



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

# Применение метода возмущений для определения упруго-пластических свойств вещества

XVII Международная конференция «Забабахинские научные чтения», г. Снежинск

*А. Ю. Федоров, А.В. Красильников, А. А. Гранский, А. О. Токманцев,*

*Д.А. Смирнов, М.Р. Сулейманов, Ф.И. Тарасов*

22 мая 2025 г.



## Введение

Одним из экспериментальных методов исследования сдвиговой прочности в твердых средах является метод возмущений\*. Суть метода заключается в нанесении периодических возмущений на поверхности исследуемого образца и его последующем импульсном нагружении. Развитие возмущений в процессе движения регистрируется рентгенографическим и протонографическим методами и др., позволяющими определять положение исследуемой поверхности на различные моменты времени.

В настоящей работе регистрация динамики развития возмущений осуществлялась лазерно-гетеродинной методикой, которая позволяет получить непрерывный профиль скорости свободной поверхности нагружаемого образца. Получаемые экспериментальные данные по развитию возмущений используются для калибровки прочностных моделей материалов.

\*Lebedev A.I., Nizovtsev P.N., Raevsky V.A., Soloviov V.P. Rayleigh – Taylor instability in strong substances: calculated experimental studies of instability in titanium// Marsrille: Inst. Univ. Des Syst. Thermiques Industr., 1997. P. 307-311

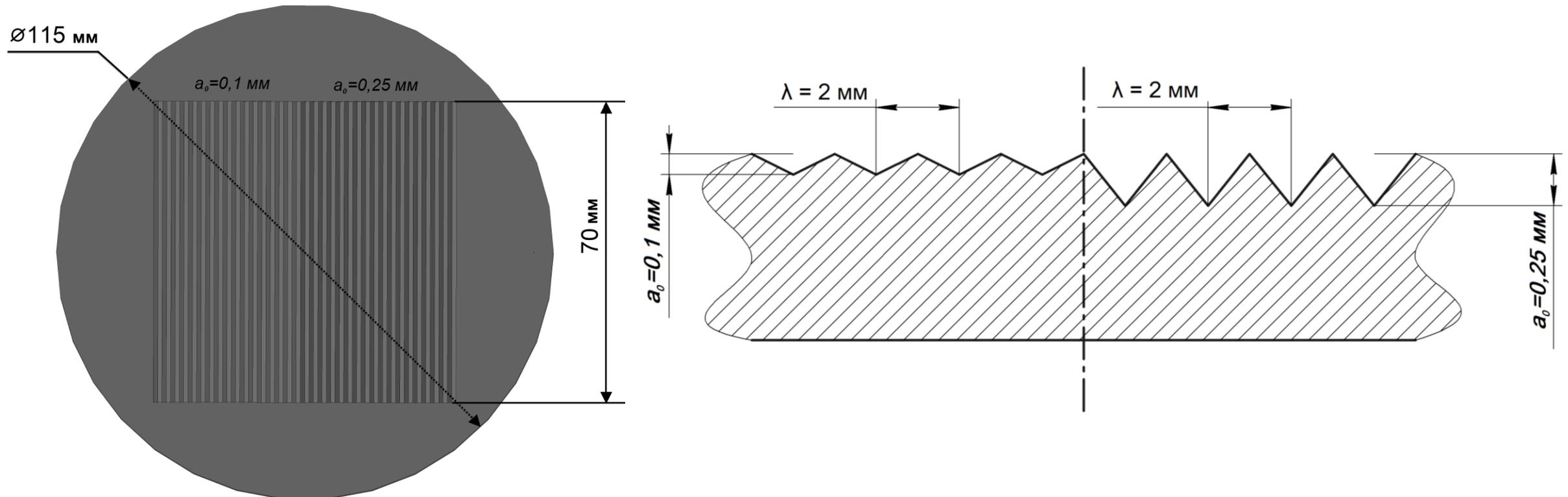
Дреннов О.Б., Михайлов А.Л., Огородников В.А. О задании и эволюции локальных (периодических) возмущений в экспериментах по исследованию неустойчивости Рэлея-Тейлора в средах с прочностью // ПМТФ. 2000. Т. 21. № 2. С. 171-176

Невмержицкий Н.В. Гидродинамические неустойчивости и турбулентное перемешивание веществ. – М.: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2018. – 246 с.

# Постановка экспериментов. Исследуемые образцы.



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

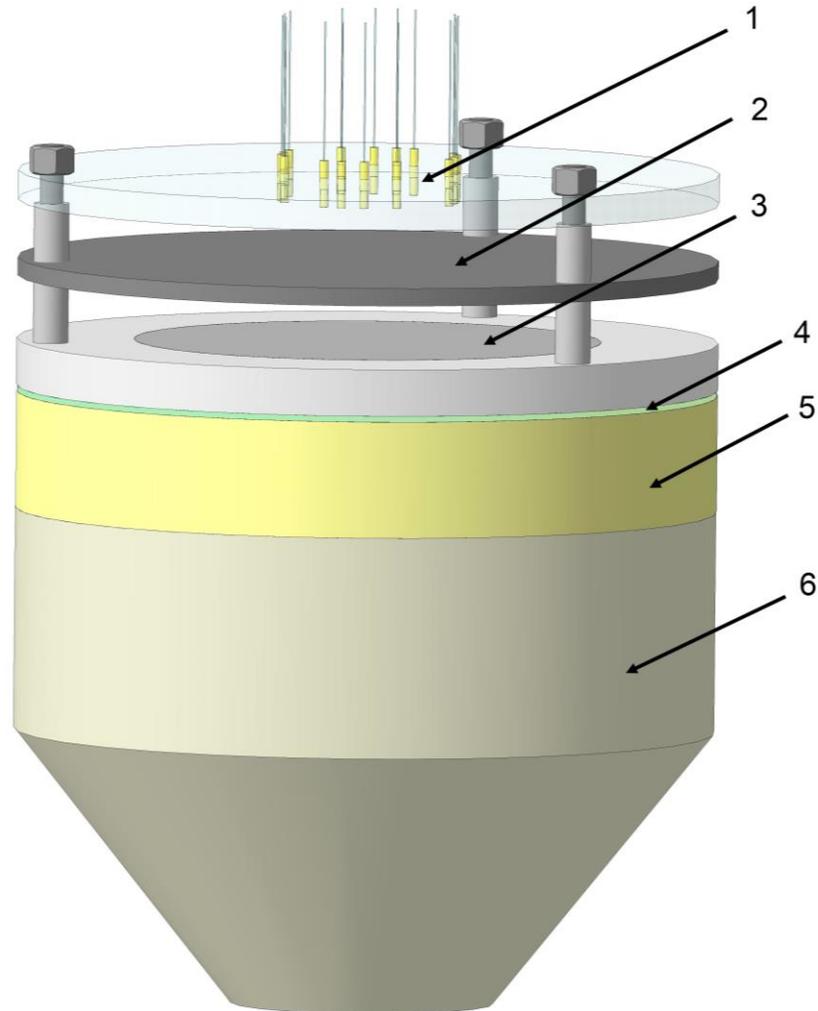


Материалы образцов: медь марки М1 и сталь марки 12Х18Н10Т

# Постановка экспериментов. Экспериментальный узел.



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ



- 1 – коллиматоры методики ЛГМ;
- 2 – исследуемый образец;
- 3 – ударник  $\text{Ø}80 \times 4$  мм;
- 4 – кольцо 1 мм (оргстекло);
- 5 – заряд ВВ на основе октогена;
- 6 – линзовая фокусирующая система.

# Постановка экспериментов. Схемы зондирования.



РФАЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

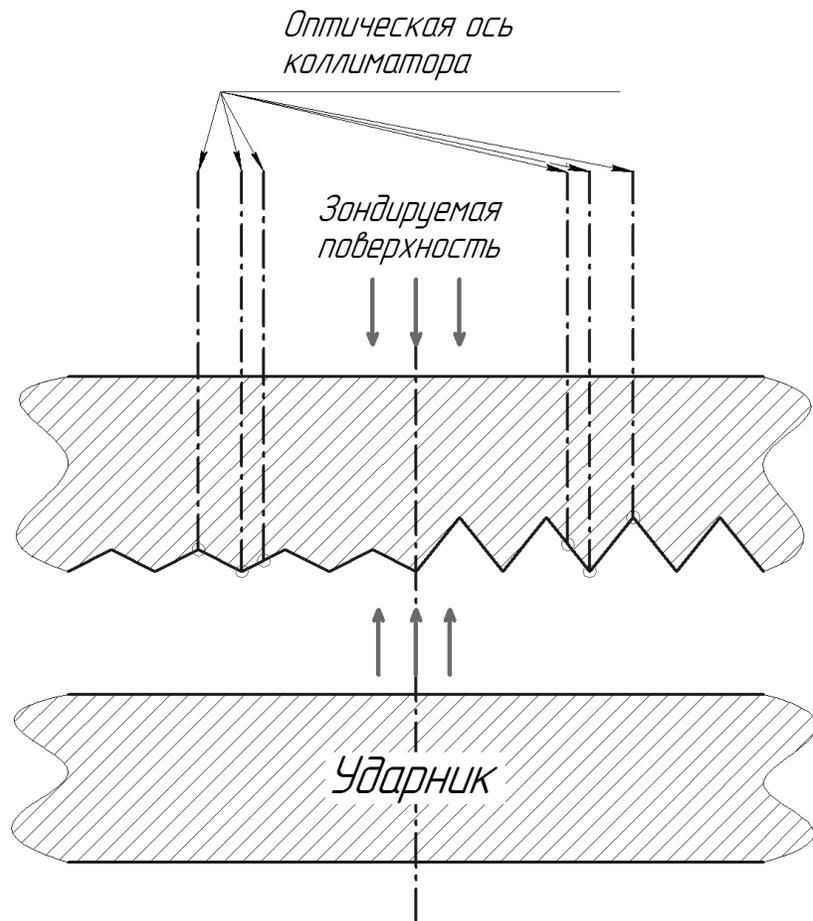


Схема №1

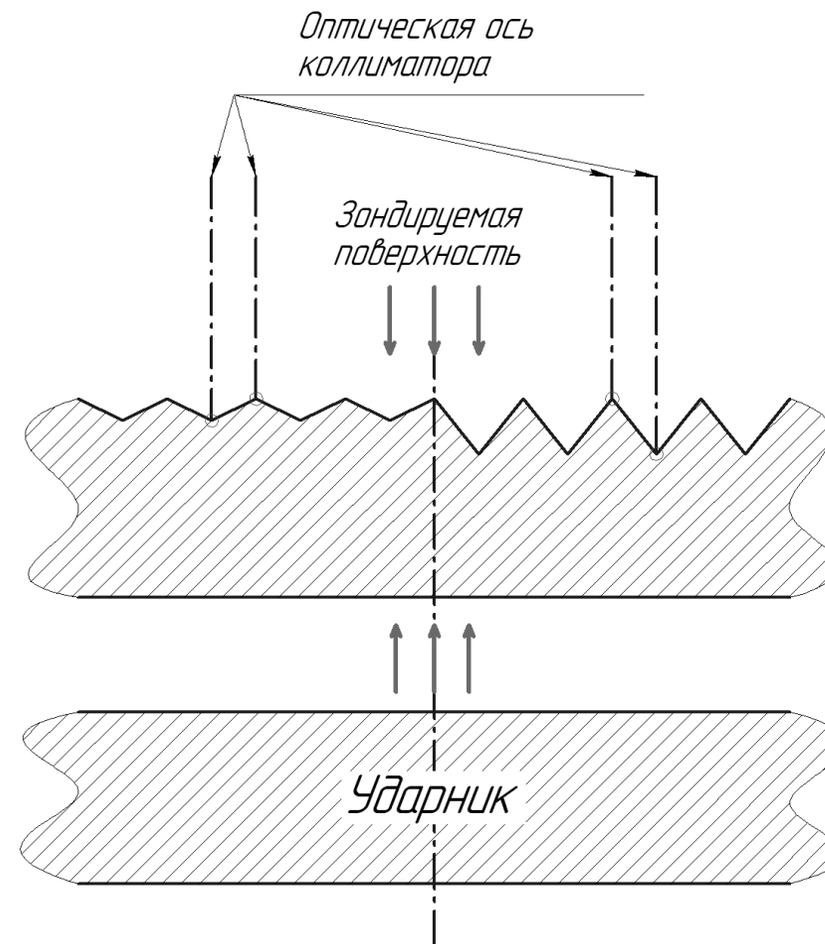
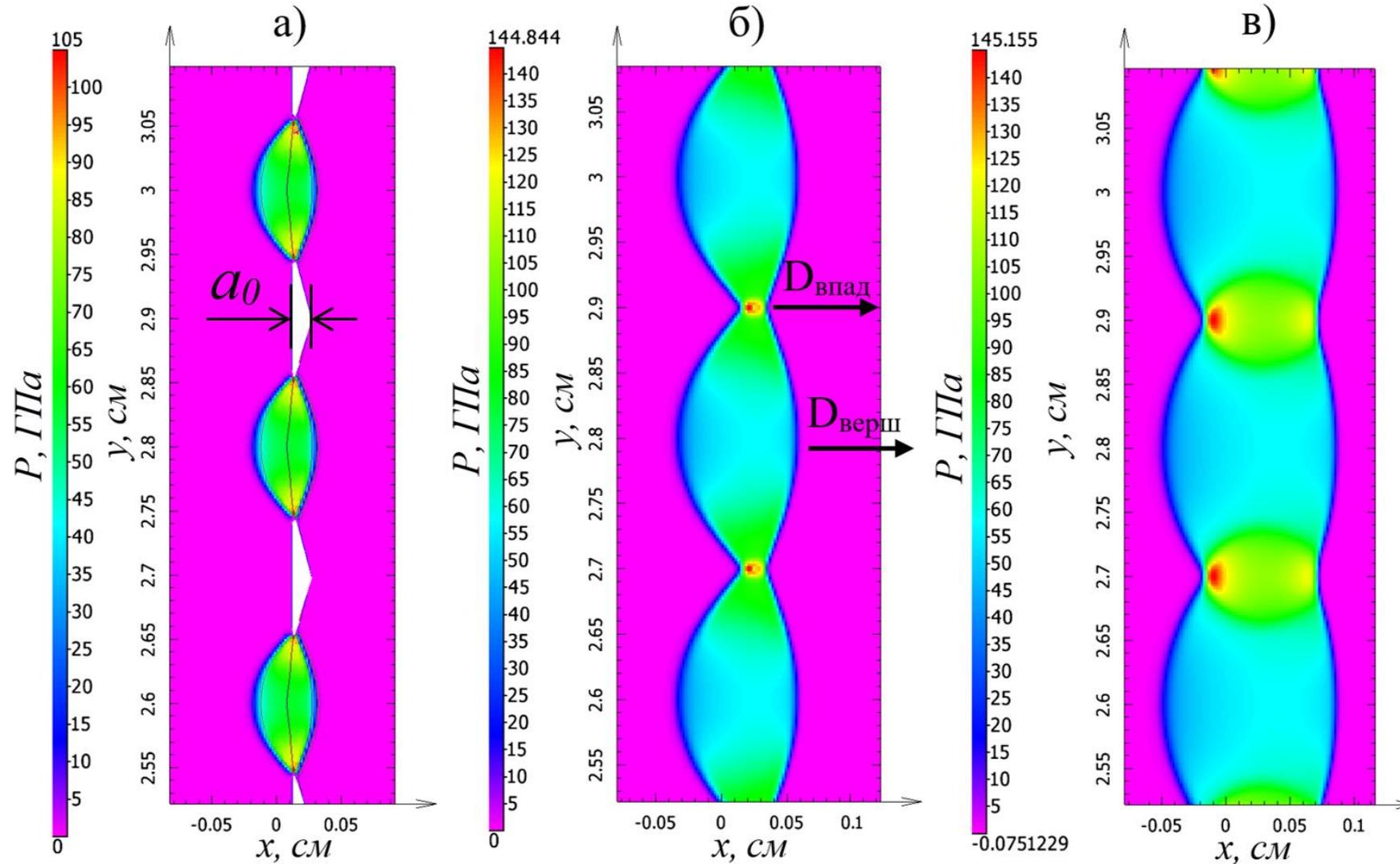


Схема №2

# Эволюция возмущений фронта УВ в образце в эксперименте по схеме №1



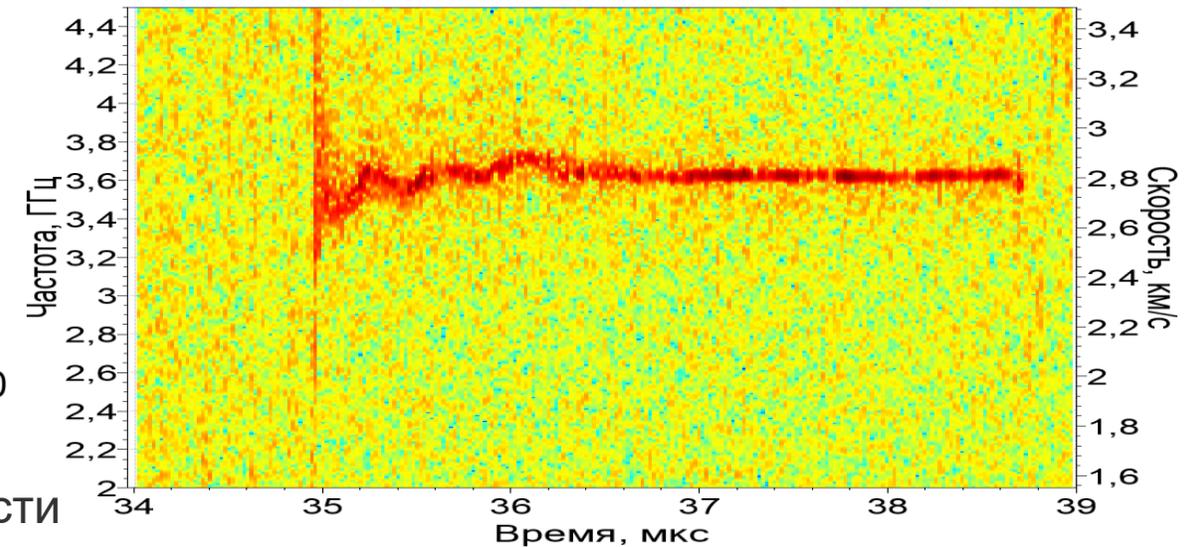
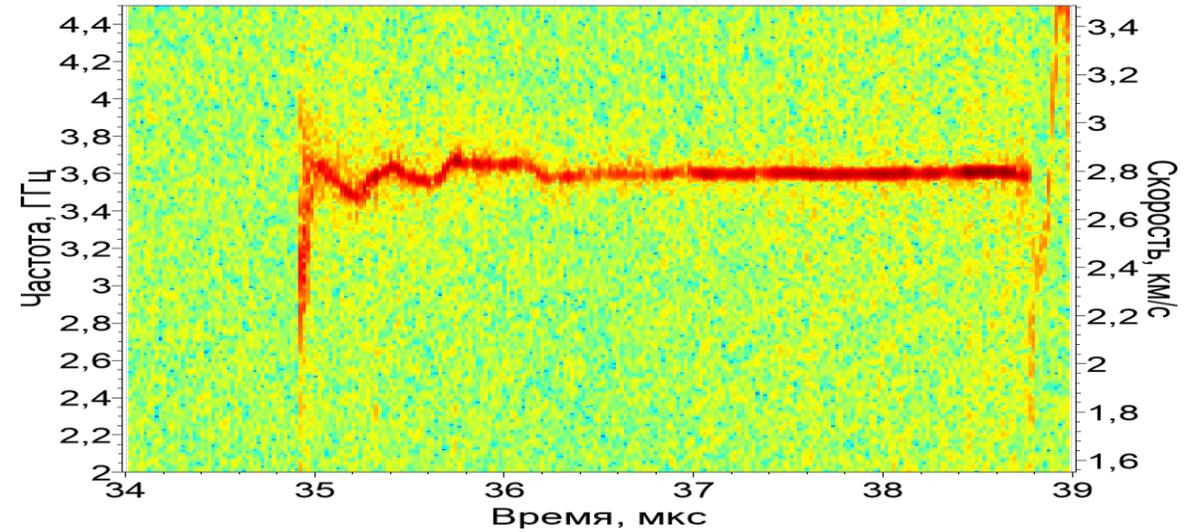
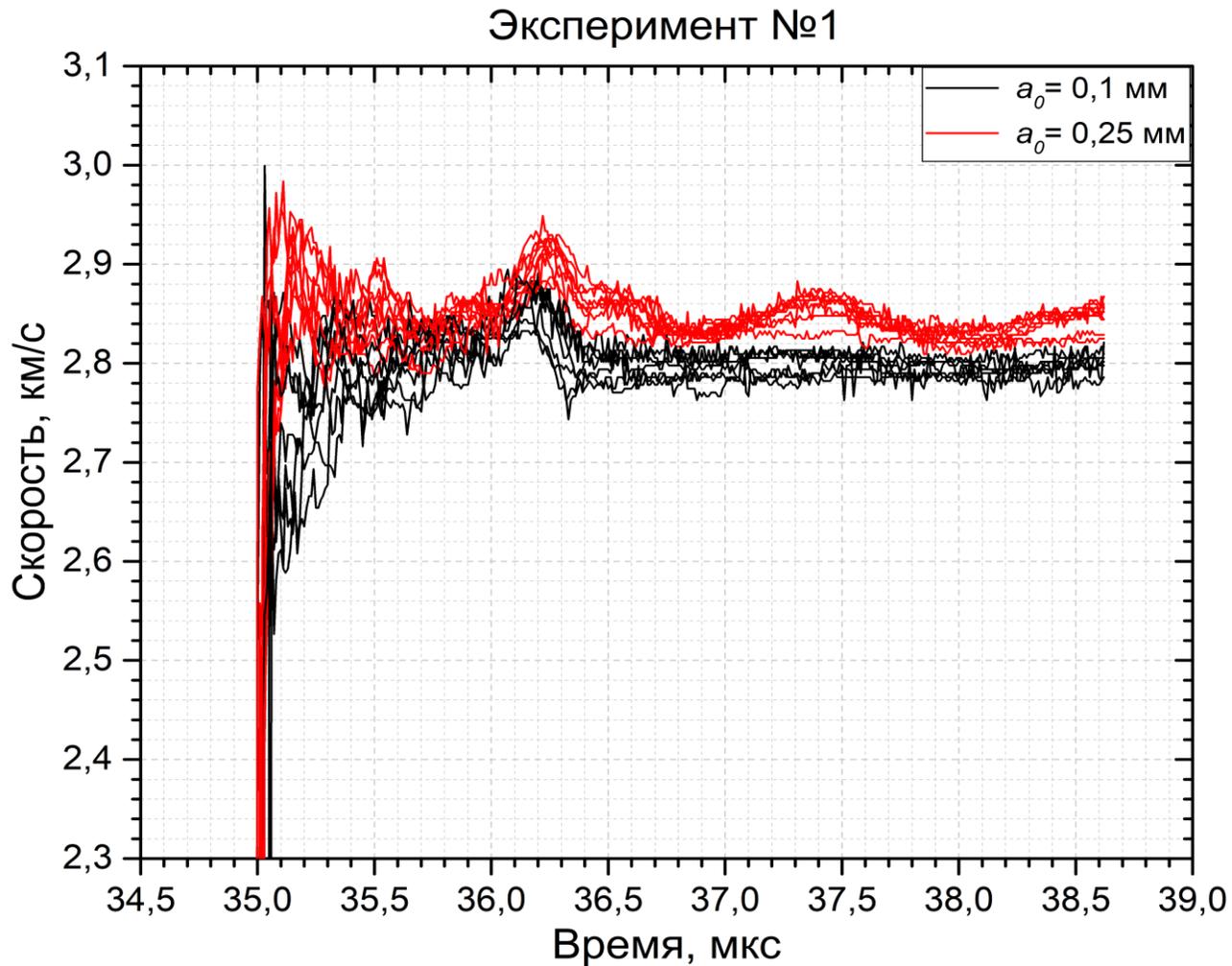
РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ



# Результаты. Эксперимент №1 с образцом из меди по схеме №1.



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

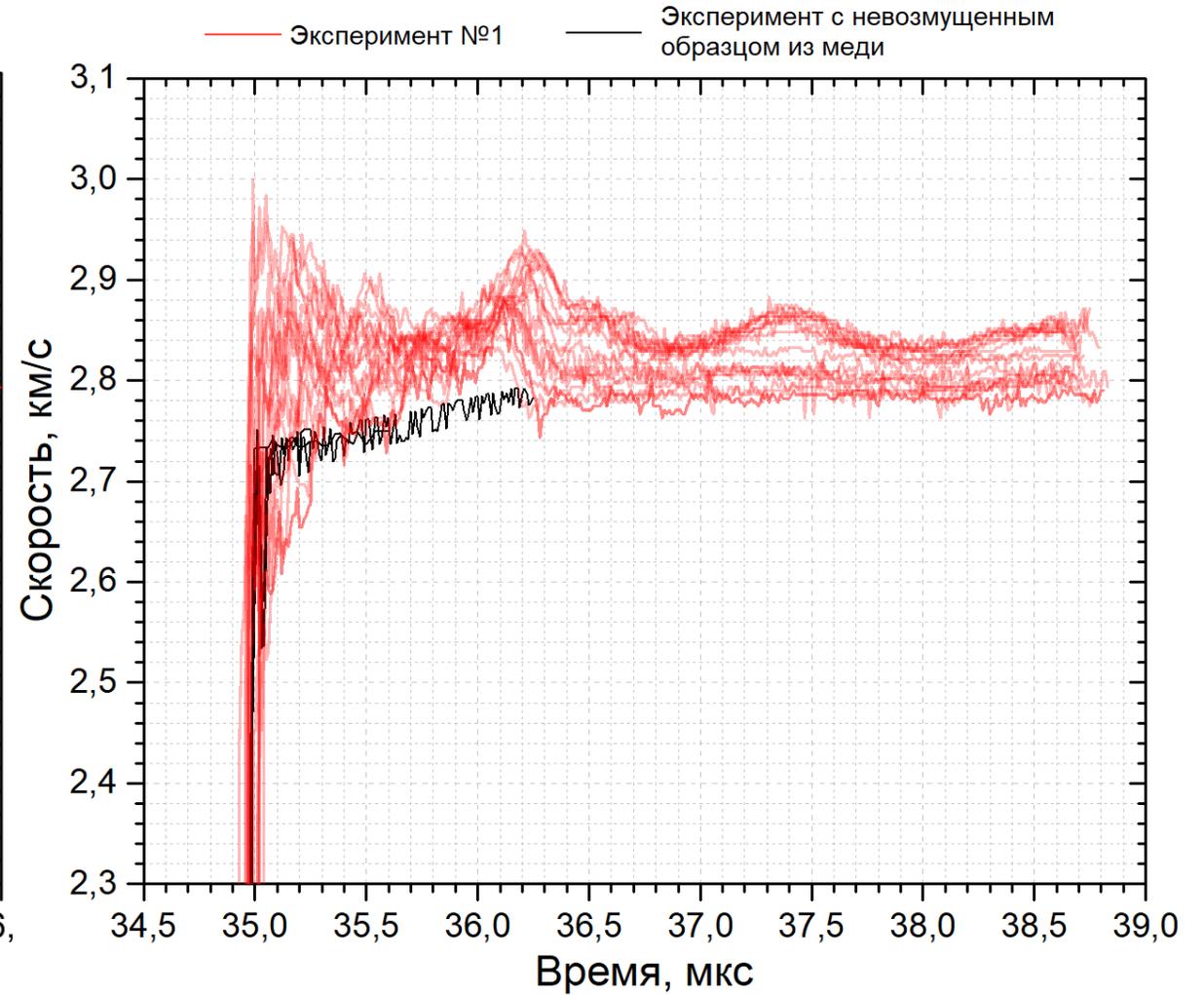
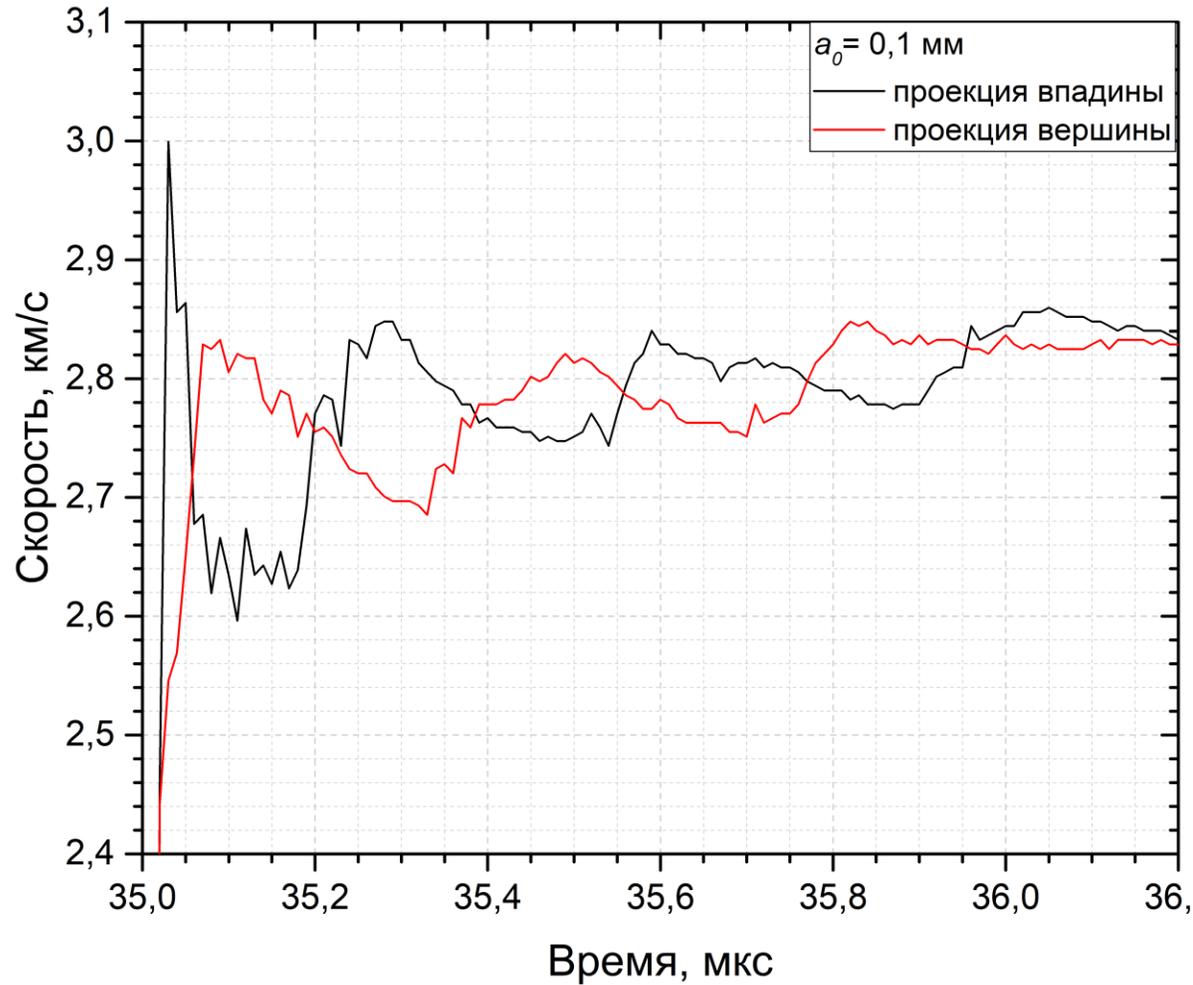


Сводный график зарегистрированных профилей скорости

# Результаты. Эксперимент №1 с образцом из меди по схеме 1.



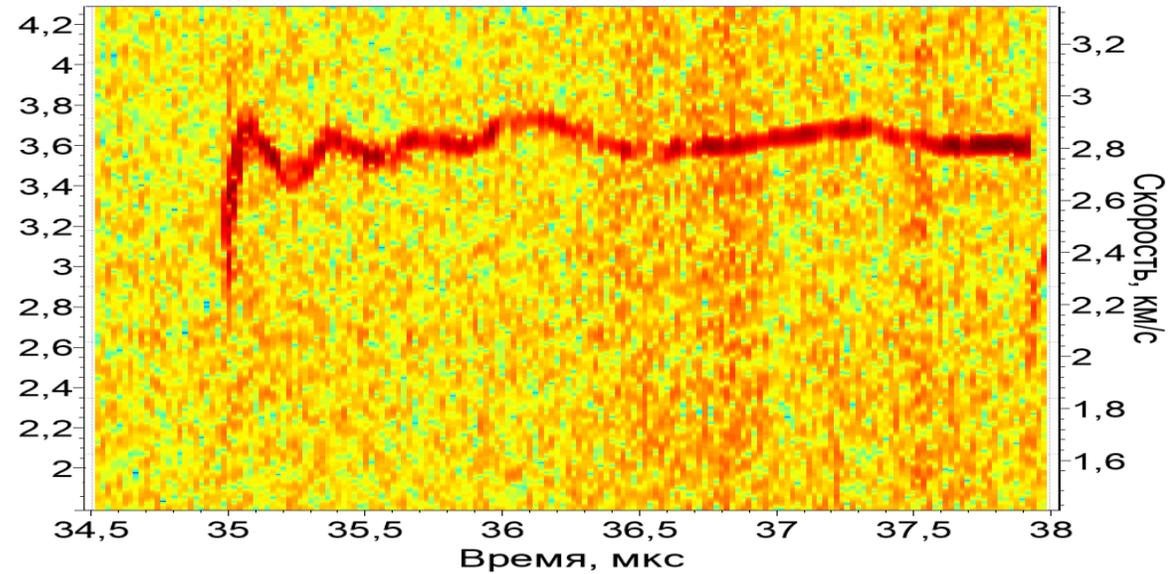
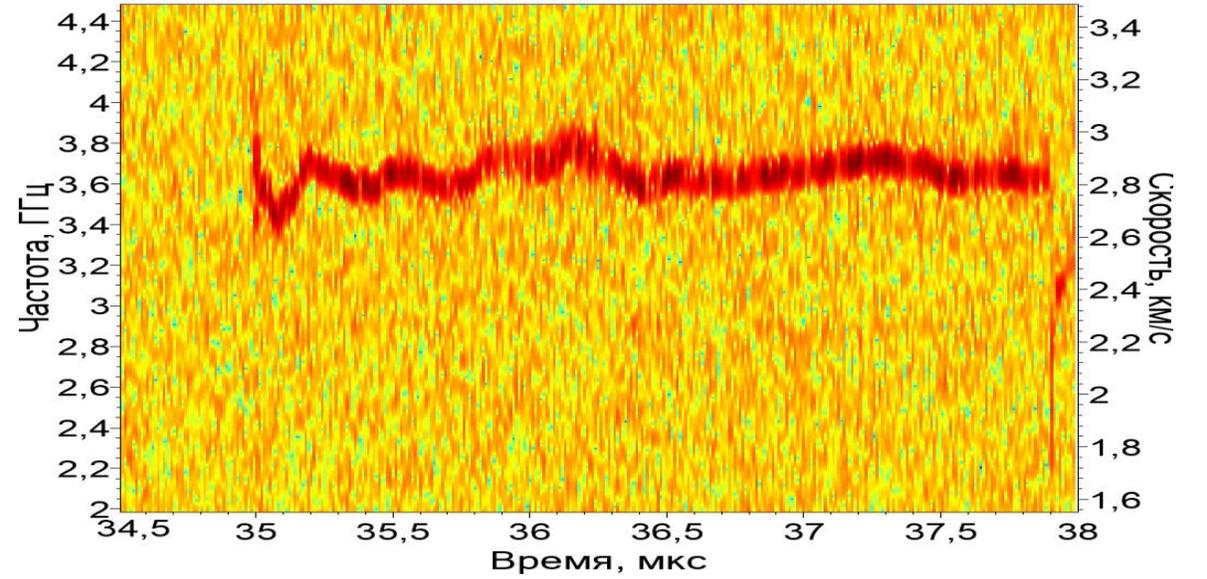
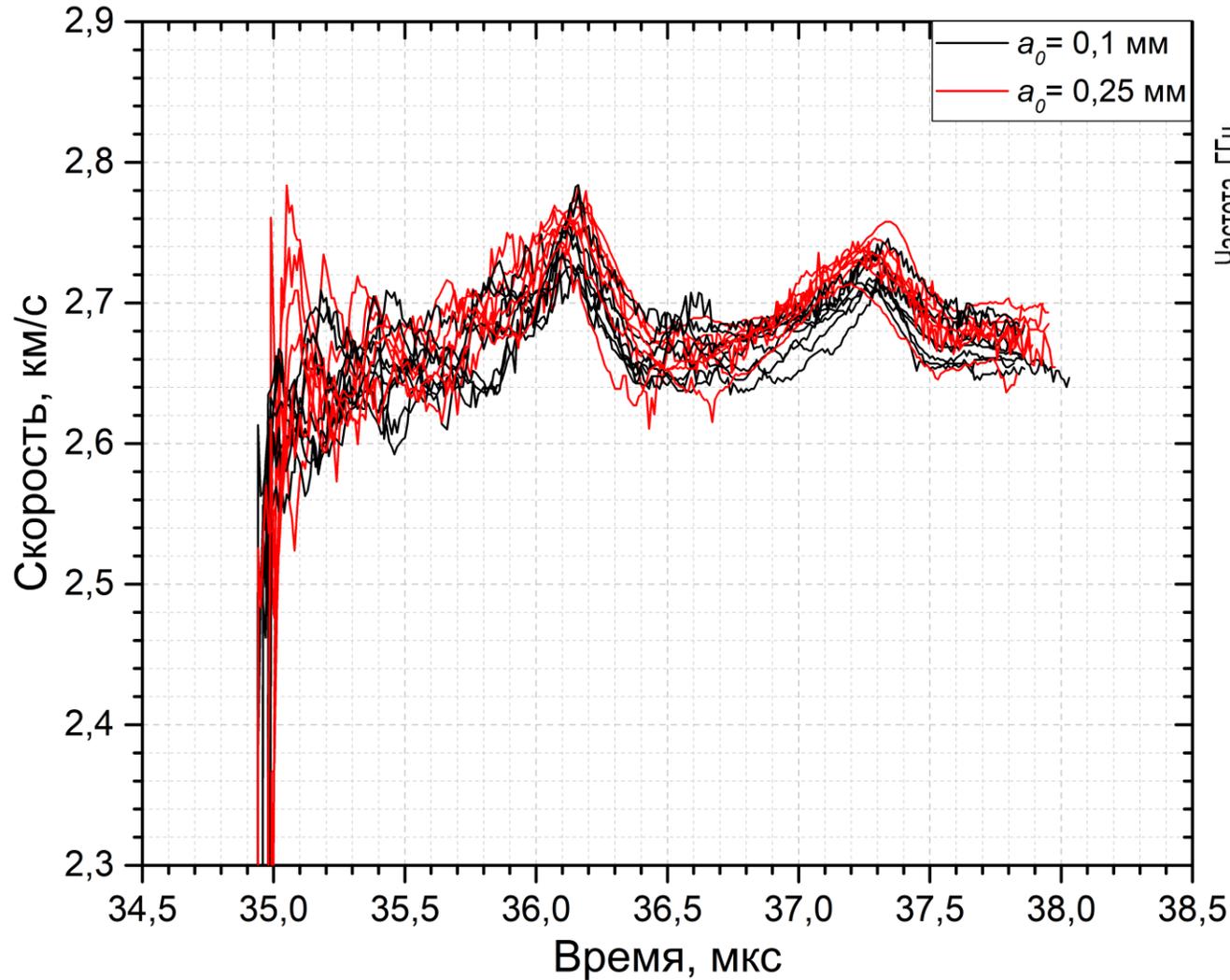
РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ



# Результаты. Эксперимент №2 с образцом из стали 12Х18Н10Т по схеме №1.



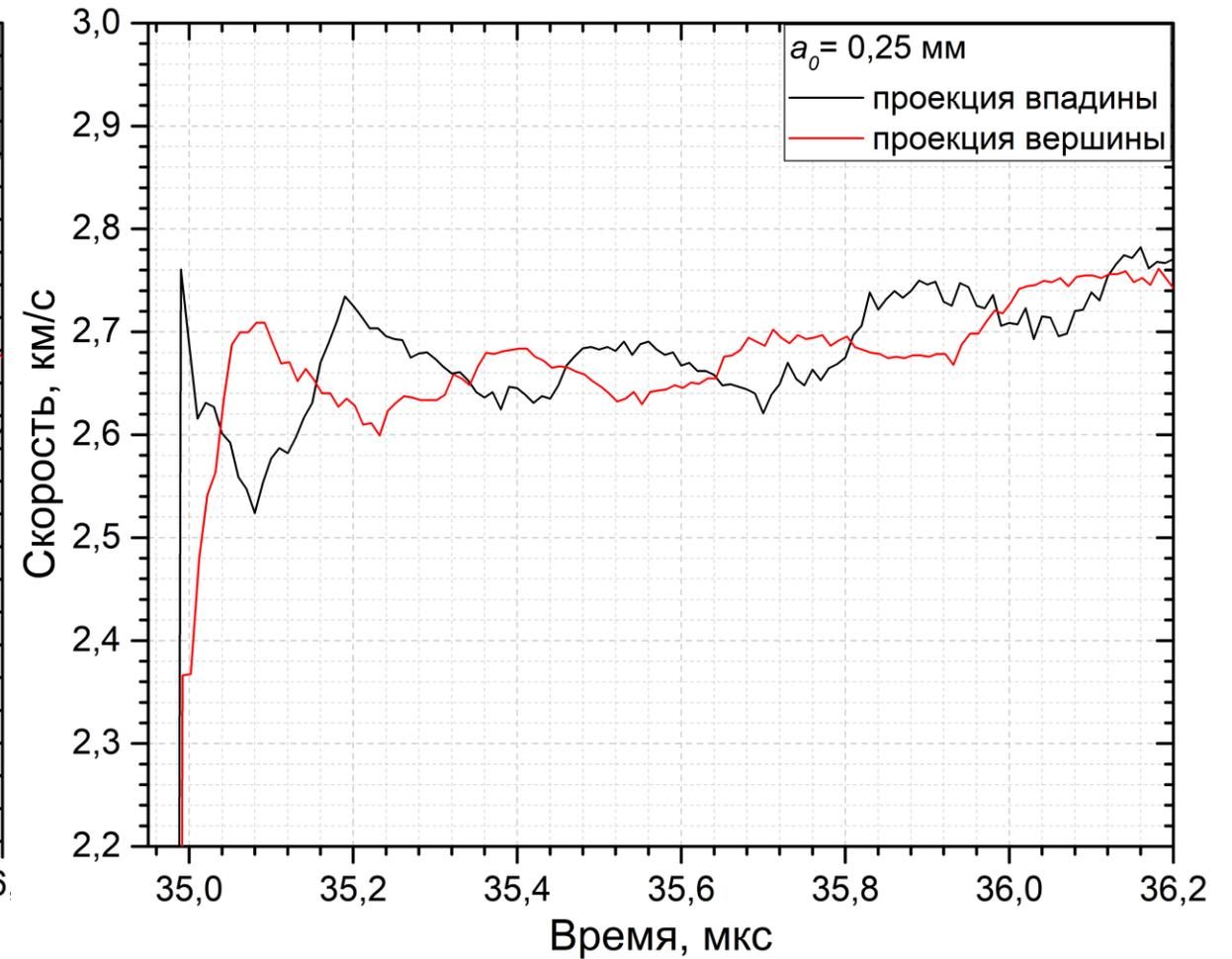
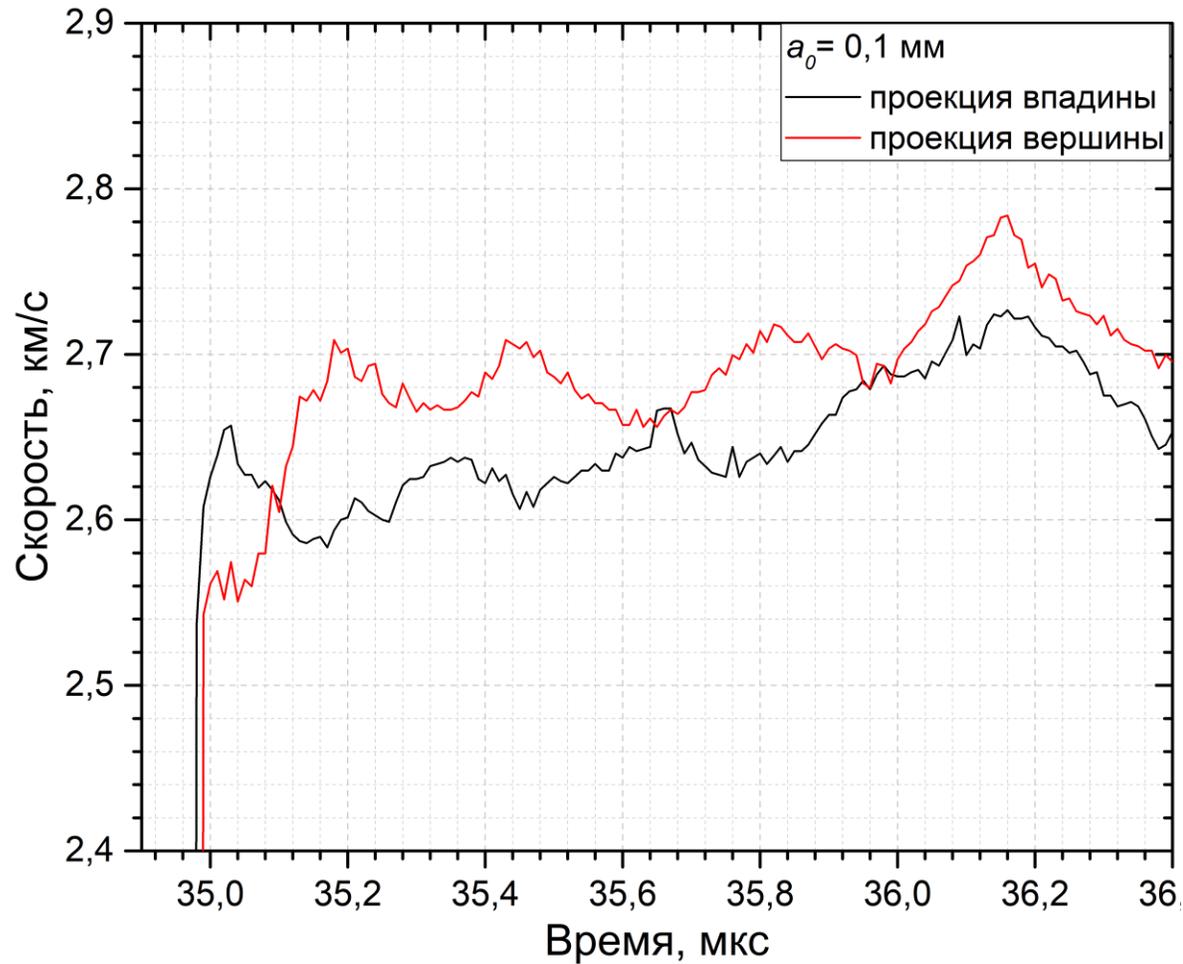
РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ



# Результаты эксперимента. Эксперимент №2 с образцом из стали 12Х18Н10Т по схеме №1.



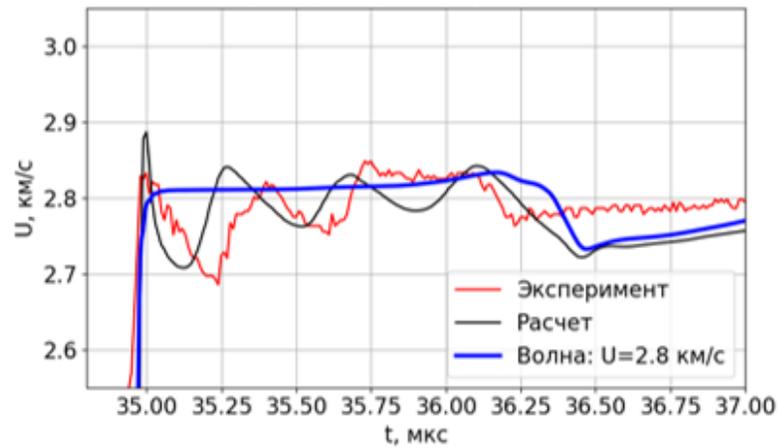
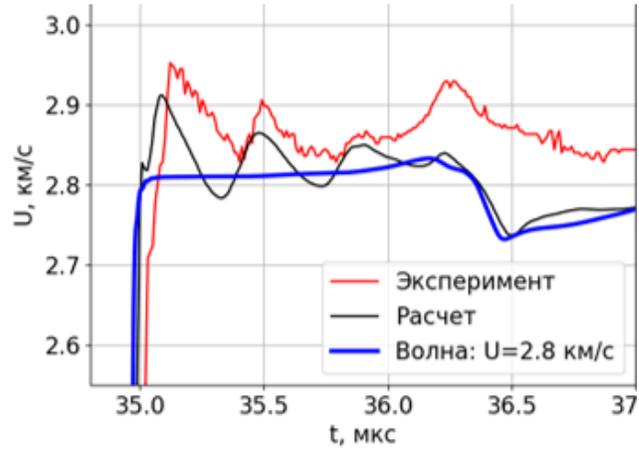
РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ



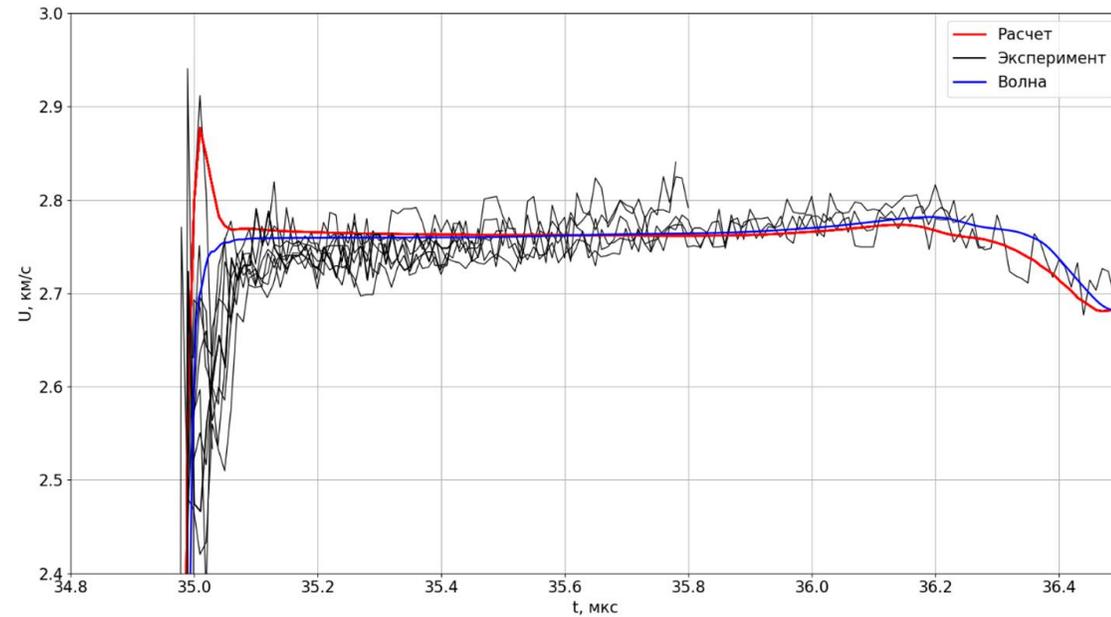
# Сохранение двумерности течения в опытах с возмущениями



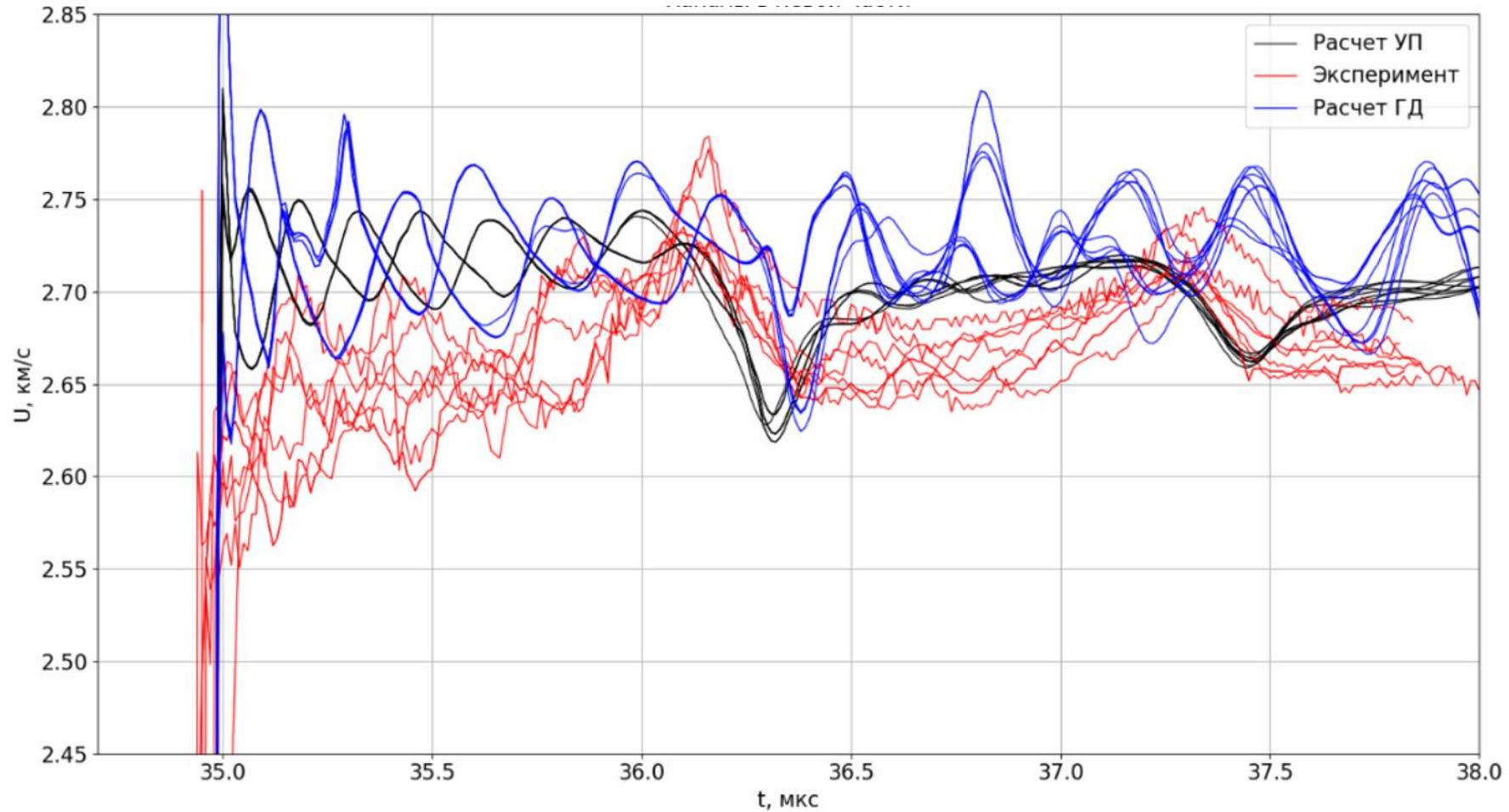
## ОПЫТЫ С ВОЗМУЩЕНИЯМИ



## Опыт без возмущений



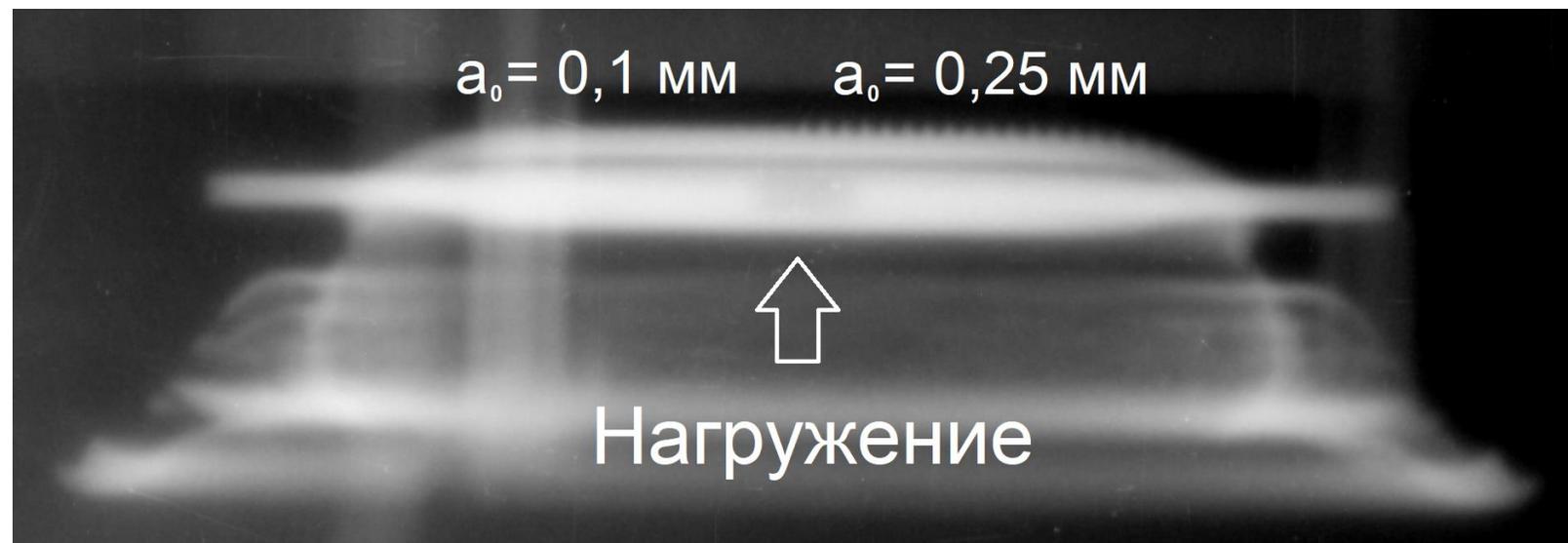
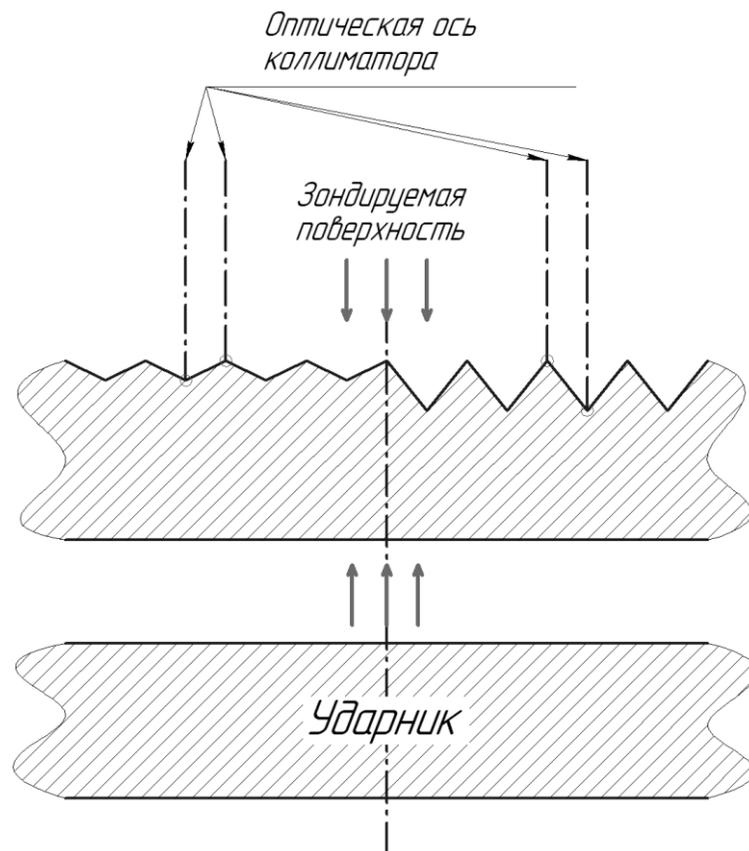
# Влияние сдвиговой прочности на движение СП



# Результаты эксперимента. Эксперимент №3 с образцом из стали 12Х18Н10Т по схеме №2.



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

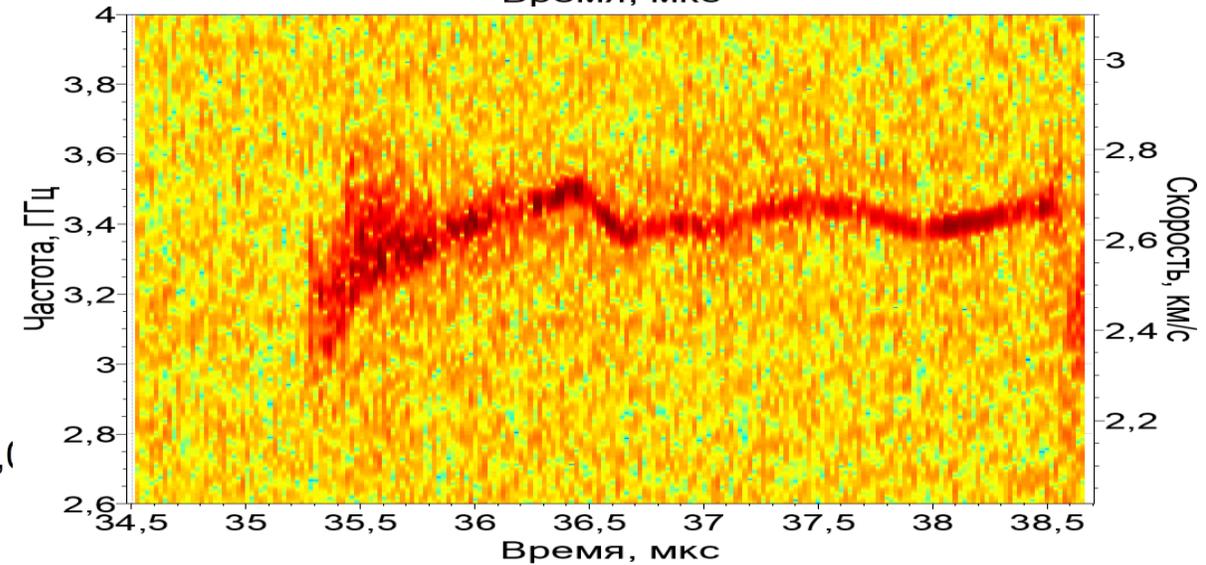
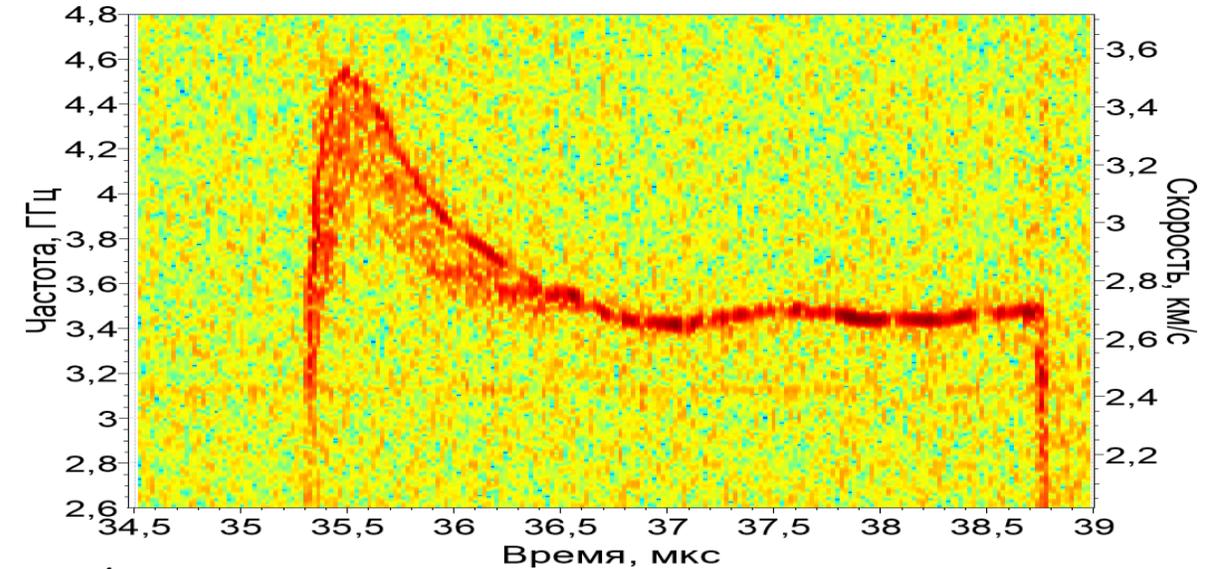
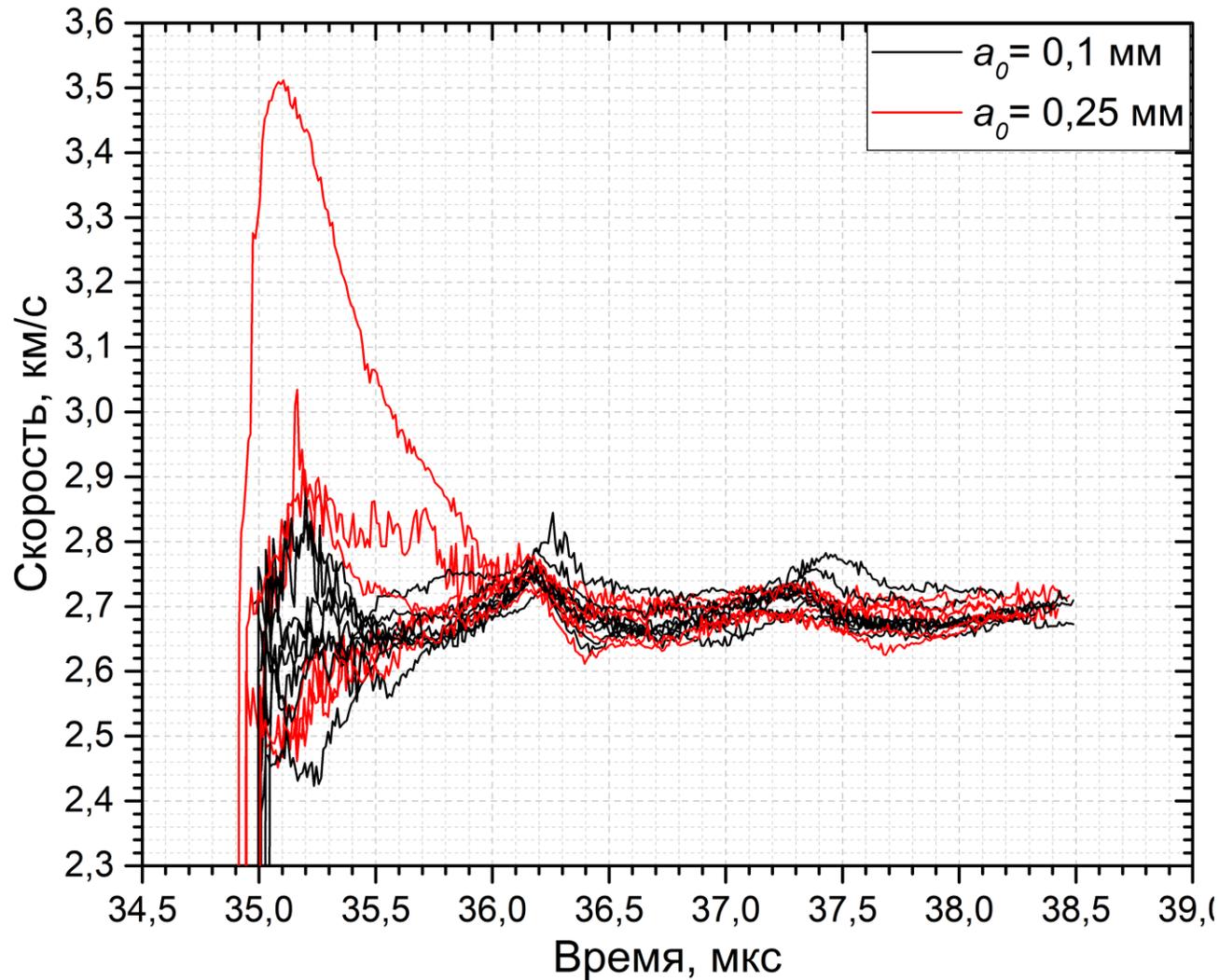


Рентгенограмма, полученная в эксперименте №3,  
на момент времени  $t=37,1$  мкс

# Результаты эксперимента. Эксперимент №3 с образцом из стали 12Х18Н10Т по схеме №2.



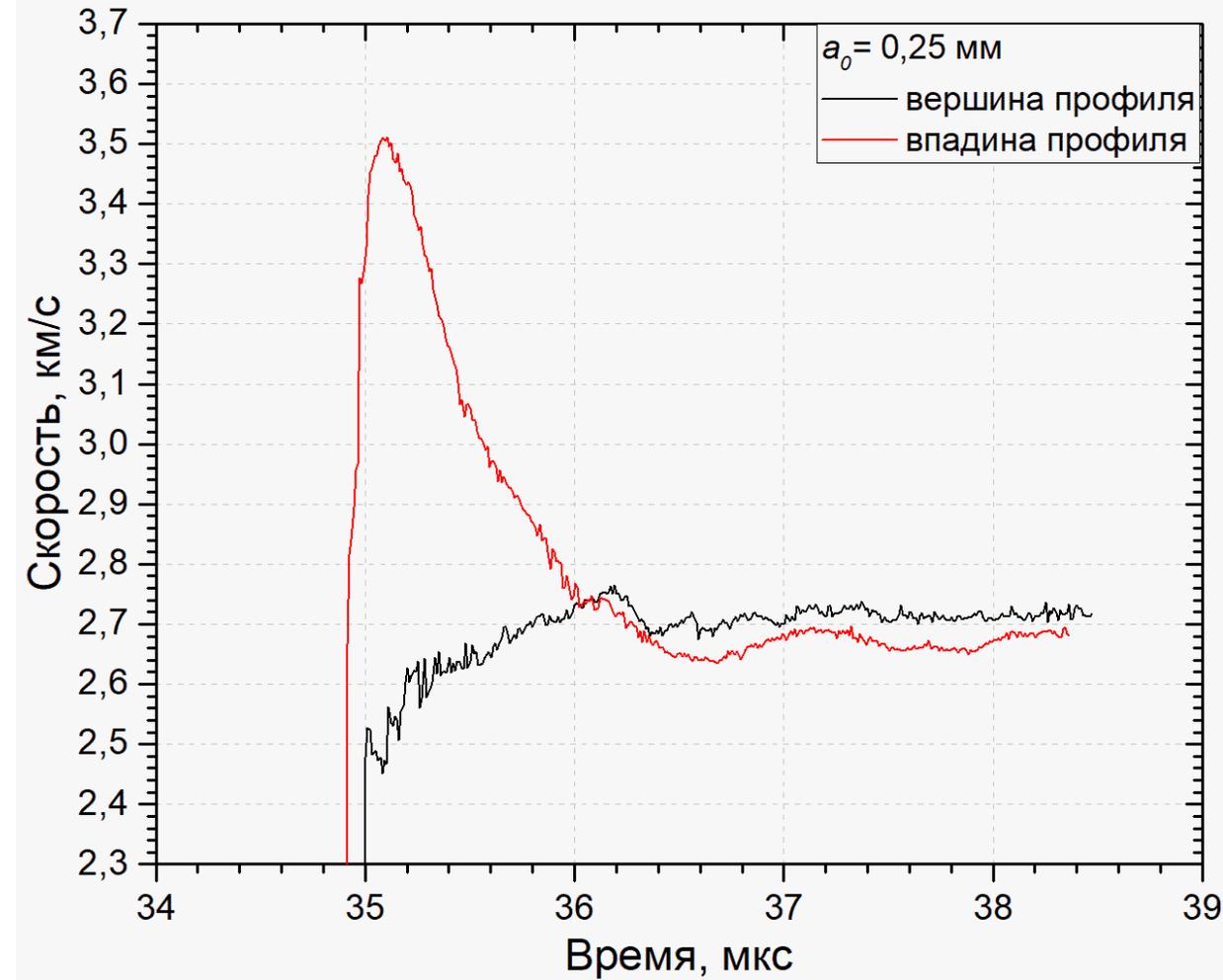
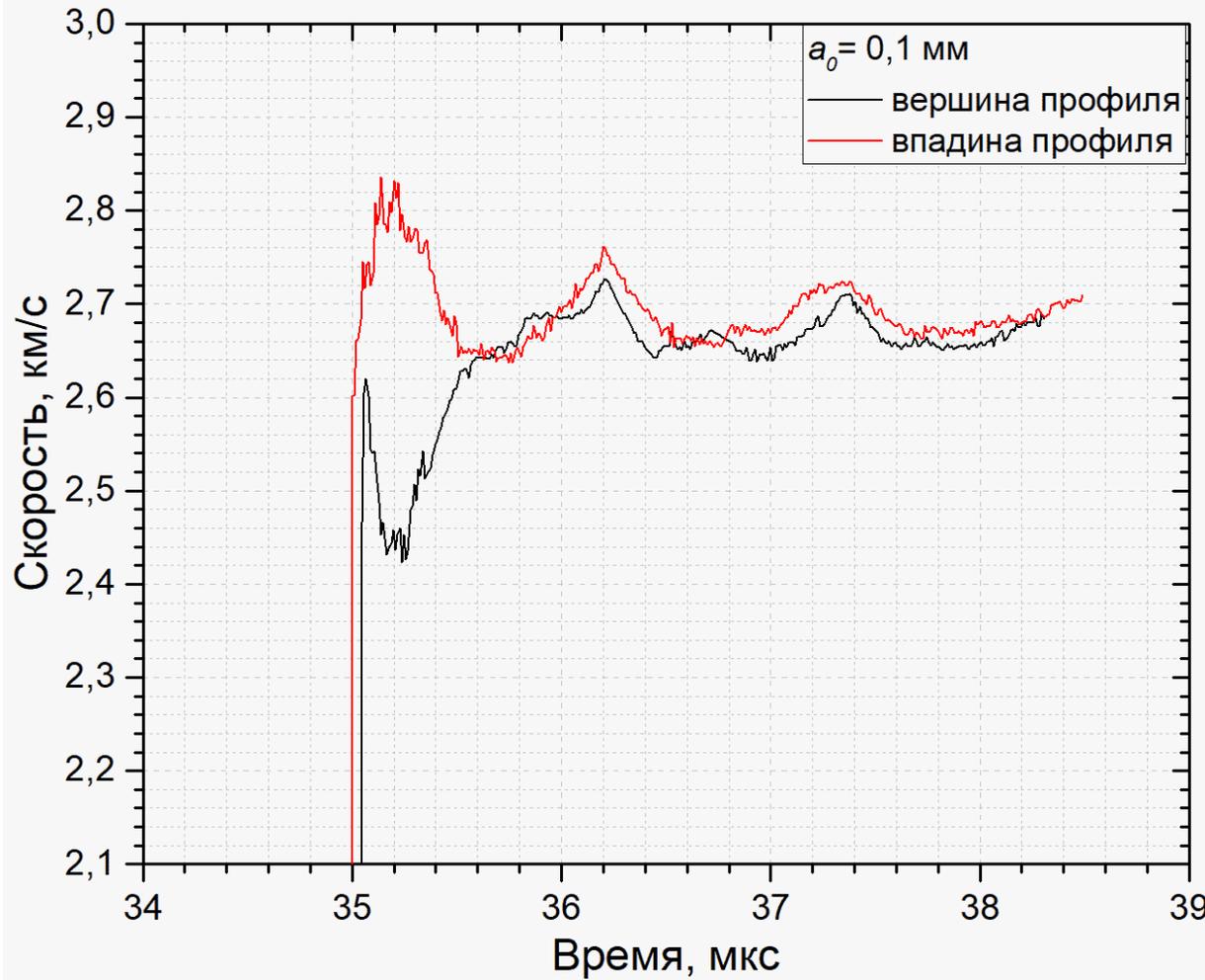
РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ



# Результаты эксперимента. Эксперимент №3 с образцом из стали 12Х18Н10Т по схеме №2.



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

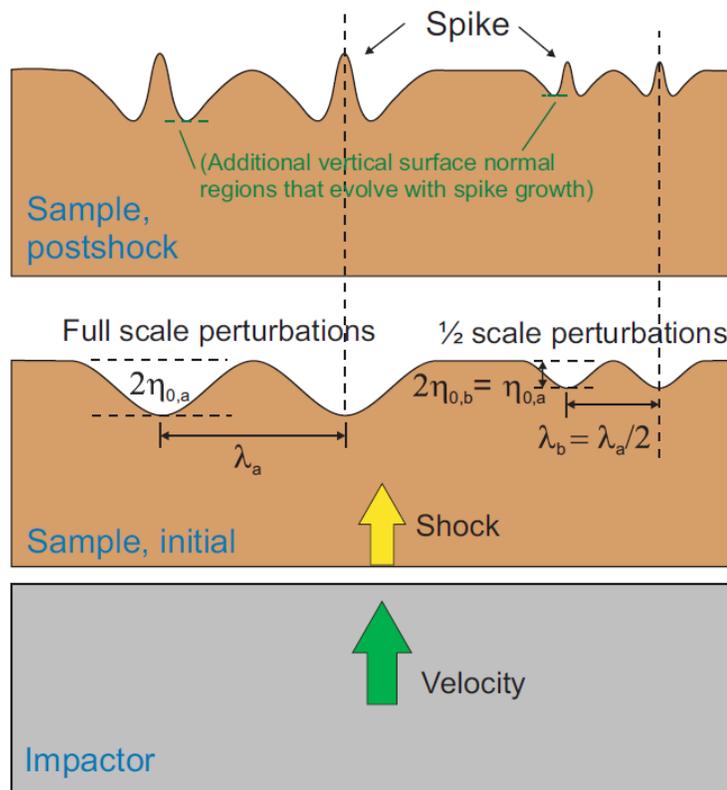


# Результаты эксперимента LANL с медью\*



РФЯЦ-ВНИИТФ  
РОСАТОМ

## постановка опыта

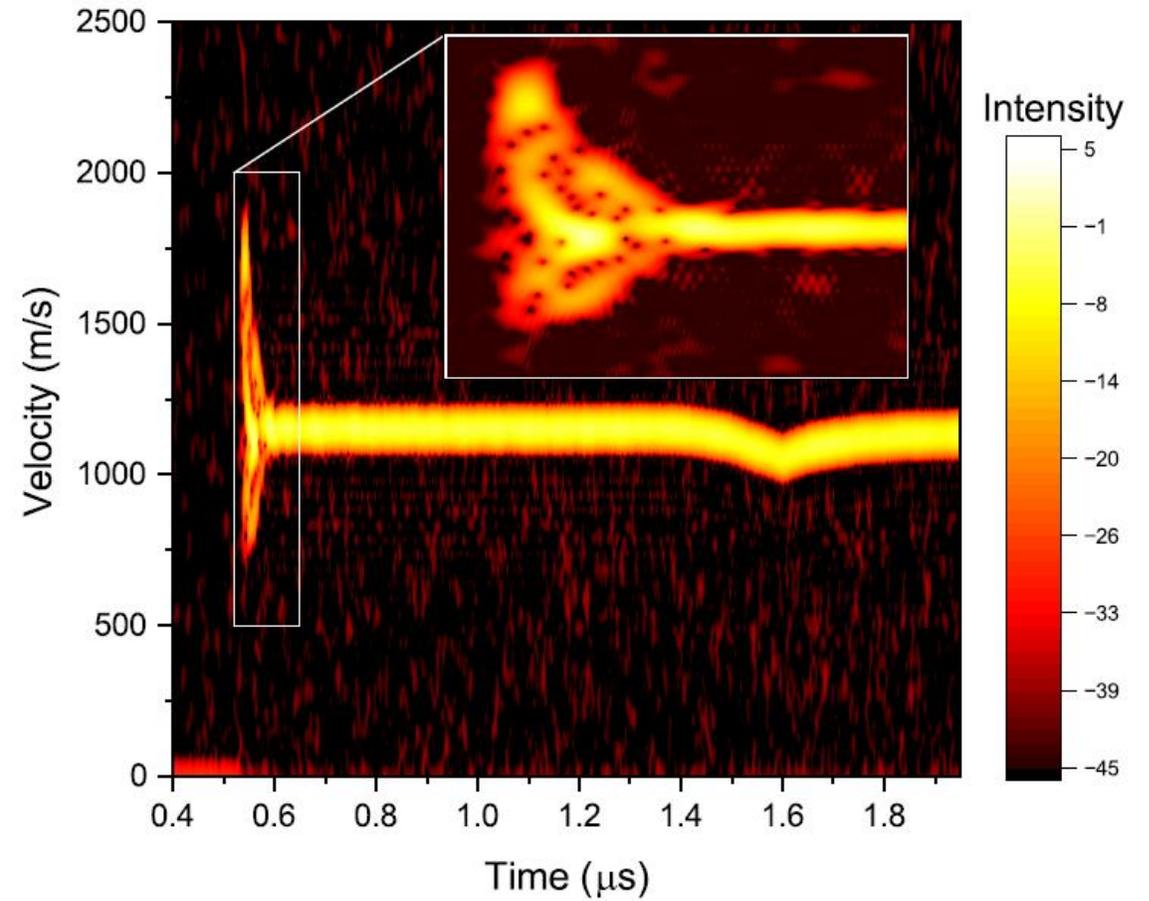


$$a_0 = 6 \text{ мкм}$$

$$\lambda = 65 \text{ мкм}$$

$$W_{Ta} = 959 \text{ м/с}$$

## экспериментальная спектрограмма





## Заключение

Рассмотренная в работе постановка экспериментов по динамическому методу возмущений с применением методики ЛГМ позволила зарегистрировать влияние мелкомасштабных искусственных возмущений на динамику свободной поверхности медных и стальных образцов.

Показано, что пространственно-временная разрешающая способность методики ЛГМ достаточна для получения экспериментальных данных о влиянии сдвиговой прочности вещества на развитие возмущений в процессе ударно-волнового нагружения.

# Спасибо за внимание!

Федоров Антон Юрьевич

РФЯЦ-ВНИИТФ

22.05.2025