

Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Исследование ударно-волновой картины в воздухозаборнике двигателя ГЛА

Подготовил студент: Бутин М.
А.
Группа: А9М22.
Руководитель:
д. ф.- м. н., проф. Циркунов Ю.
М.

Цель работы

- Провести газодинамический расчёт потока около поверхности ГЛА,
- Сравнить полученные результаты расчёта с результатами из опубликованных источников.

Исследуемый гиперзвуковой ЛА

- Программа X-51A (SED-WR)



X-51A с ускорителем под крылом
B-52

Постановка задачи

- Математическая модель:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \quad \text{Уравнение}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \frac{\mu}{\rho}\Delta\vec{v}, \quad \begin{array}{l} \text{неразрывности} \\ \text{Уравнение} \end{array}$$

$$\rho \frac{dU}{dt} = \mu\Phi + \varepsilon + \lambda\Delta T, \quad \begin{array}{l} \text{движения} \\ \text{Уравнение} \end{array}$$

$$\Phi = 2\frac{\partial v_x^2}{\partial x} + 2\frac{\partial v_y^2}{\partial y} + 2\frac{\partial v_z^2}{\partial z} + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y}\right)^2.$$

Модель турбулентности: к-е

Постановка задачи

- Начальные условия

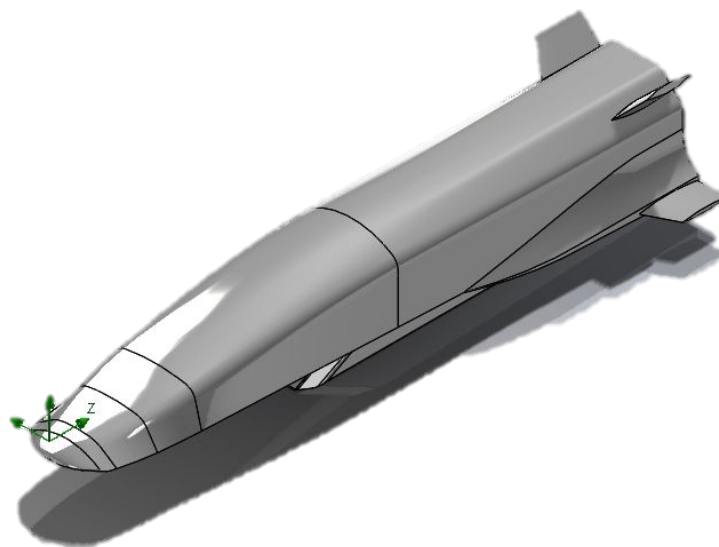
(для высоты полёта 30 км):

$$p = 7000 \text{ Па}$$

$$T = 240 \text{ К}$$

$$M = 10$$

Модель X-51A



3D модель
ГЛА

Модель X-51A



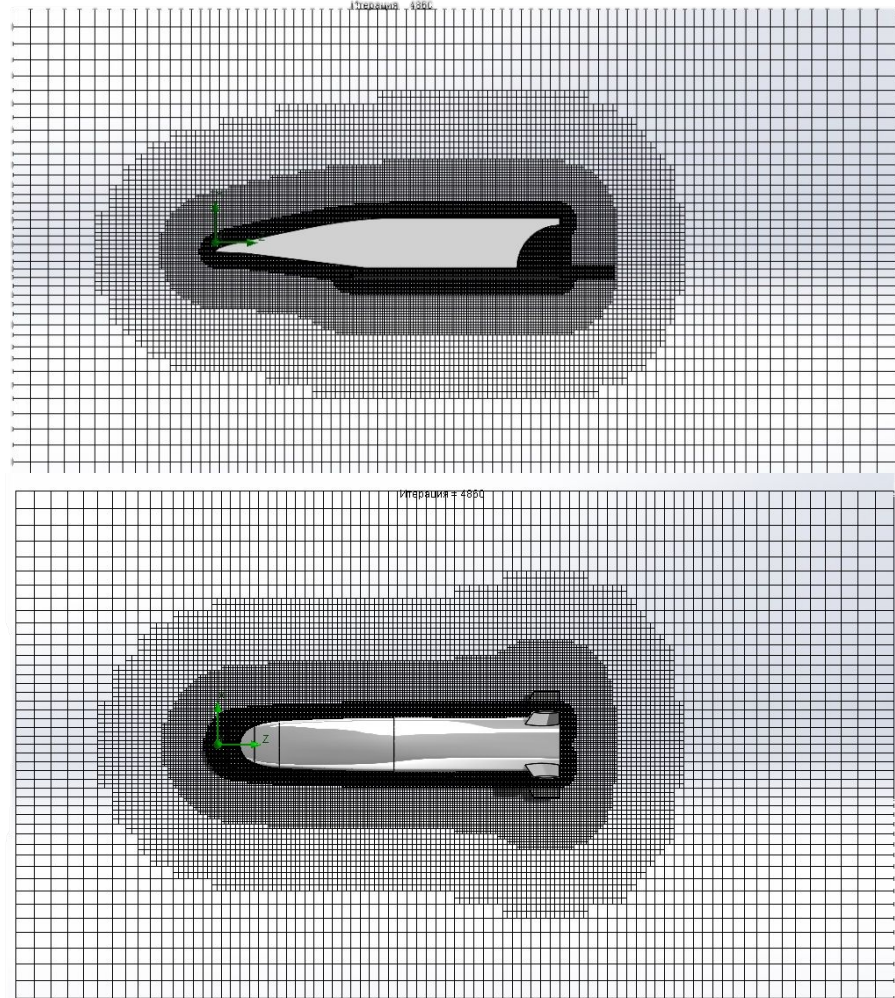
Тракт модели
ГЛА

Сеточная модель

Размеры
расчётной
области:

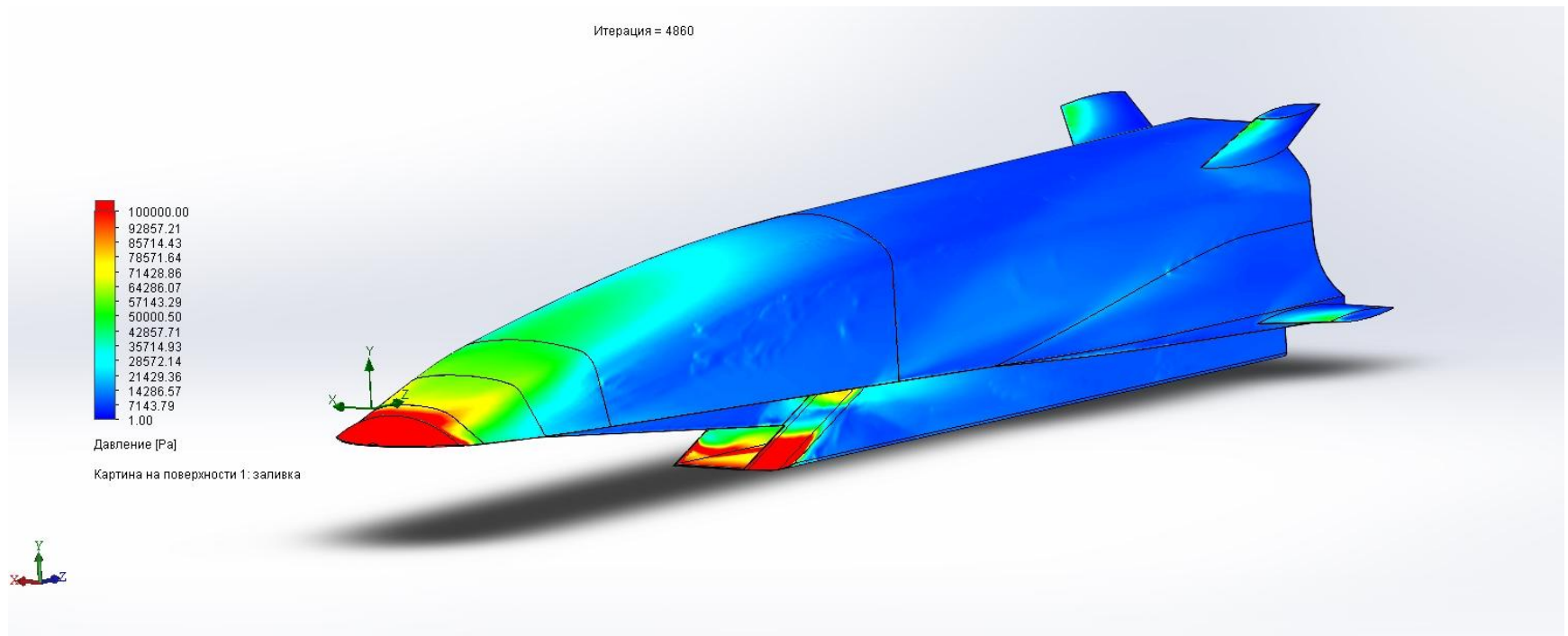
- Длина – 11 м
- Ширина – 6.3 м
- Высота – 5.8 м

Количество ячеек:
2 571 358



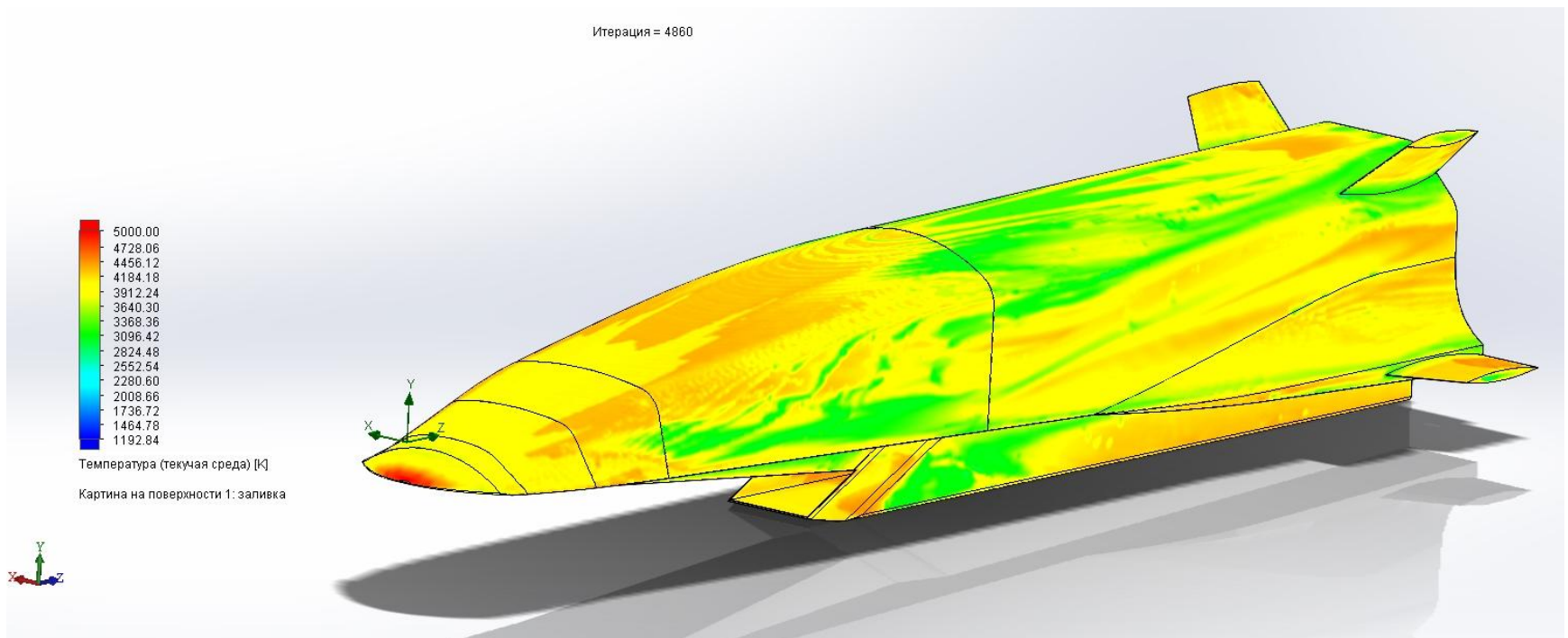
Сеточная модель расчётной
области

Результаты расчётов



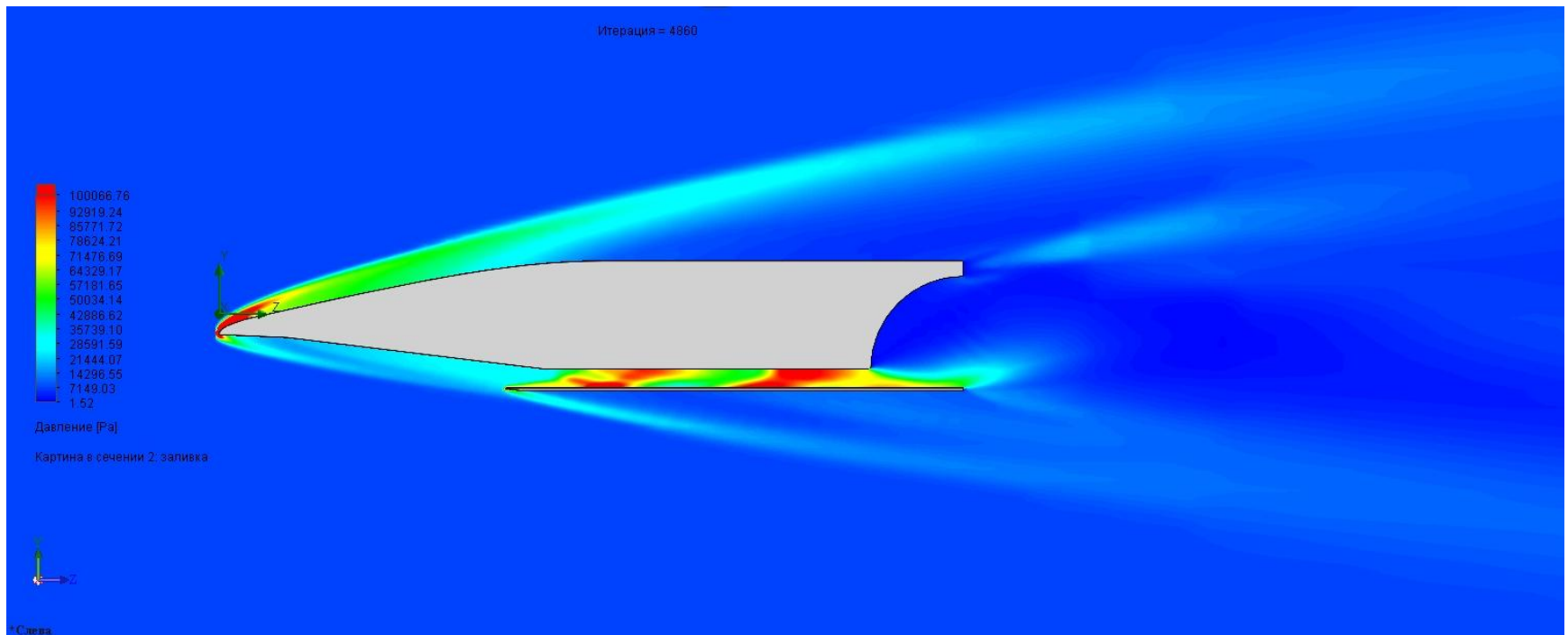
Поле распределения давления по поверхности модели
ГЛА

Результаты расчётов



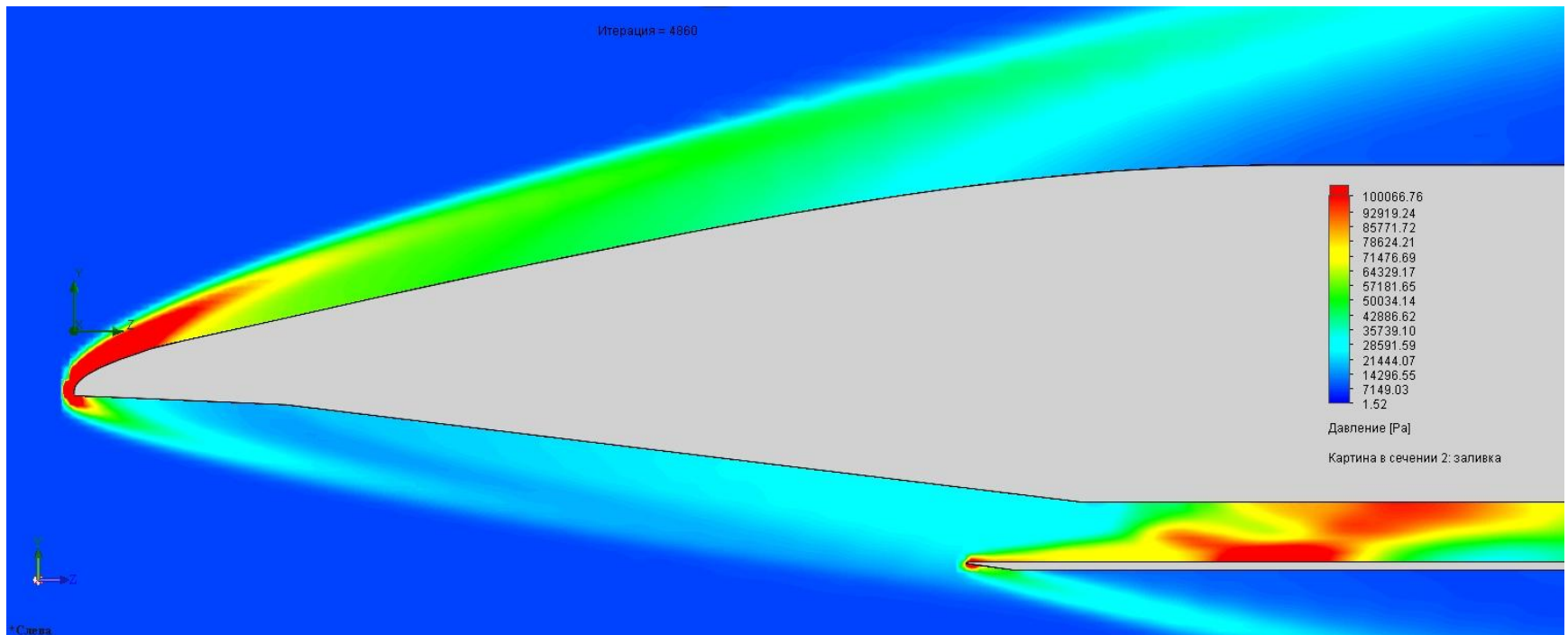
Поле распределения температуры по поверхности модели ГЛА

Результаты расчётов



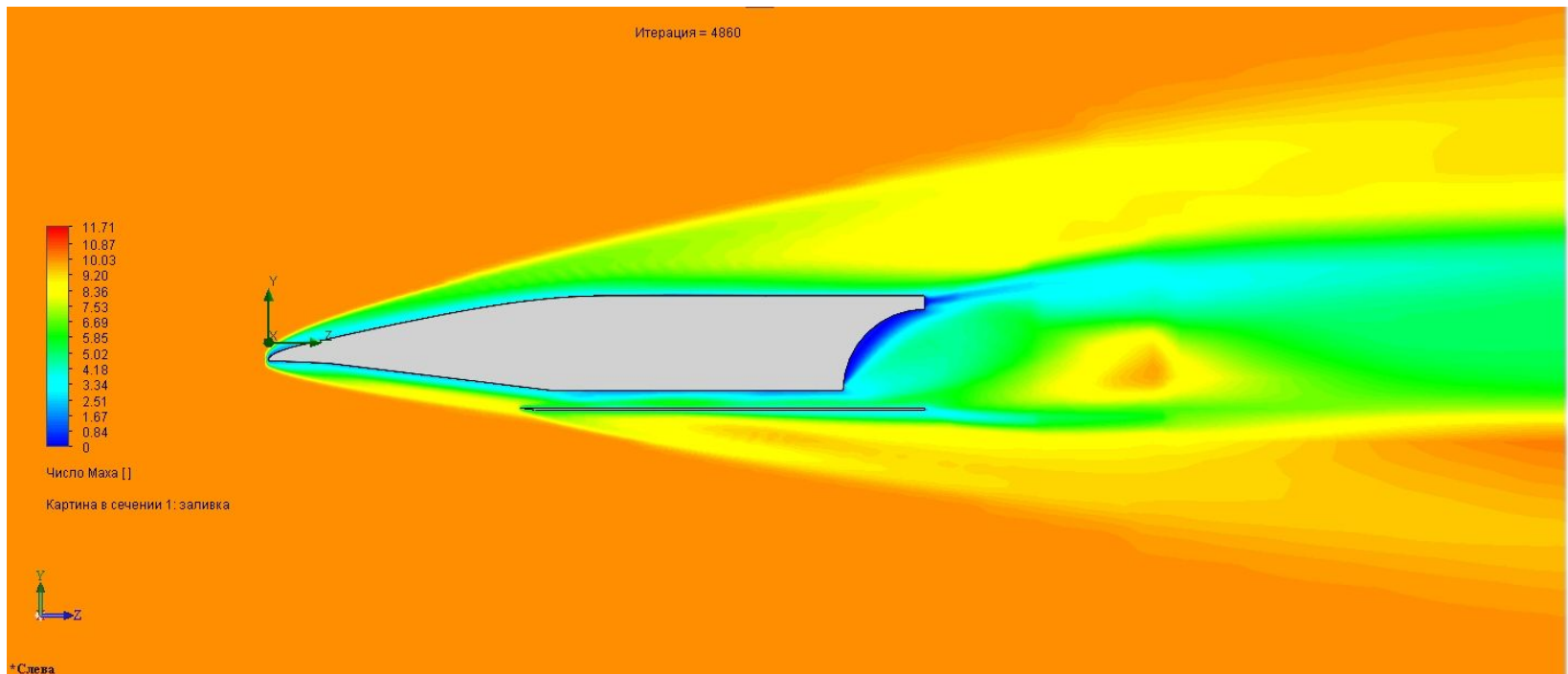
Поле распределения давления около поверхности модели
ГЛА

Результаты расчётов



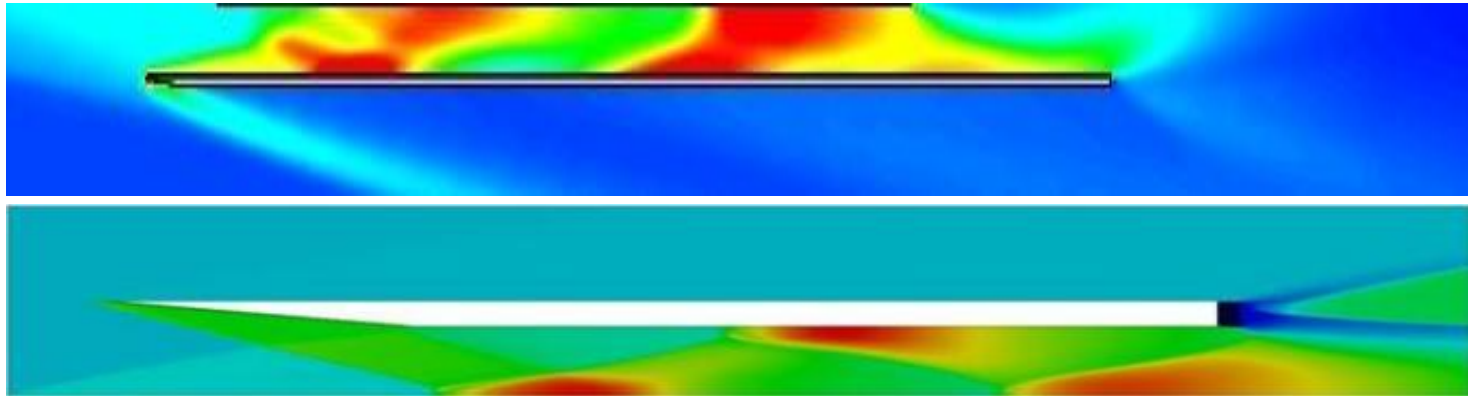
Поле распределения давления в носовой области и воздухозаборнике модели двигателя

Результаты расчётов



Поле распределения числа Маха около поверхности модели ГЛА

Сравнение результатов расчётов с опубликованными данными



Поля распределения давления в тракте двигателя исследуемой модели ГЛА
(сверху)
и в тракте двигателя модели из опубликованных данных (снизу)

Выводы

- При сравнении результатов расчёта с результатами из опубликованных источников выявлена их частичная сходимость, требующая улучшения.
- Для повышения достоверности результатов следует использовать ещё более подробную сеточную модель.

Спасибо за внимание