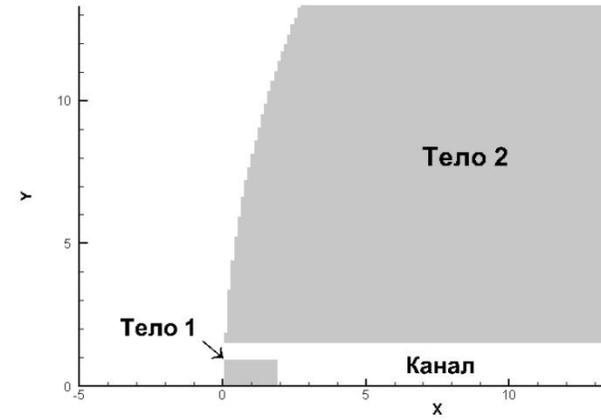
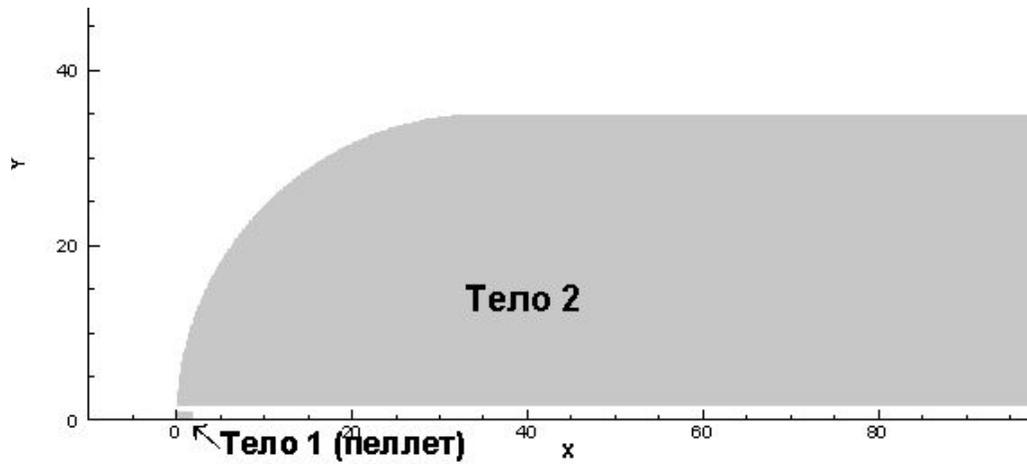


# **Численное моделирование движения и взаимодействия разрывов на декартовых локально адаптивных сетках**

**А.Е. Луцкий**

# Исследование обтекания последовательно расположенных тел

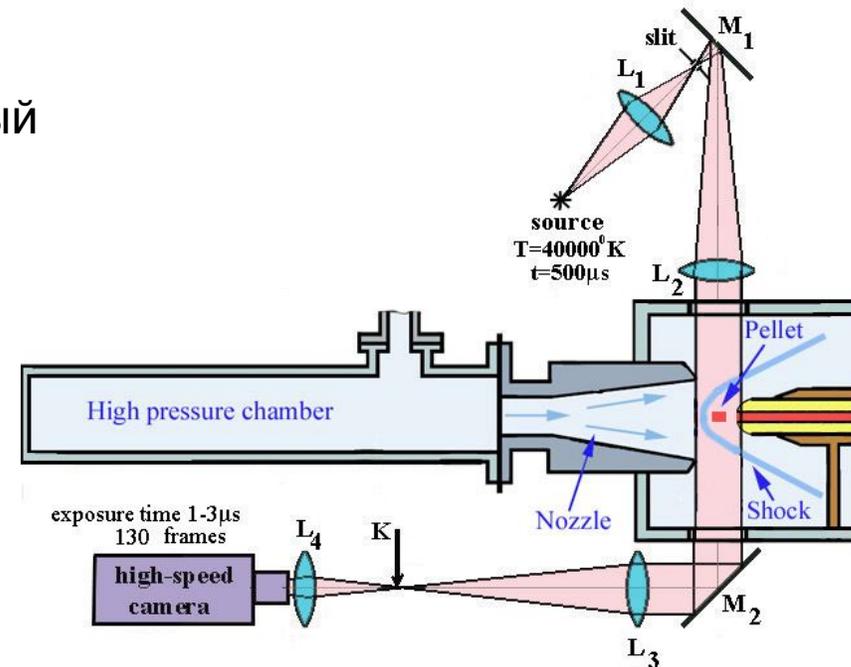
- [1] К.П. Петров. Аэродинамика тел простейших форм. – М.: Издательство «Факториал», 1998, 432 с., ISBN 5-88688-014-3;
- [2] Кудрявцев В. Н., Черкез А. Я., Шилов В. А. Исследование сверхзвукового обтекания двух разделяющихся тел. Изв. АН СССР. МЖГ, 1969, N2.
- [3] В.С. Хлебников. Картина сверхзвукового обтекания пары тел и перестройка течения между ними // Механика жидкости и газа, 1994, № 1. Издательство РАН, Москва;
- [4] В.С. Хлебников. Перестройка течения между парой тел, одно из которых расположено в следе другого, при сверхзвуковом обтекании // Ученые записки ЦАГИ, 1976, т. 7, №3, с. 133-136.
- [5] Л.Г. Васенев, Д.А. Внучков, В.И. Звезгинцев, С.В. Лукашевич, А.Н. Шиплюк. Измерение сопротивления двух последовательно расположенных тел вращения при их разделении в сверхзвуковом потоке // Перспективные технологии самолетостроения в России и в мире: труды IV-й Всероссийской научно-практической конференции молодых специалистов и ученых (Новосибирск, 22-24 мая 2012 г.), СибНИА. Новосибирск, 2012. С. 19-24.
- [6] Zhukov B. G., Kurakin R. O., Rozov S. I., Sakharov V. A., Beloborodii M. V., Drobyshevski E. M., Shibanova N. Y. (2002, April). Synchronous EM launch of two bodies with double-barrel railgun and some peculiarities of their hypersonic flight in air. In *Proceedings of the 4-th Workshop "PA and MHD in Aerospace Applications"* (pp. 355-360).
- [7] S.Leonov, V.Bityurin, A.Yuriev, S.Pirogov, B.Zhukov. "Problems in Energetic Method of Drag Reduction and Flow/Flight Control", *AIAA-2003-0035, 41th AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, Reno, NV, USA, 2003.*
- [8] A.V. Erofeev, T.A. Lapushkina, S. A. Poniaev, R.O. Kurakin, B.G. Zhukov. "Flow Around Different Bodies at the Pellet or Plasma Jet Injection", 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 2012
- [9] A.L. Afendikov, Ya. V. Khankhasaeva, A. E. Lusky, I. S. Menshov, K. D. Merkulov. "Computation and visualization of flows past bodies in mutual motion" // Scientific Visualization, 2016, T.8. № 4. С. 128-138.



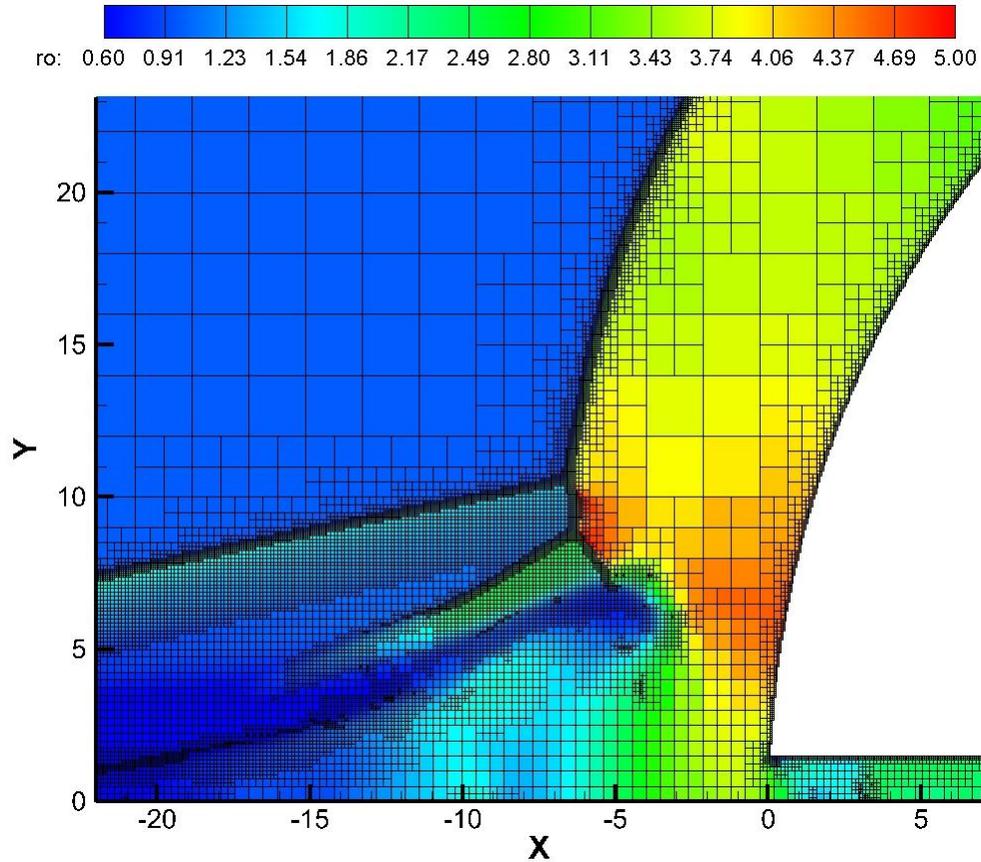
Тело 1 (пеллет) – цилиндр с  $d = 2$  мм и  $l = 2$  мм, тело 2 – сферически затупленный цилиндр с  $D = 70$  мм и  $L = 100$  мм. Диаметр канала – 3 мм.

Скорость набегающего потока  $M = 3$ .

Тело 1 вылетает из канала тела 2 со скоростью  $M = 4$  (относительно тела 2)



[8] A.V. Erofeev, T.A. Lapushkina, S. A. Poniaev, R.O. Kurakin, B.G. Zhukov. "Flow Around Different Bodies at the Pellet or Plasma Jet Injection", 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 2012



Расчетная сетка:

$$x \in [-2110; 100], \quad y \in [0; 130]$$

Базовая сетка 1190x65,

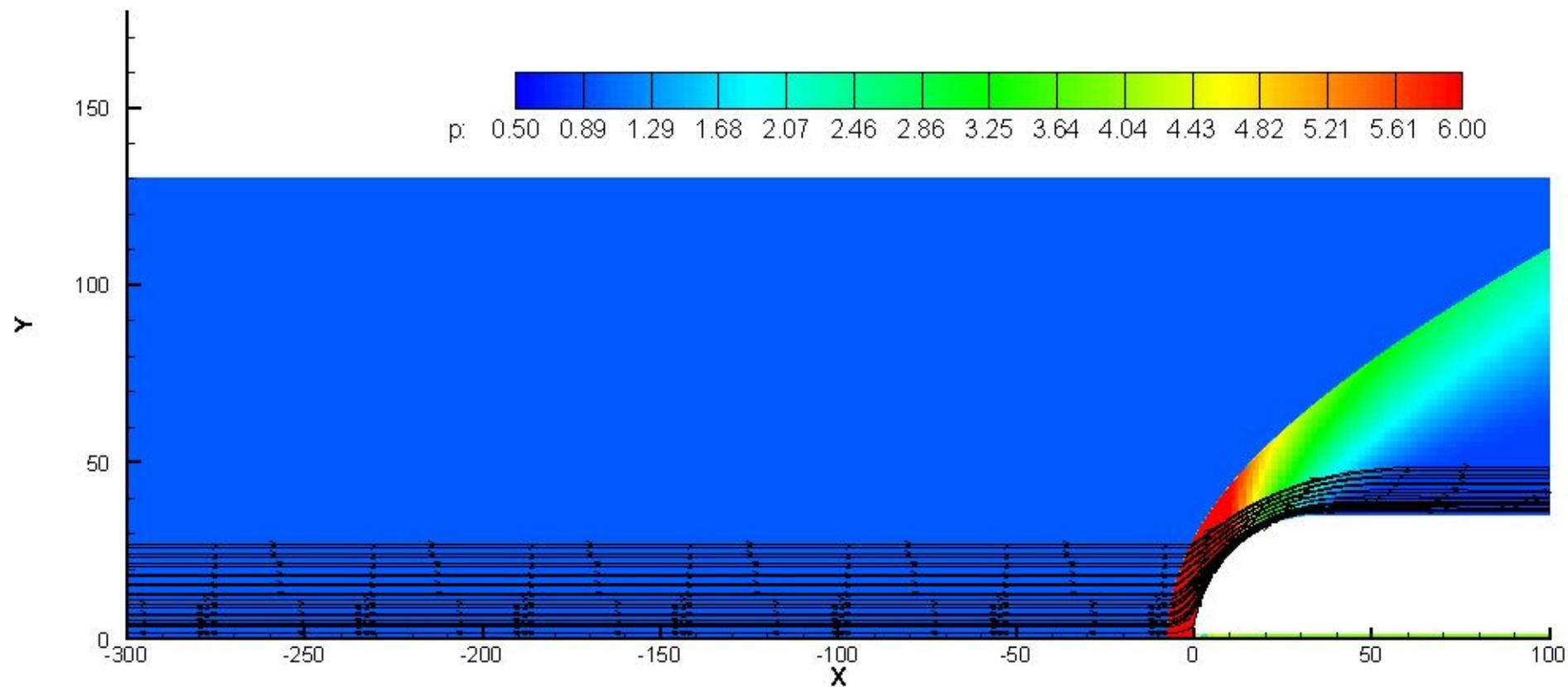
$$\Delta x = 1.857 \quad \Delta y = 2$$

адаптивная сетка имела 6 уровней,  
размеры ячейки 6го уровня в 32  
раза меньше размеров ячейки 1го  
(базового) уровня.

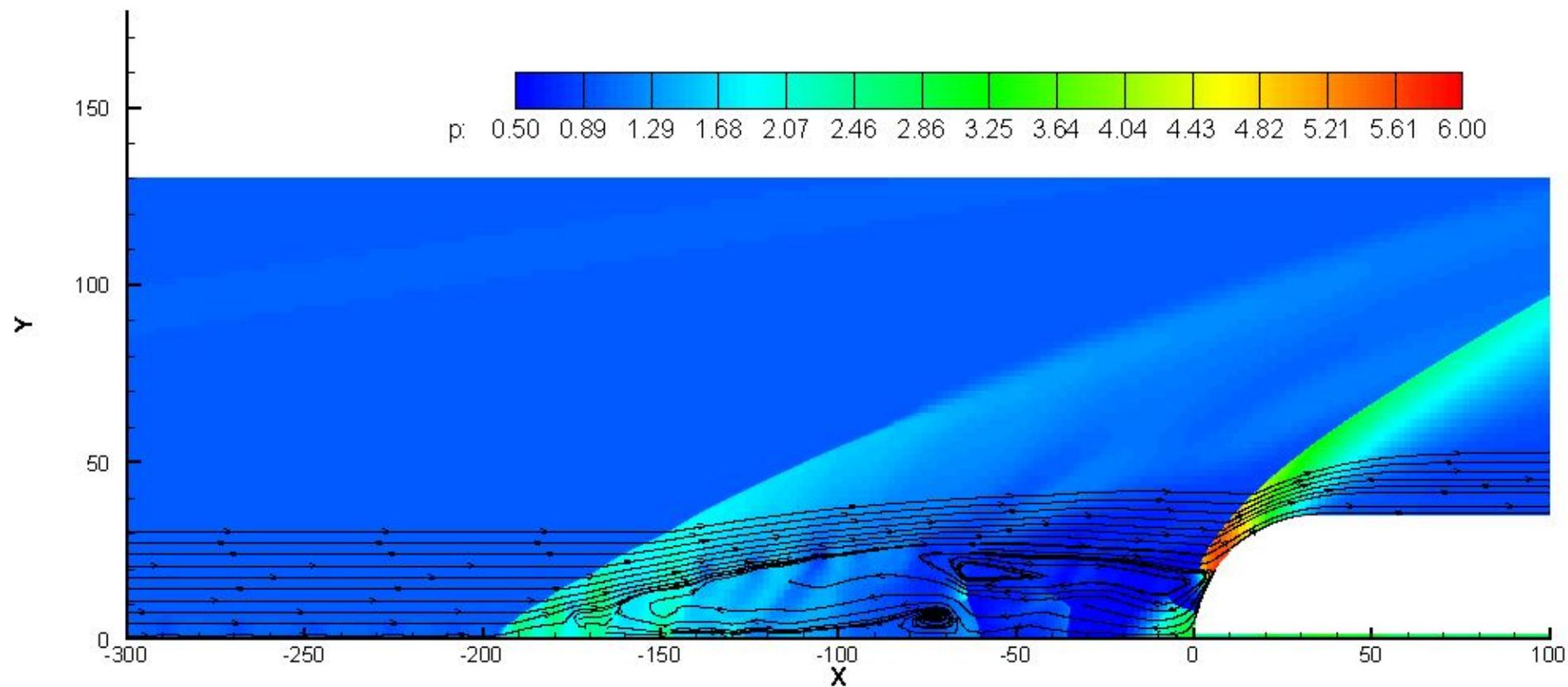
$$\Delta x(6th \ lvl) = 0.058$$

$$\Delta y(6th \ lvl) = 0.0625$$

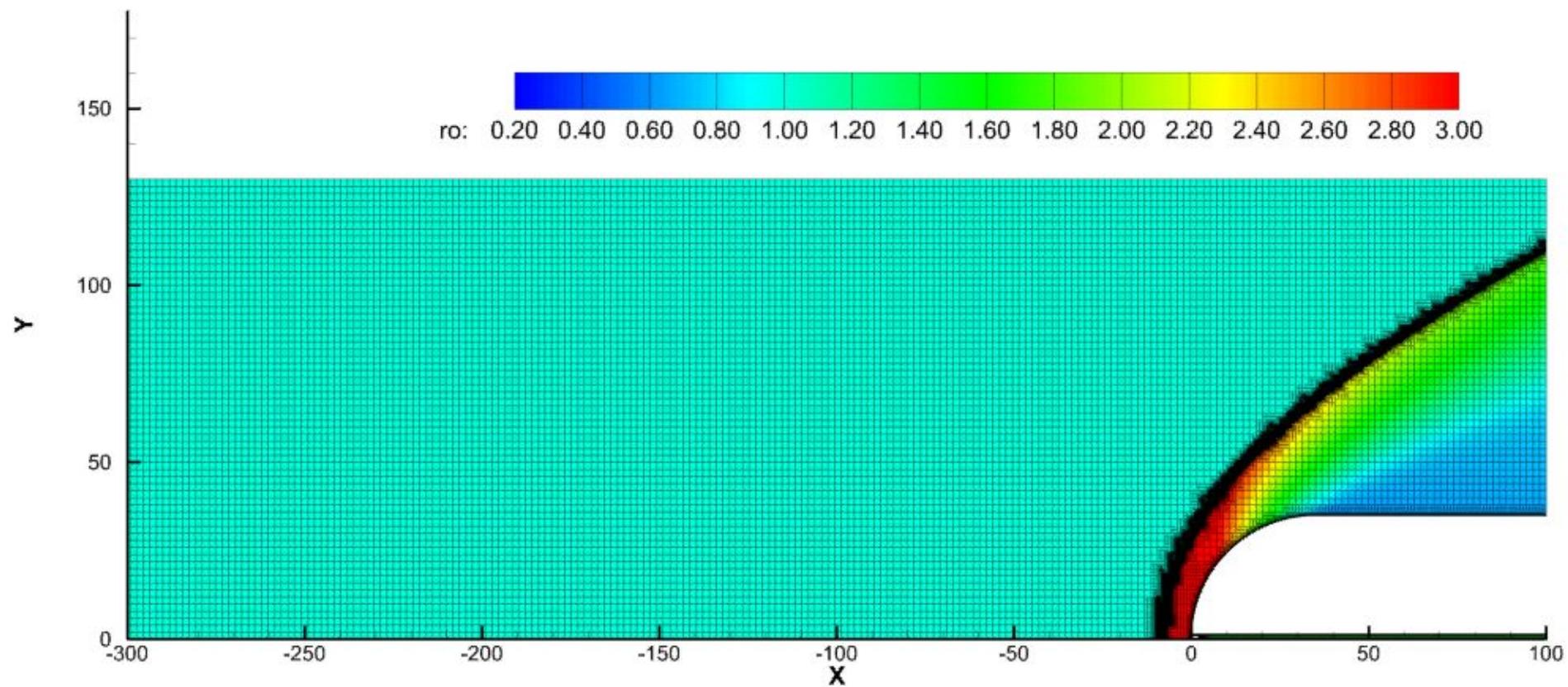
Адаптация сетки проводится по  
результатам анализа поля  
плотности и по границам тел.



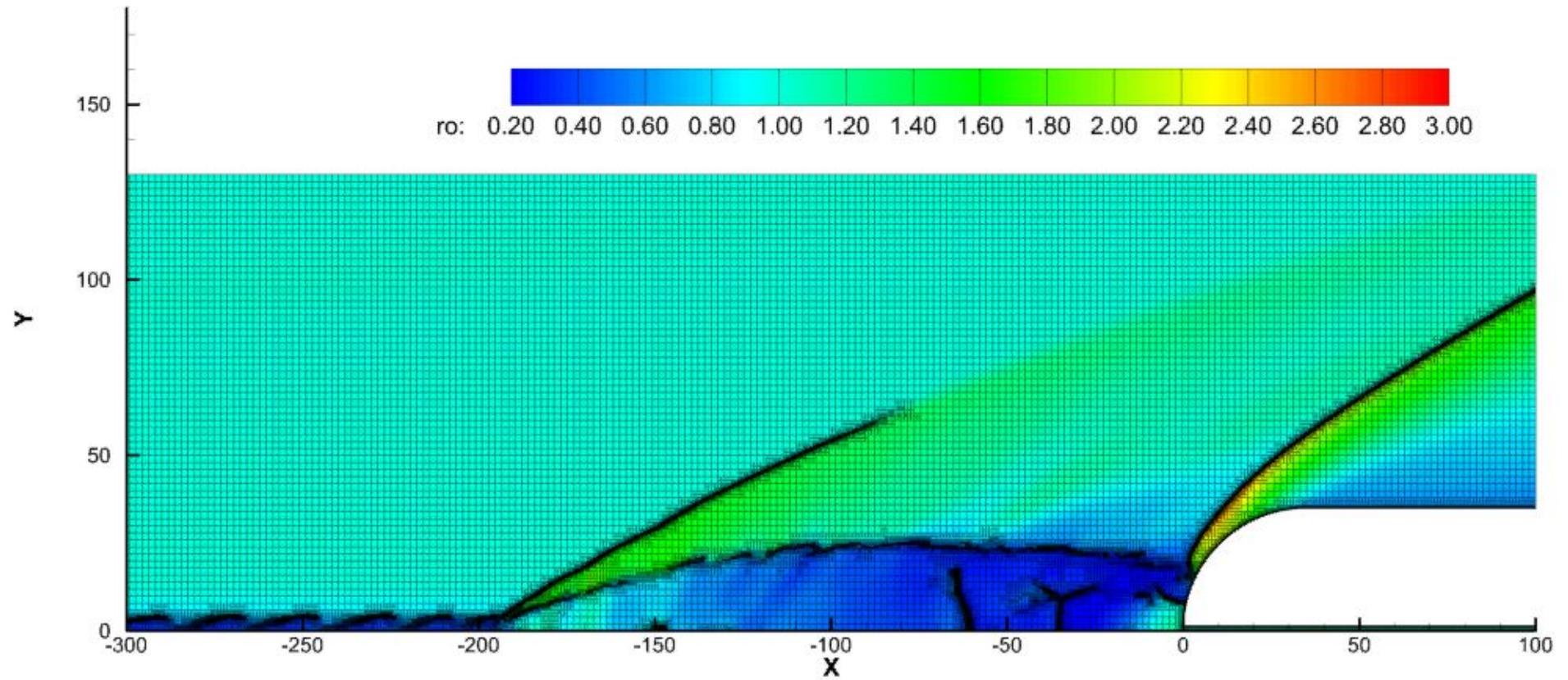
Распределение давления с линиями тока (стадия увеличения области рециркуляции перед телом)



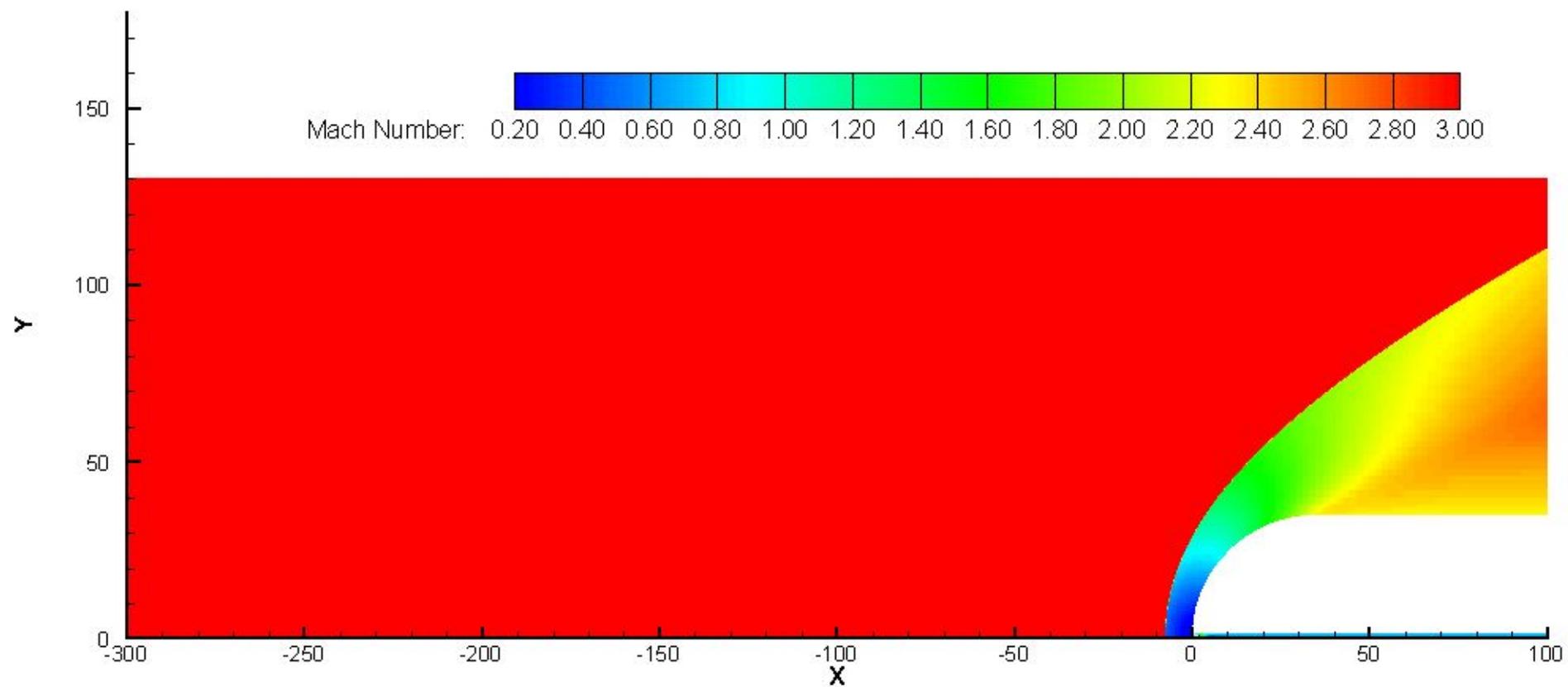
Распределение давления с линиями тока (продолжение, стадия уменьшения и исчезновения области рециркуляции перед телом)



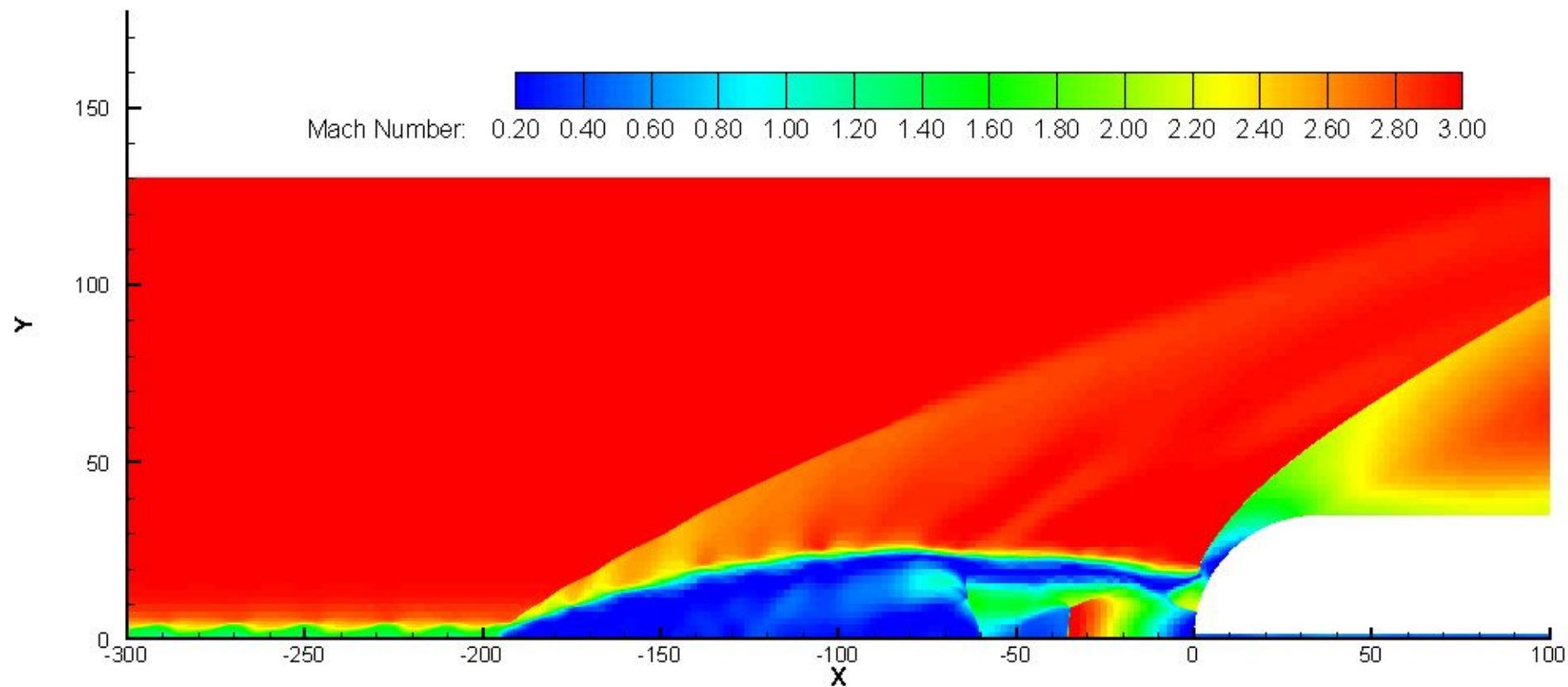
Распределение плотности со структурой сетки (стадия увеличения области рециркуляции перед телом)



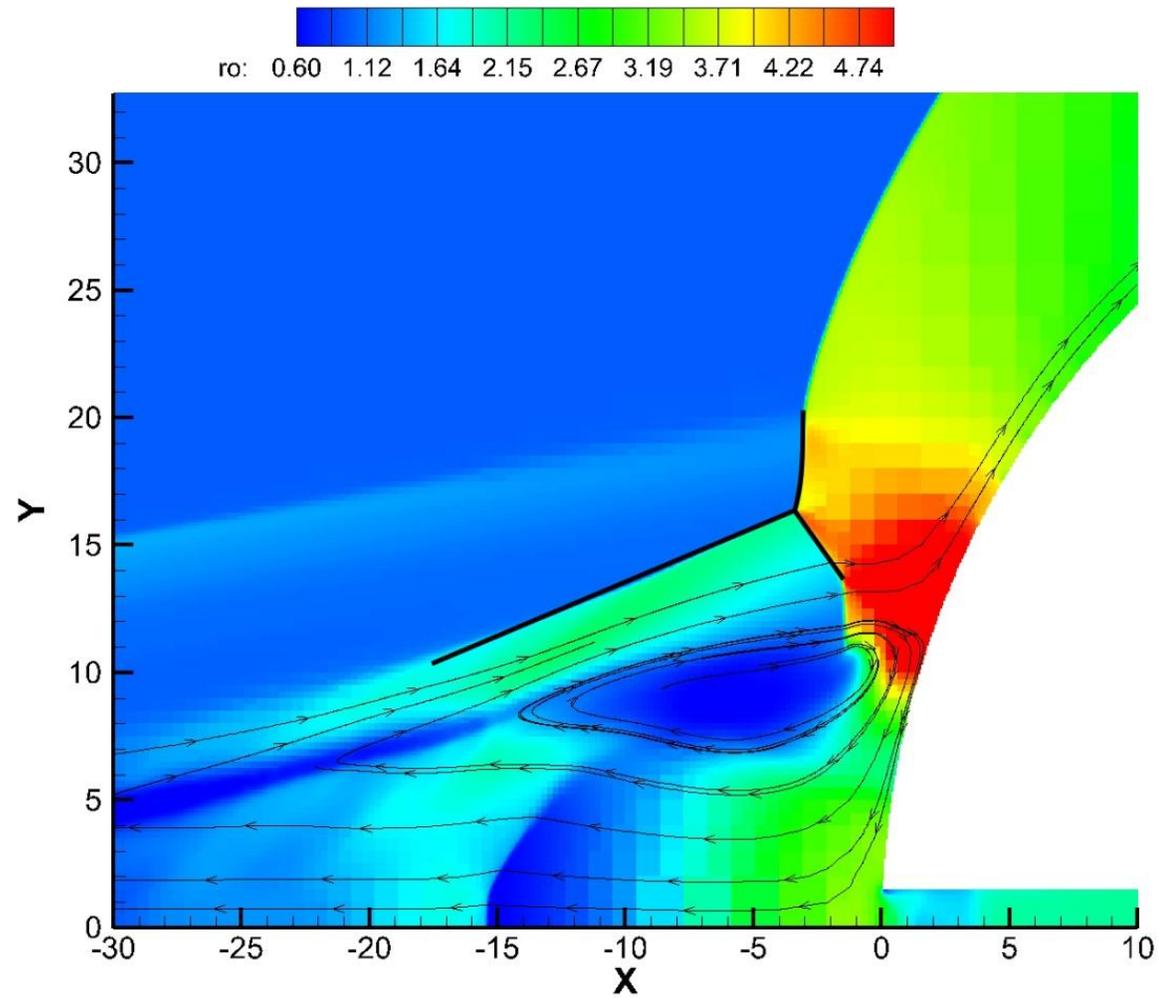
Распределение плотности со структурой сетки (продолжение, стадия уменьшения и исчезновения области рециркуляции перед телом)



Распределение числа Маха (стадия увеличения области рециркуляции перед телом)

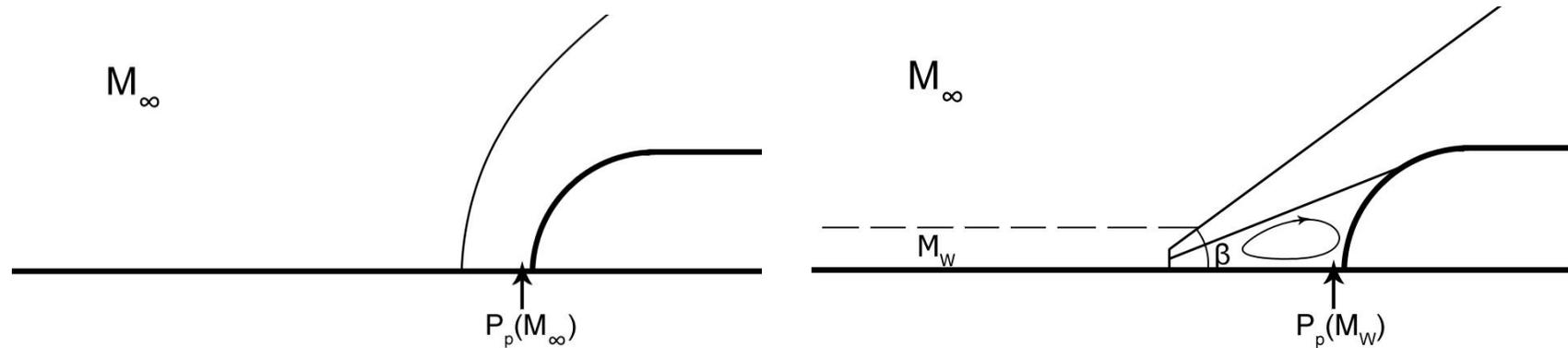


Распределение числа Маха (продолжение, стадия уменьшения и исчезновения области рециркуляции перед телом)



Маховская конфигурация при взаимодействии ударных волн от пеллета и области рециркуляции с исходной ударной волной от тела 2

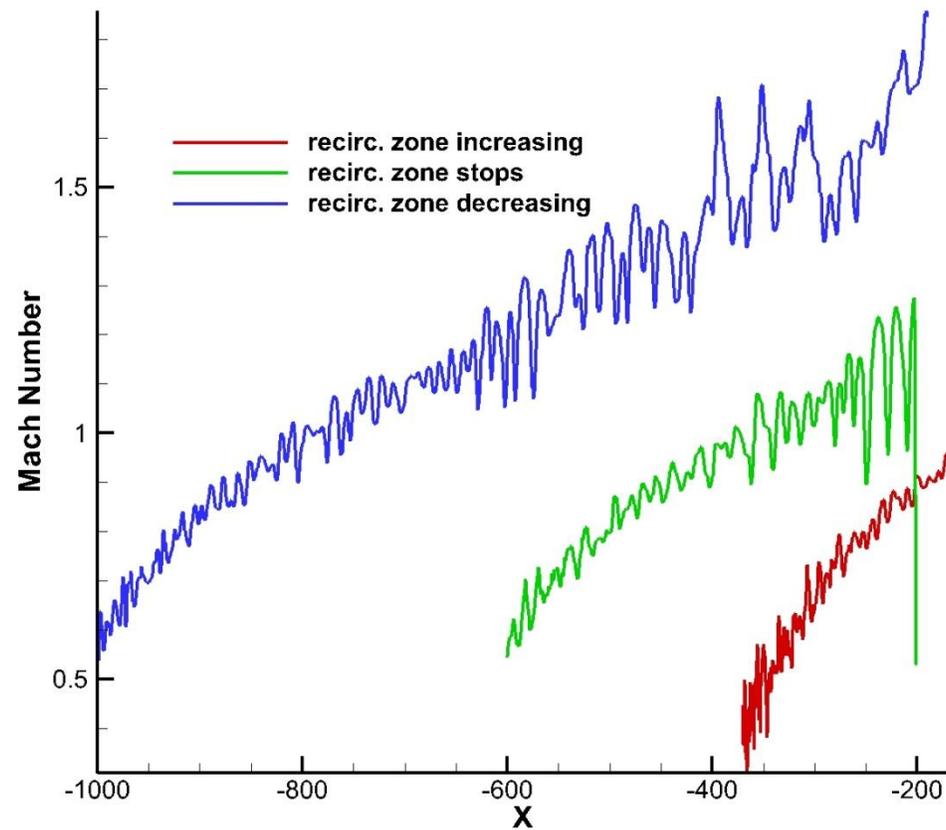
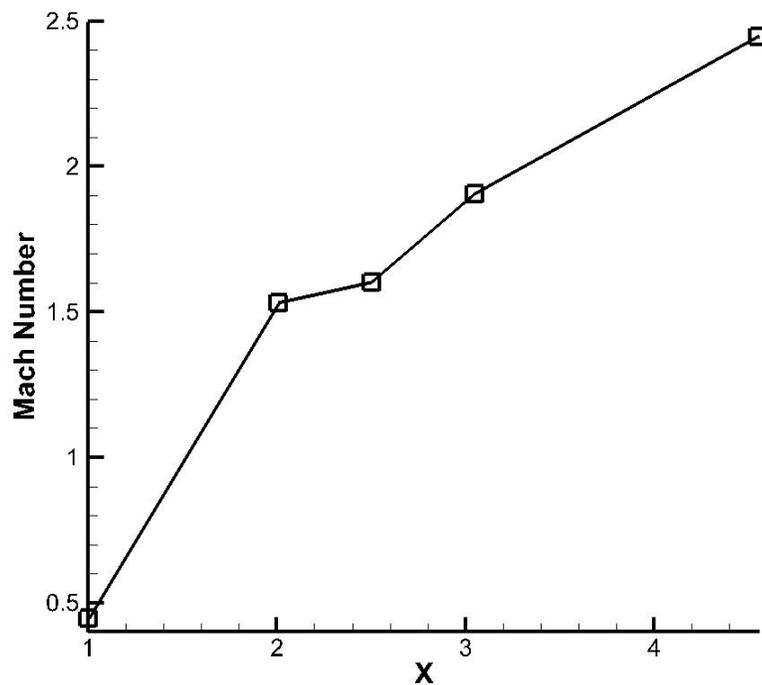
# Модель сверхзвукового обтекания неоднородным потоком



П.Ю. Георгиевский, В.А. Левин. Сверхзвуковое обтекание тел при наличии внешних источников тепловыделения //Письма в ЖТФ, 1988, т.14, в. 8, С.684-687

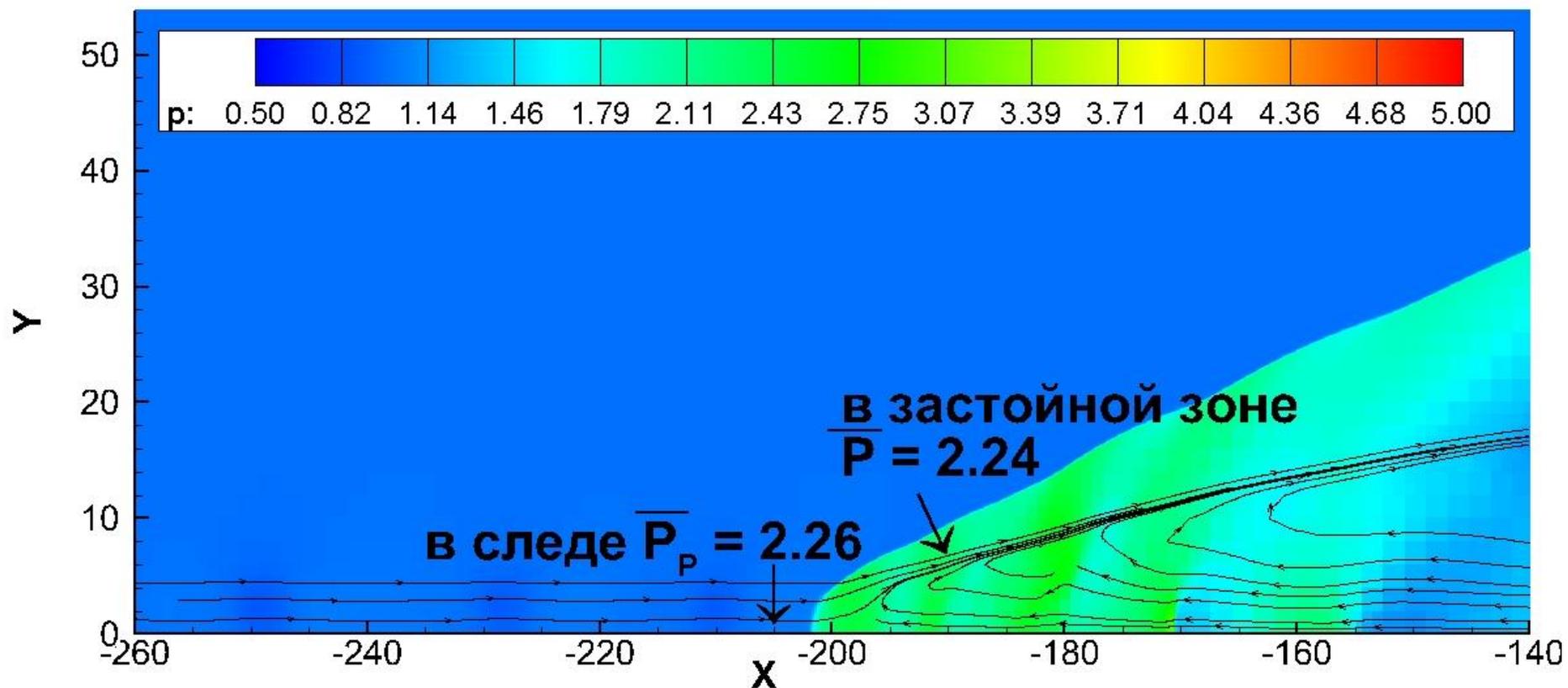
С. В. Гувернюк, К. Г. Савинов. Отрывные изобарические структуры в сверхзвуковых потоках с локализованной неоднородностью // Доклады Российской академии наук. - 2007. - Т. 413, N 2. - С. 188 - 192.

# Рост числа Маха вдоль оси следа



Число Маха из [9] и настоящей работы в следе за пеллетом.

Область рециркуляции перед телом (квазистационарный режим)



Стационарное обтекание конуса – автомодельное решение

$M=3$ ,  $\beta=15.1^\circ$   $\phi_s=25.4^\circ$ ,  $P_w=2.1$

# Эволюция области отрыва

