

Численное моделирование высотного гиперзвукового обтекания тел при наличии интерференции ударных волн



Лепихов А.В., Меркулов Е.С., Приданников А.В.

ОАО «ГРЦ Макеева»

Летательный аппарат OREX

Параметры расчета:

$$\rho_{\infty} = 1.94 \times 10^{-6} \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\infty} = 7454.1 \text{ м/с}$$

$$T_{\infty} = 188 \text{ К}$$

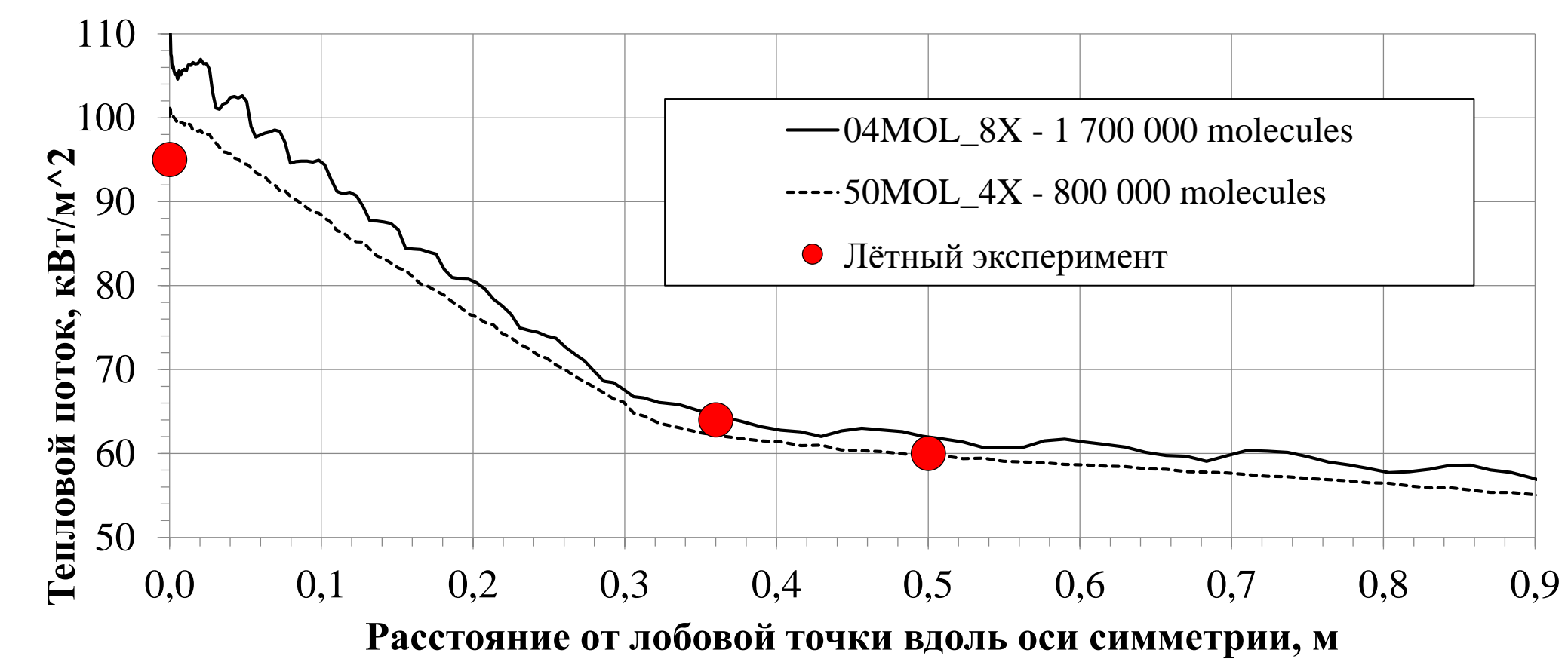
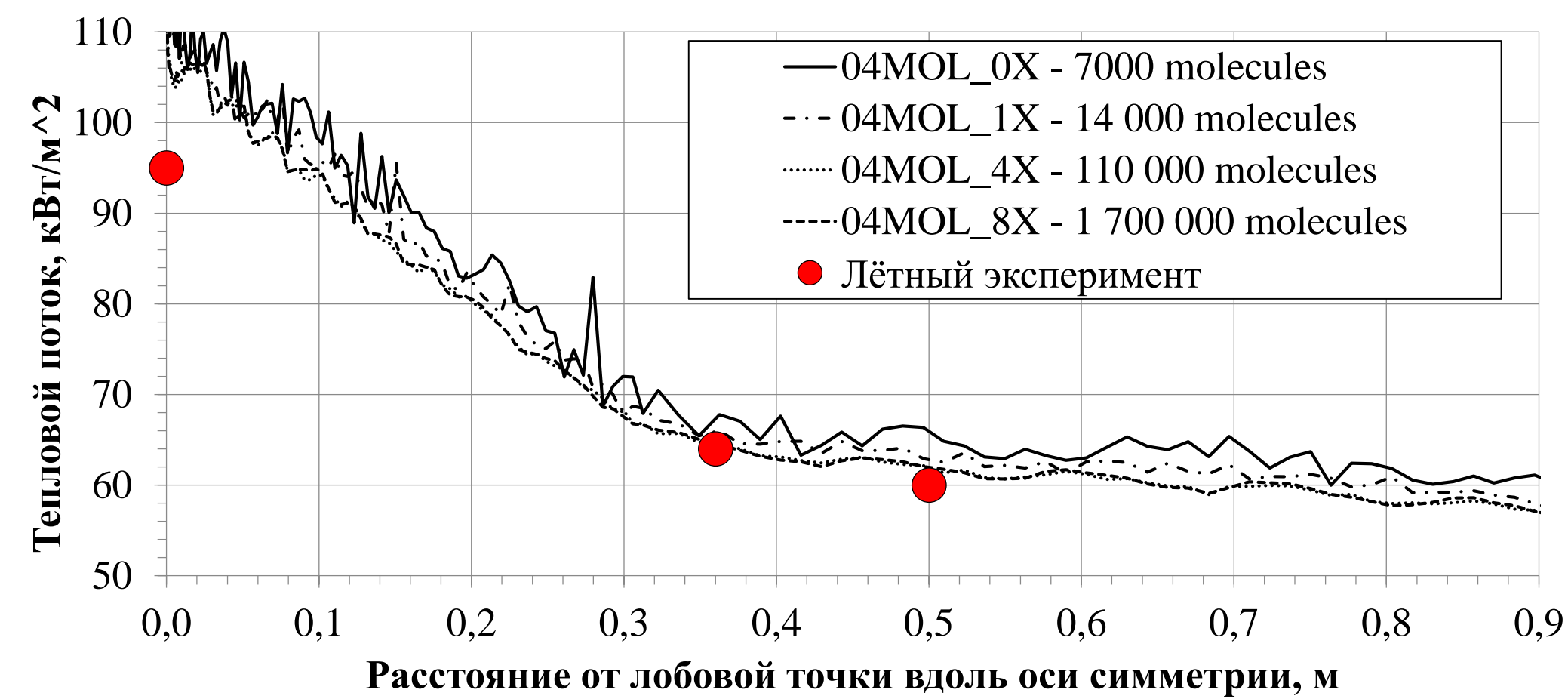
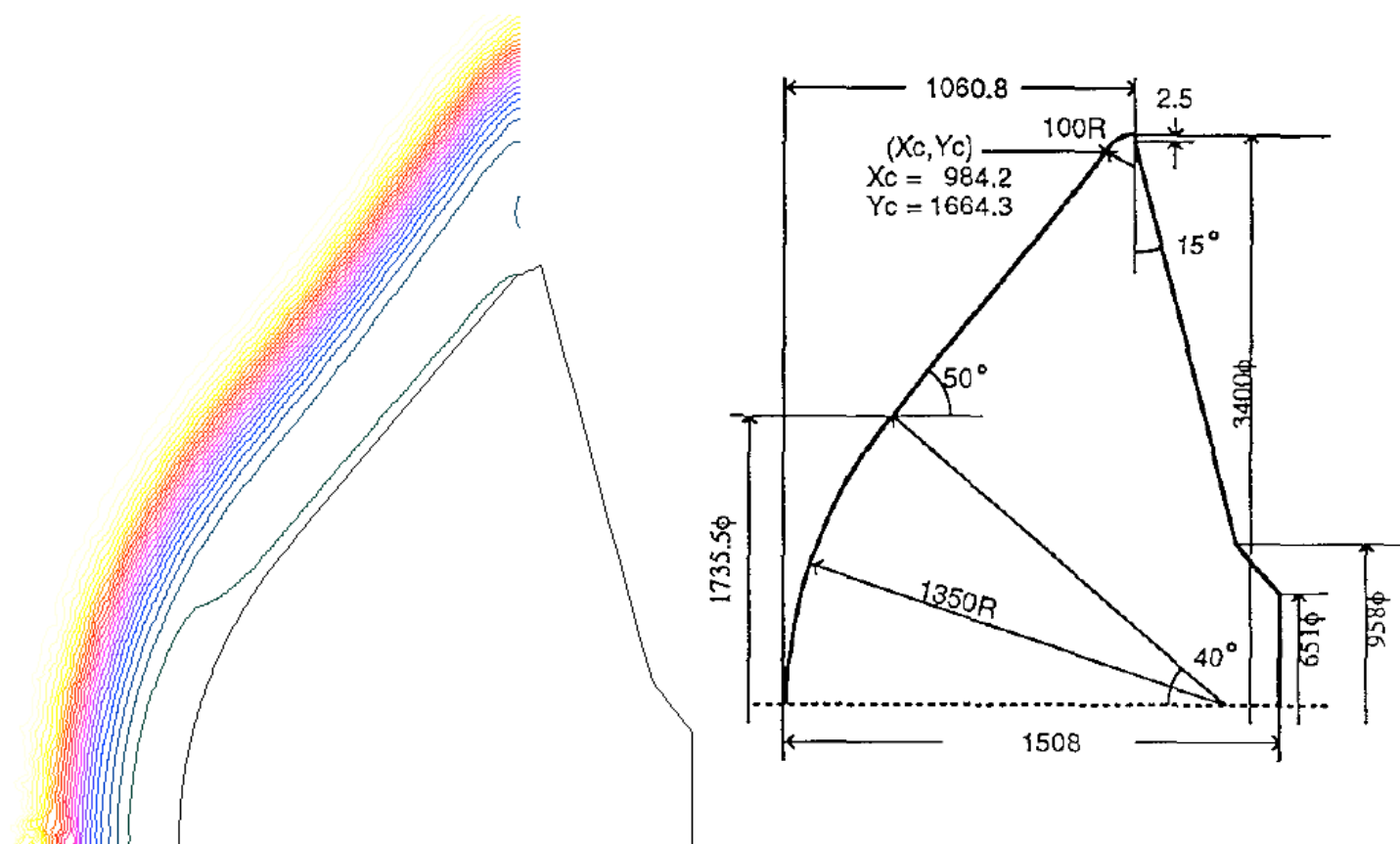
$$T_w = 586.1 \text{ К}$$

$$H = 92.8 \text{ км}$$

$$C_{N2\infty} = 0.769$$

$$C_{O2\infty} = 0.226$$

$$C_{O\infty} = 0.005$$



Постановка задачи ONERA:

Параметры расчета

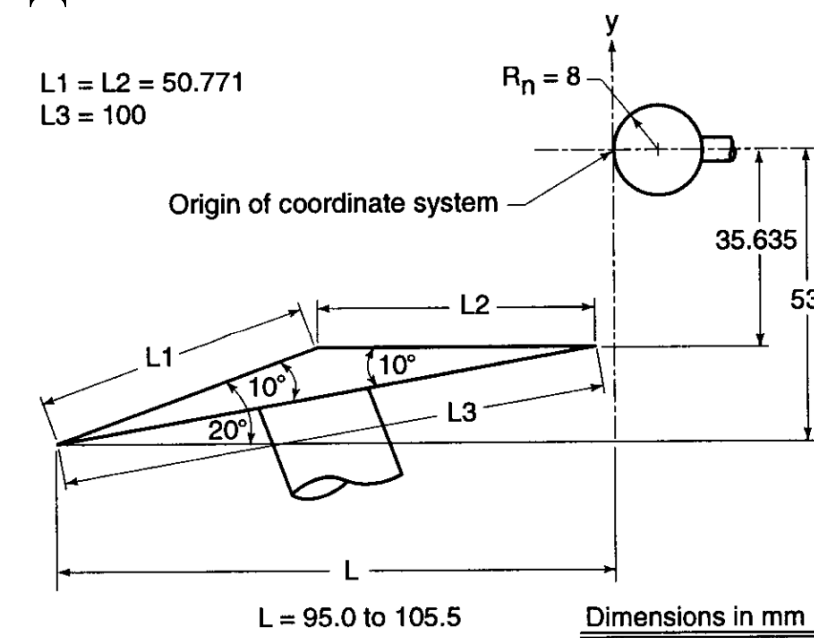
$$M_{\infty} = 10$$

$$\rho_{\infty} = 3.9 \times 10^{-4} \text{ кг/м}^3$$

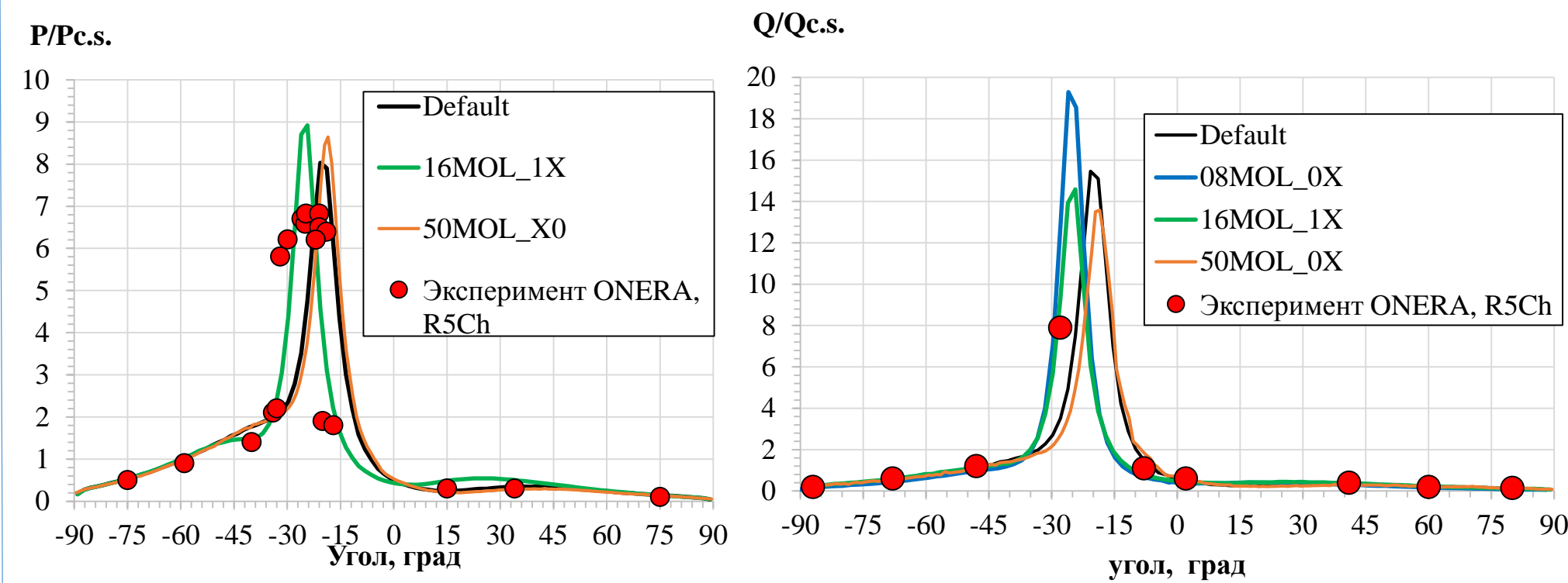
$$V_{\infty} = 1450 \text{ м/с}$$

$$T_w = 52.5$$

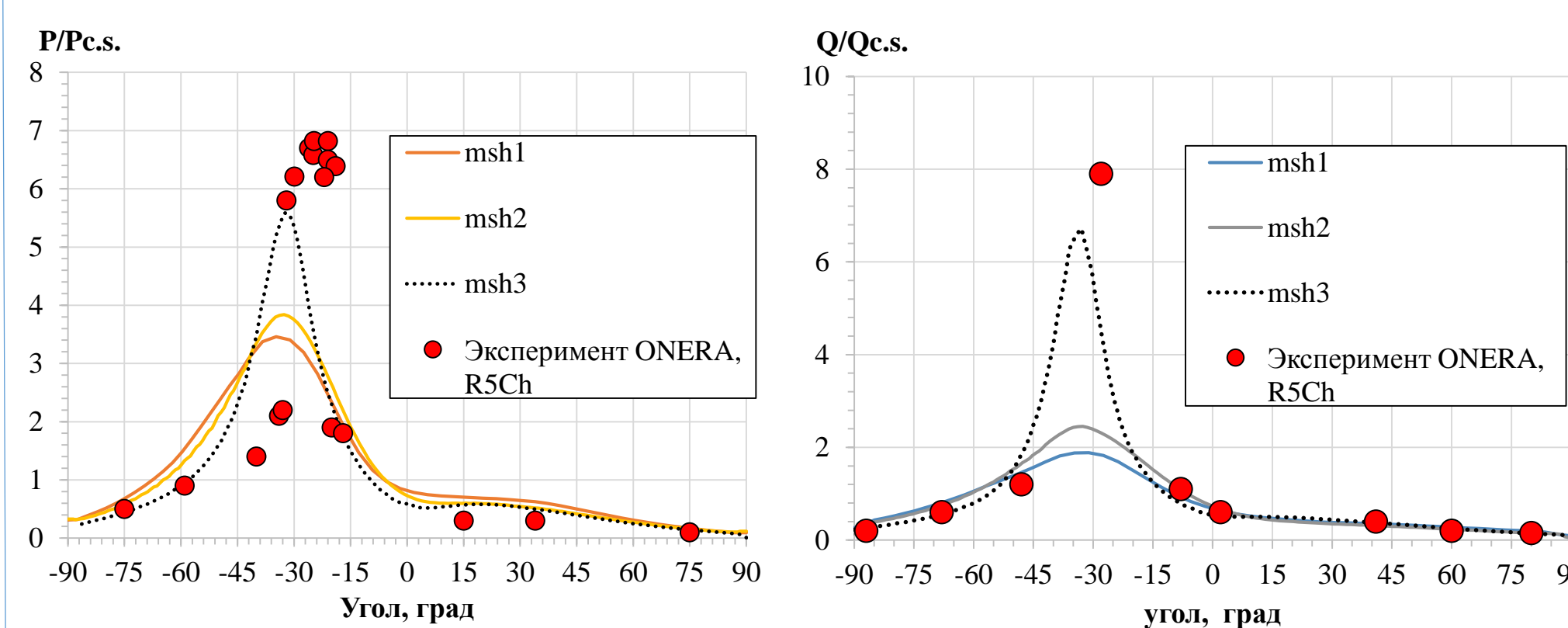
$$H \approx 59 \text{ км}$$



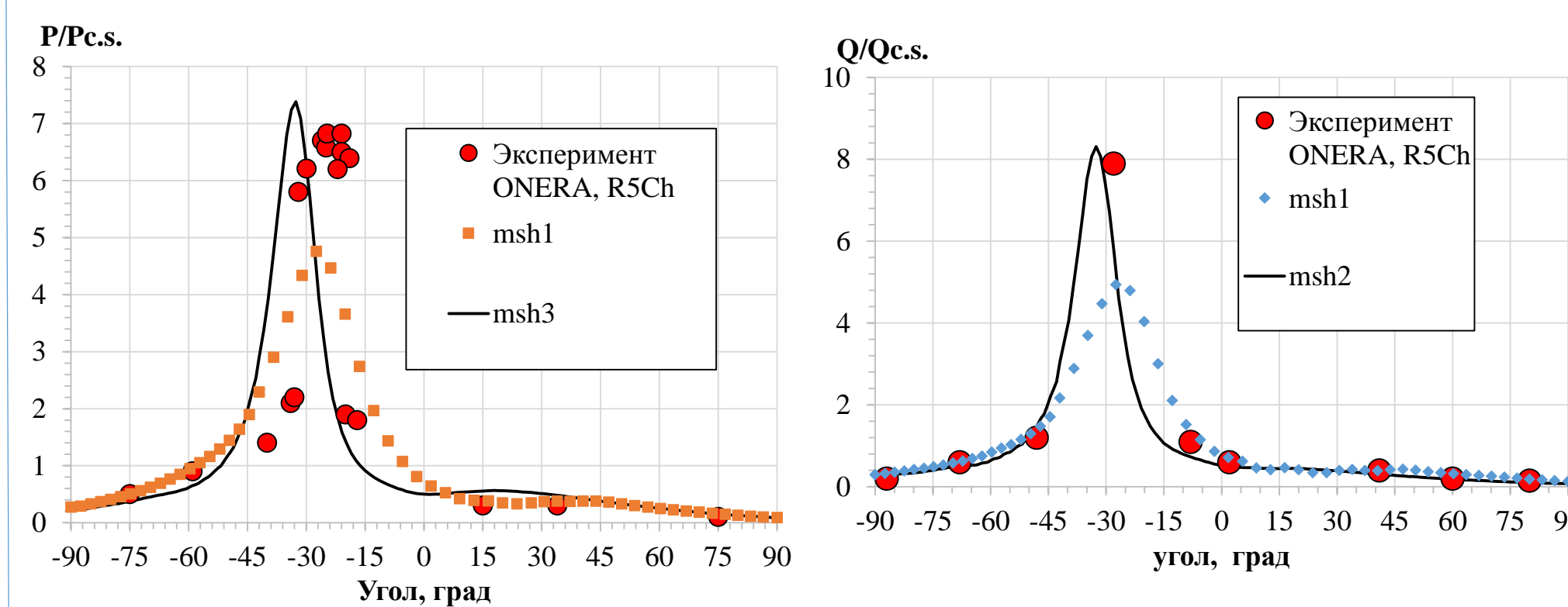
Расчеты методом DSMC



Расчеты методом МКО (AUSM+)



Расчеты методом МКО (Kurganov-Tadmor)



Двусоставной острый конус 25° - 55°

Параметры расчета

$$M_{\infty} = 11.29$$

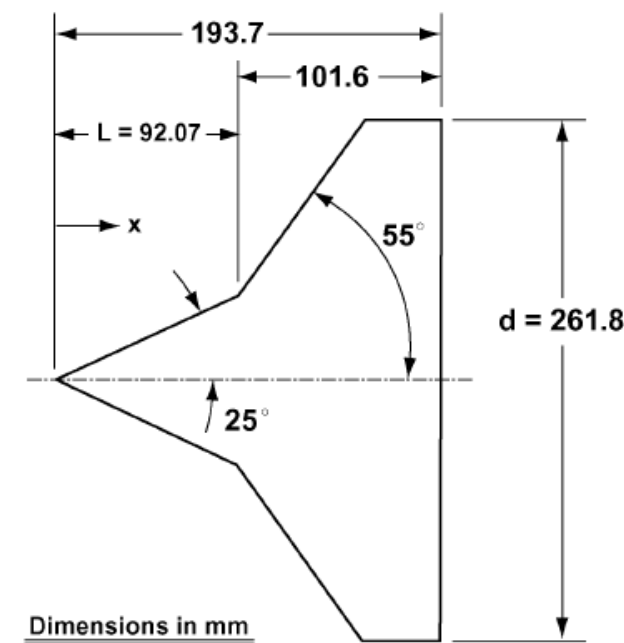
$$\rho_{\infty} = 5.52 \times 10^{-4} \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\infty} = 2712.2 \text{ м/с}$$

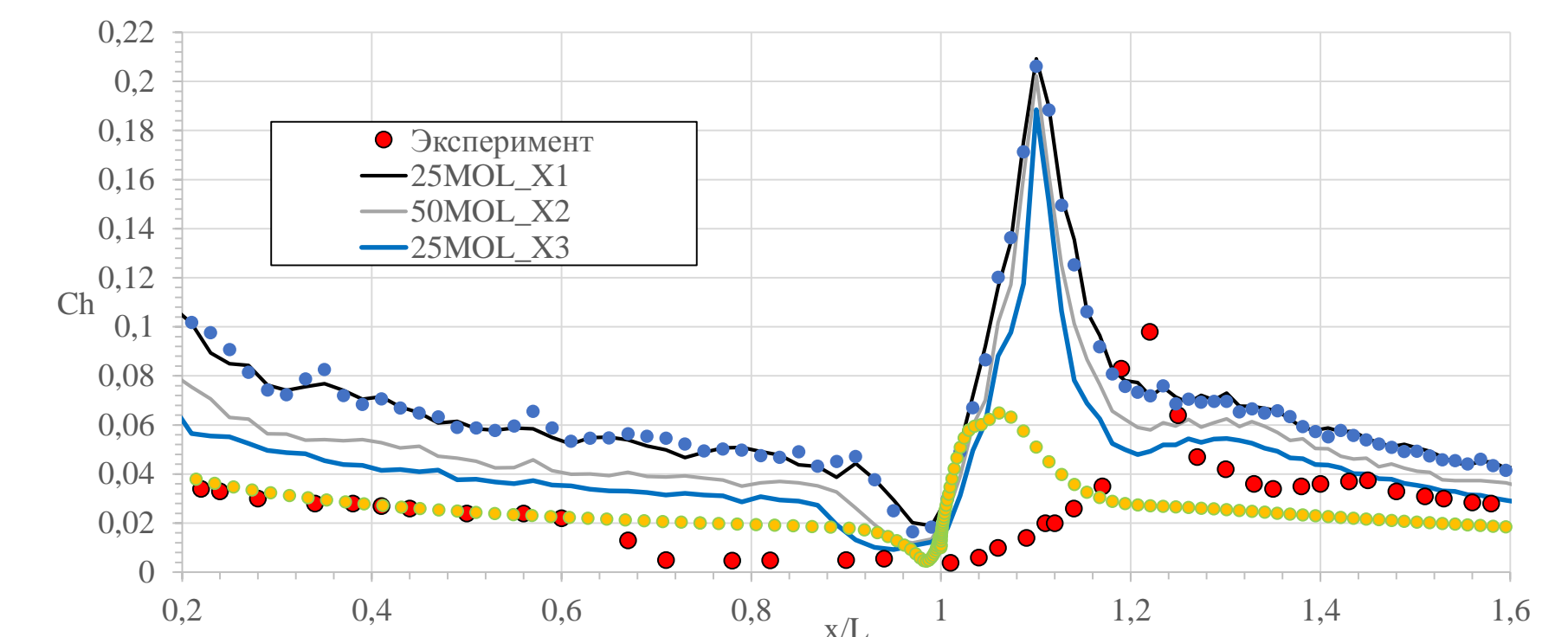
$$T_{\infty} = 138.9$$

$$H \approx 56 \text{ км}$$

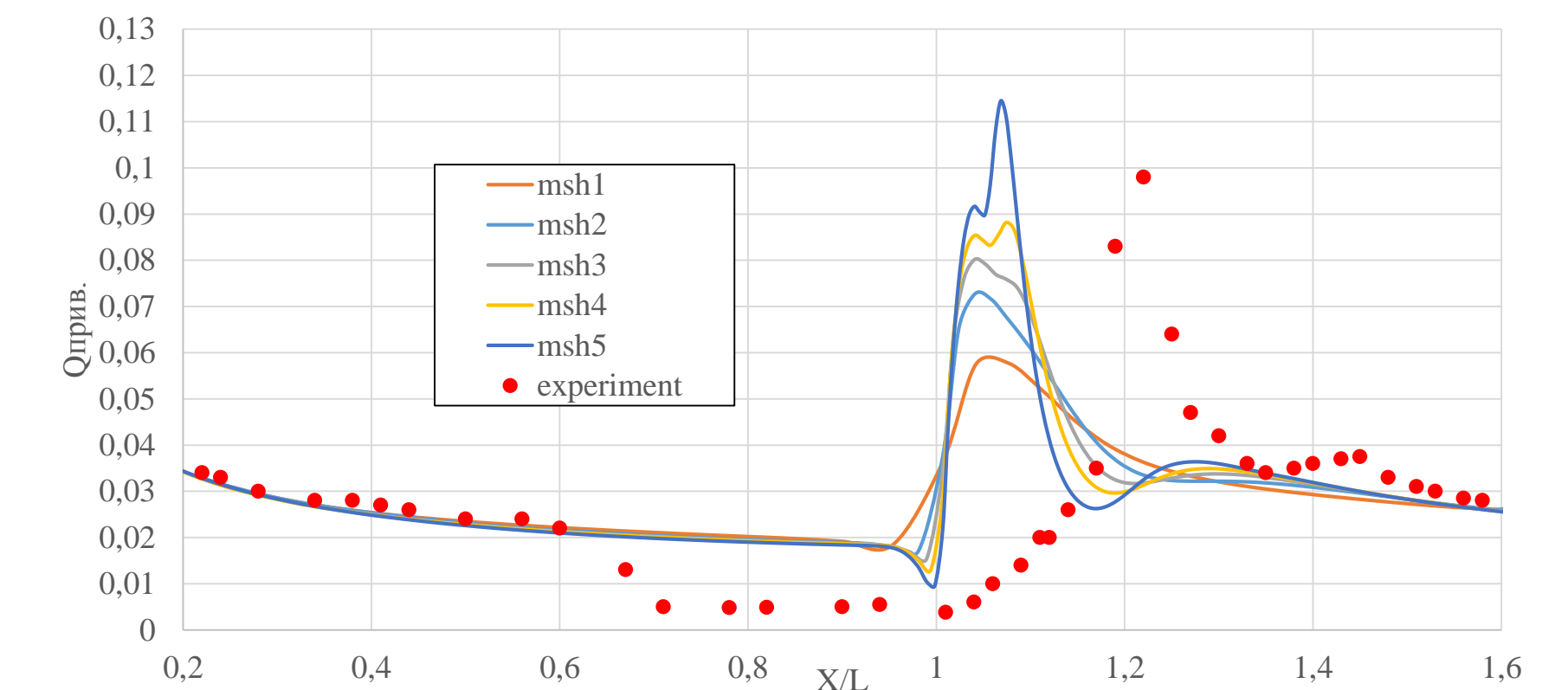
$$T_w = 296.1$$



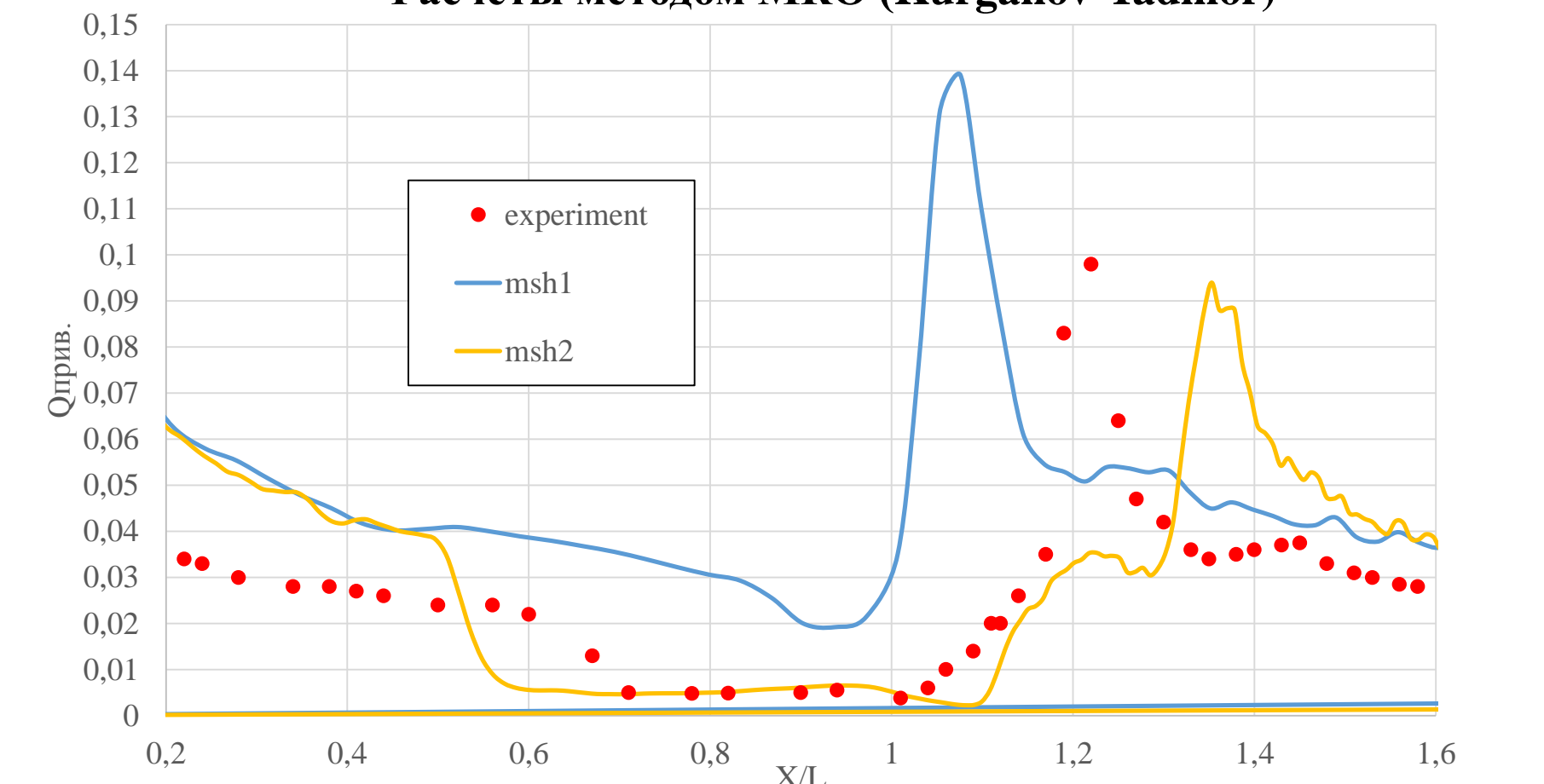
Расчеты методом DSMC



Расчеты методом МКО (AUSM+)



Расчеты методом МКО (Kurganov-Tadmor)



✓Метод *DSMC* при практически неограниченной точности результатов требует существенных вычислительных затрат, при этом данный метод является хорошим выбором при проведении академических исследований. Данный метод представляет дополнительные возможности проверки получаемого решения;

✓Схема *AUSM+* (метод МКО) достаточно гибкая в использовании, но требует больших вычислительных ресурсов в сравнении со схемой Курганова-Тадмора, при более низком качестве получаемых результатов. Схема склонна к занижению величин давления и теплового потока в зонах интерференции при недостаточном сеточном разрешении.

✓Схема Курганова-Тадмора (метод МКО) сочетает в себе высокую точность получаемых результатов с низкими требованиями к вычислительным ресурсам и является хорошим выбором для инженерных расчетов;