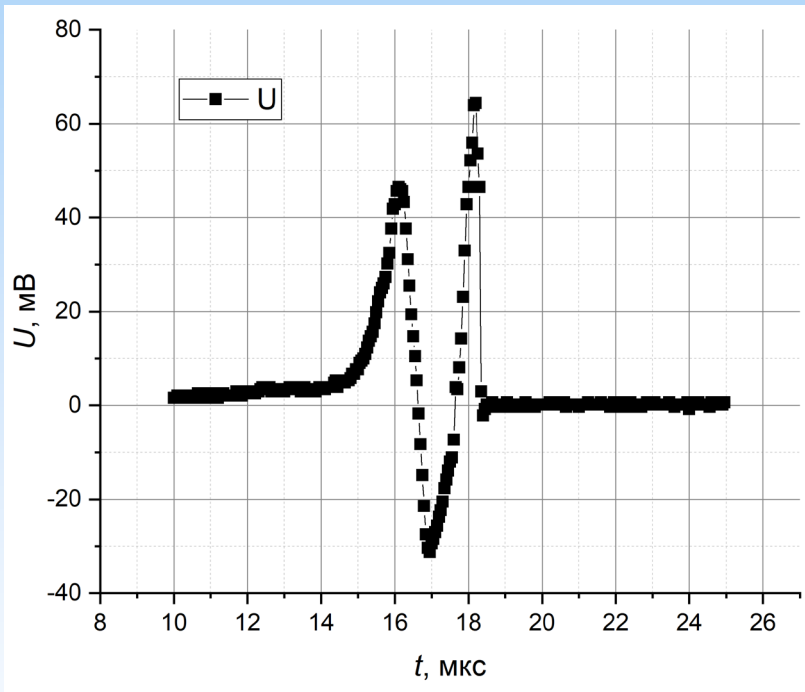
Постановка 1546. Сравнение зависимости удельной массы от времени, измеренными методиками СИ и ЛГМ



Постановка 1547. Сравнение зависимости удельной массы от времени, измеренными методиками СИ и ЛГМ



Динамика показаний пьезодатчика



Постановка 1547. Запись с пьезодатчика

Постановка 1547. Сравнение давления пылевого потока, измеренного с помощью пьезодатчика и посчитанного по данным с СИ



Заключение.



- Было выполнено измерение динамики распределения плотности пылевого облака методом радиографии СИ и индикаторным методом с использованием лазерной системы ЛГМ. Также было зарегистрировано распределение давления пылевого потока с помощью пьезодатчиков.

Показано, что использование СИ для измерения динамики движения пылевого потока **является самым чувствительным и способным регистрировать быстрые изменения плотности**, что не наблюдалось в индикаторном методе (с использованием ЛГМ) и в пьезодатчиках.



*Thank you
for your attention!*

*Благодарю
за внимание всех,
кто дослушал до конца!*



Ударно-волновое пыление

Исследование экстремального состояния вещества

Давление ~ 1 млн. атм,
температура ~ 1 – 100 млн
град.

**Характерный пример – взрыв
(детонация) мощных ВВ.**

Вещество не может находиться долго
в таком состоянии, поэтому нужны
быстрые методы диагностики.

Исследование «Пыления» - это одно
из направлений развития быстрой
диагностики



М. А. Лаврентьев.