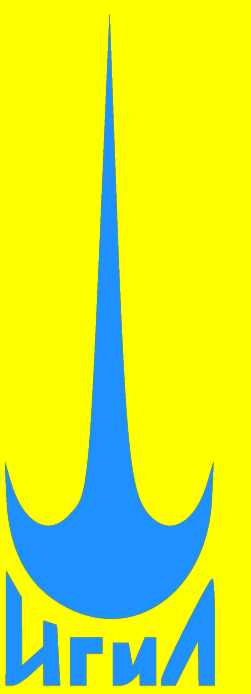




# Восстановление газодинамических характеристик течения при детонации гексанитрогексаазаизовюрцитана по данным рентгеновской томографии синхротронным излучением

И.А. Рубцов<sup>1,3</sup>, Э.Р. Пруэл<sup>1,3</sup>, К.А. Тен<sup>1,3</sup>, А.О. Кашкаров<sup>1,3</sup>,  
С.И. Кременко<sup>1,3</sup>, И.А. Спири<sup>2</sup>, Е.В. Халдеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН  
<sup>2</sup> Российский федеральный ядерный центр – ВНИИ экспериментальной физики  
<sup>3</sup> Новосибирский государственный университет



## Введение

В работе приводятся результаты изучения процессов детонации в пресованных цилиндрических зарядах гексанитрогексаазаизовюрцитана (ГАВ  $C_6H_6N_{12}O_{12}$ ) с использованием синхротронного излучения. Экспериментально полученные данные о распределении плотности на фронте детонации и за ним использовались для реконструкции всех параметров газодинамического потока продуктов взрыва (полей плотности, вектора скорости частиц и давления). Метод восстановления параметров течения основан на численном решении газодинамической задачи, сформулированной в соответствии с условиями эксперимента.

## Постановка экспериментов

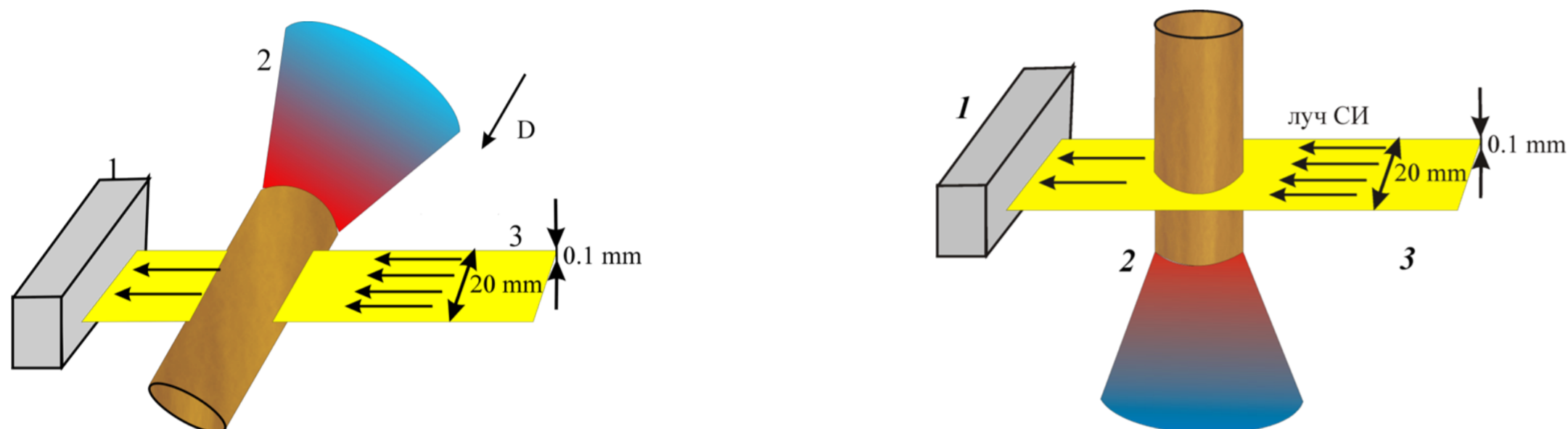


Схема экспериментов по измерению продольного (слева) и поперечного (справа) разлета продуктов детонации конденсированных взрывчатых веществ. 1 - детектор, 2 - исследуемый заряд, 3 - луч СИ.

## Метод восстановления уравнения состояния продуктов детонации

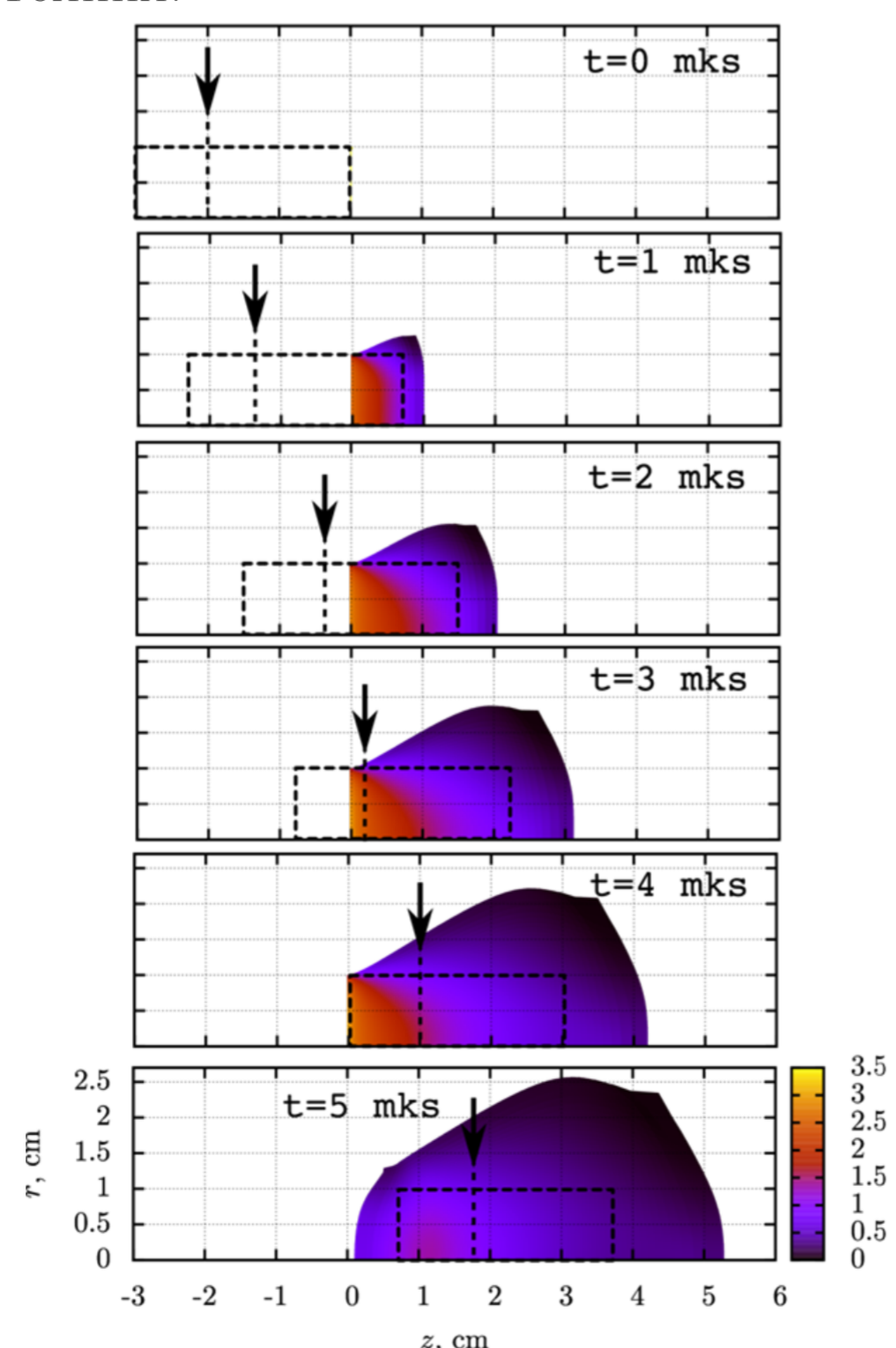
Метод восстановления полей газодинамических характеристик детонационного потока основан на численном решении газодинамической задачи детонационного течения и подборе уравнения состояния продуктов взрыва наилучшим образом соответствующего измеренной в эксперименте рентгеновской тени. При этом, рассматривается задача распространения детонационной волны по заряду конечной длины, с постоянной скоростью и с плоским фронтом детонации. В системе детонационного фронта решается система уравнений газовой динамики, при фиксированном уравнении состояния.

$$\frac{\partial r\rho u}{\partial r} + \frac{\partial r\rho v}{\partial z} = \frac{\partial r\rho}{\partial t}$$

$$\frac{\partial r\rho u^2}{\partial r} + \frac{\partial r\rho uv}{\partial z} + r\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\partial r\rho u}{\partial t}$$

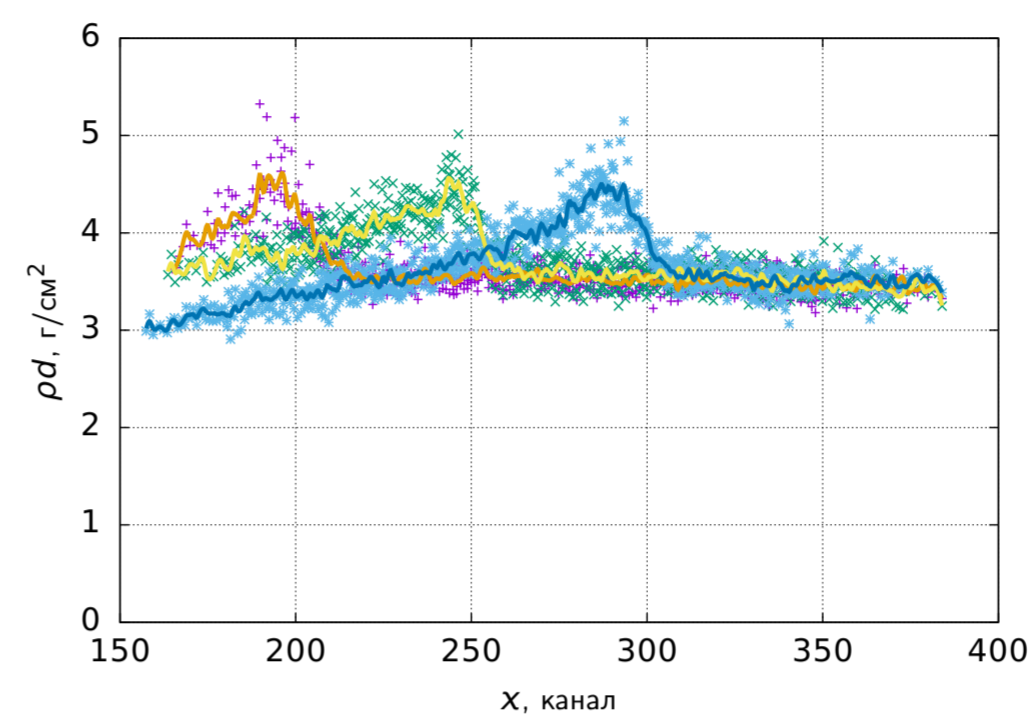
$$\frac{\partial r\rho v^2}{\partial z} + \frac{\partial r\rho uv}{\partial r} + r\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial r\rho v}{\partial t}$$

$$P(\rho) = P_z \left( \frac{\rho}{\rho_z} \right)^{G(\rho)}$$

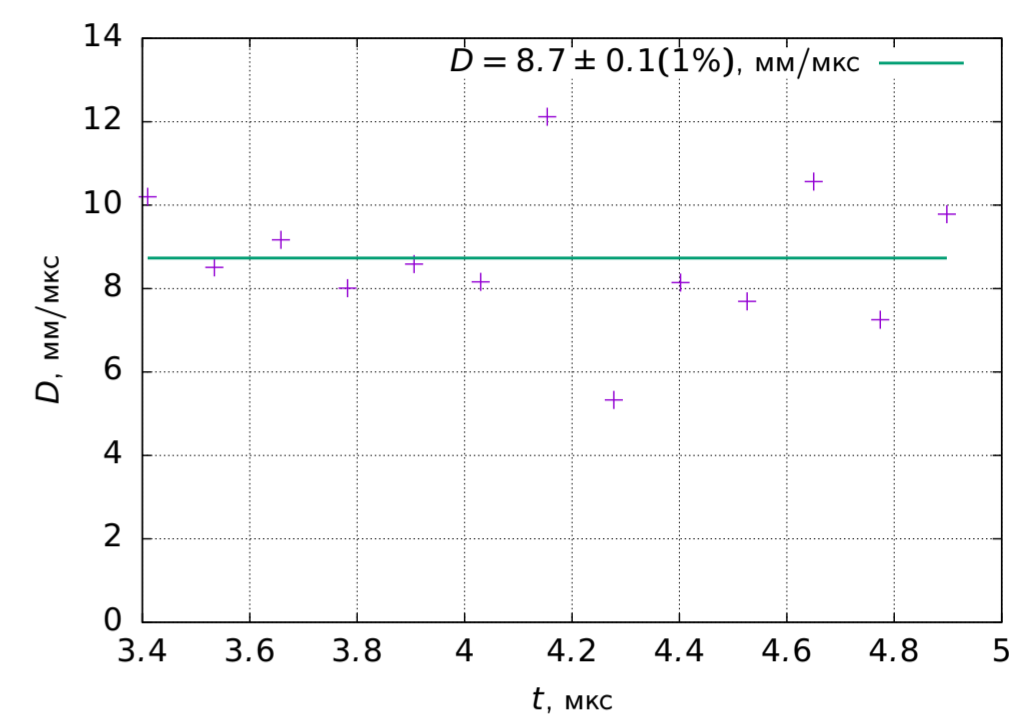


Задача решается численно методом Годунова, в Лагранжевых координатах, распады разрывов считались в акустическом приближении. Характерное количество “подгоночных” параметров – 10, характерное количество расчетов течения –  $10^3-10^4$ .

## Результаты продольных экспериментов

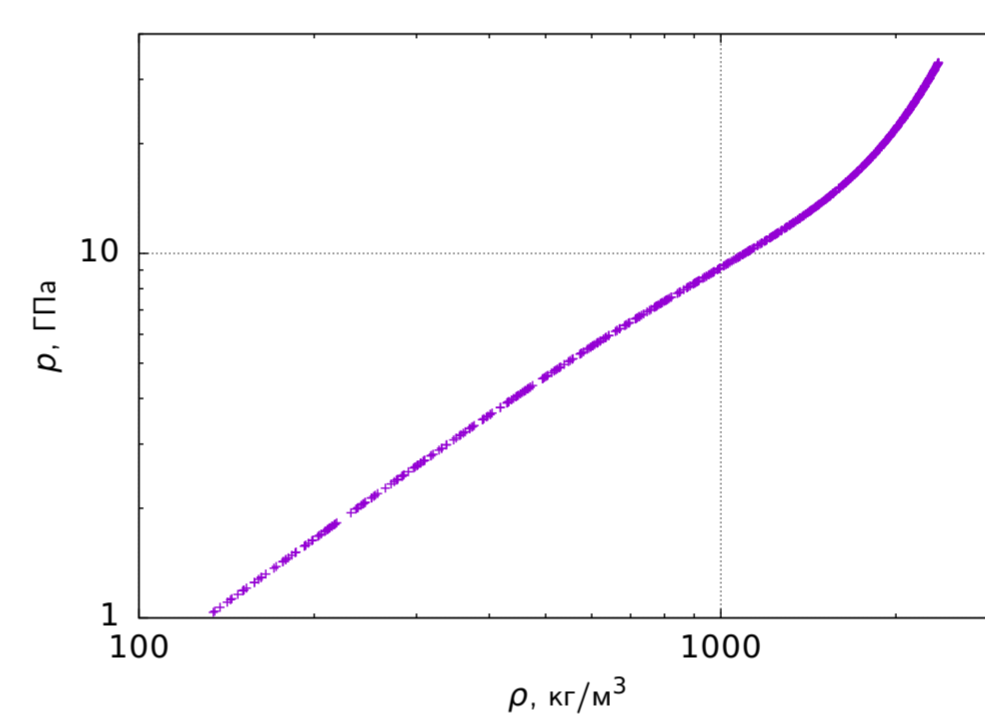


Продольное распределение массы на луче ( $\rho d$ ) при детонации ГАВ.

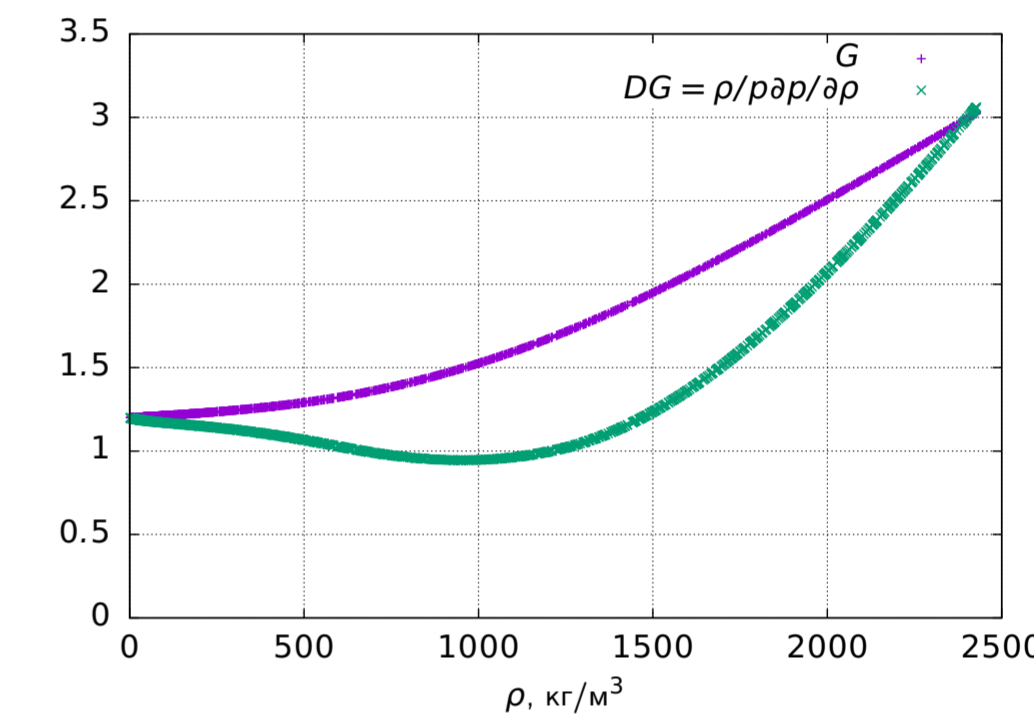


Мгновенные и средняя скорости при детонации ГАВ.

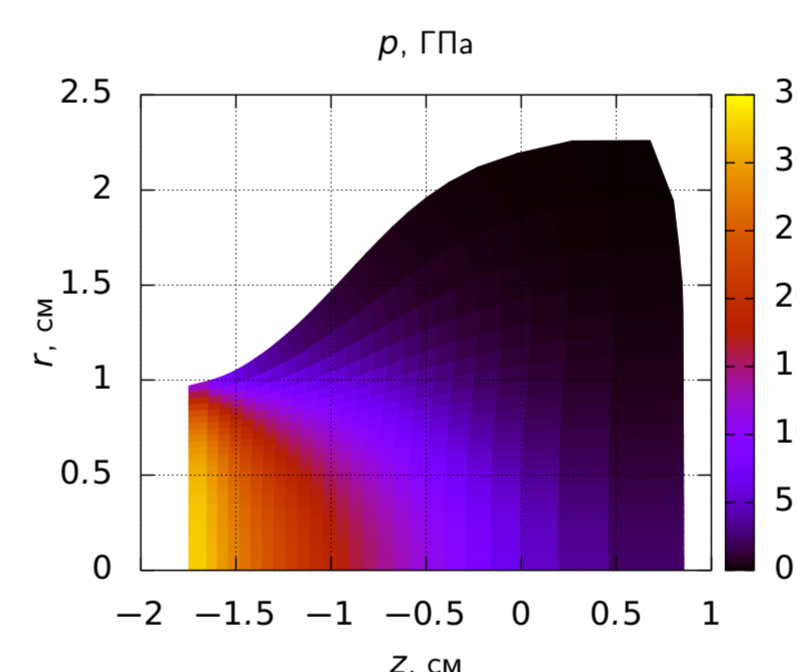
## Результаты поперечных экспериментов



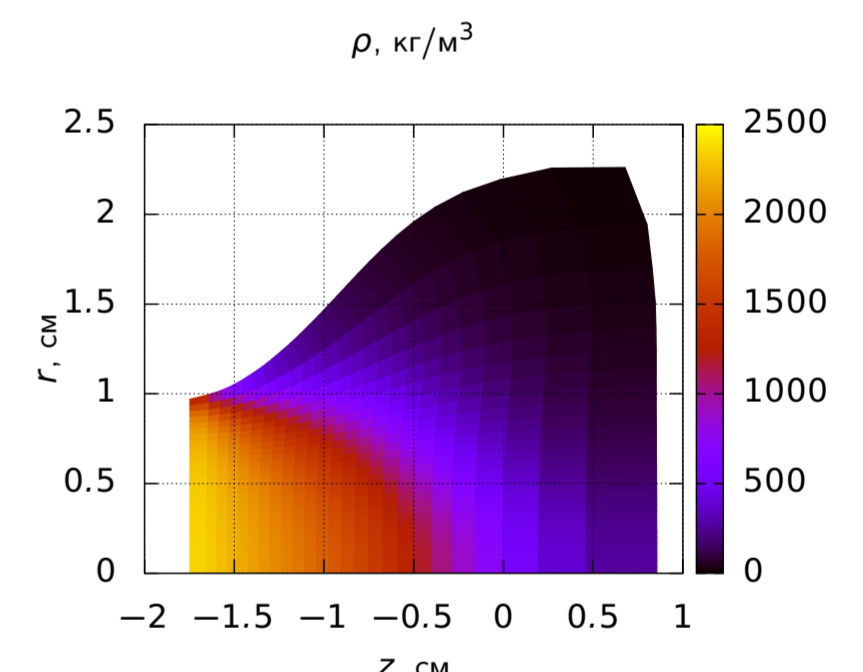
Адиабата разгрузки в координатах давление от плотности.



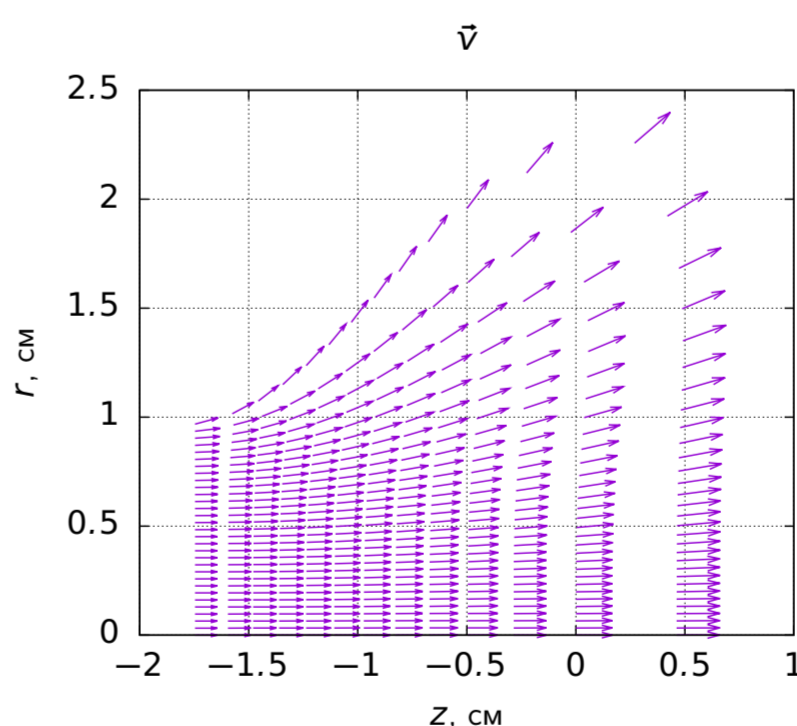
Показатель адиабаты  $G(\rho)$ , и дифференциальный показатель адиабаты  $DG = \frac{\rho \partial p}{p \partial \rho}$ .



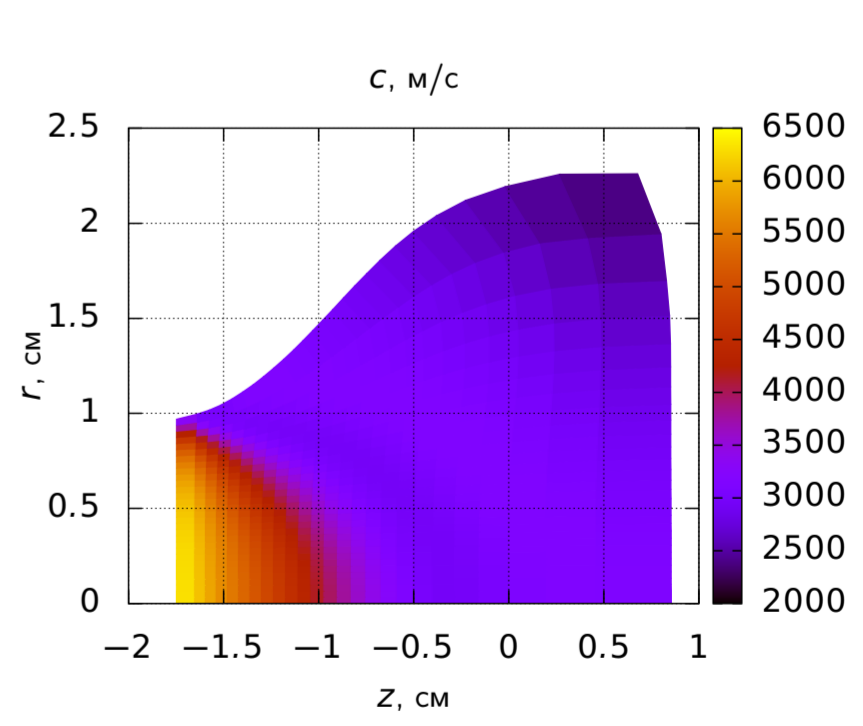
Пространственное распределение давления.



Пространственное распределение плотности.



Пространственное распределение вектора массовой скорости.



Пространственное распределение скорости звука  $c = (\partial p / \partial \rho)^{1/2}$ .

## Заключение

В работе восстановлено уравнение состояния продуктов детонации ГАВ по данным рентгеновской томографии синхротронным излучением. По результатам продольных экспериментов определена скорость детонации, которая составила 8.7 км/с. Определены все параметры газодинамического течения: поля плотности и давления, вектора массовой скорости. Результаты позволили нам восстановить адиабату разгрузки детонационных продуктов.