



Институт Прикладной Математики им. М.В.Келдыша РАН

Программный комплекс S3D

Параллельный код для решения задач
газодинамики с моделированием турбулентности

И.С.Меньшов, А.В.Северин



Общие цели и задачи кода

Решение задач вычислительной газодинамики.

Что моделируется (классы течений)

Сжимаемые течения – дозвук, сверхзвук, гиперзвук.

Модели

Эйлер, НС, моделирование турбулентных течений (RANS, LES, DES).

Модели турбулентности Смагоринского-Лилли, Спаларта-Аллмараса.

Есть ли собственный генератор сеток?

Нет, формат CGNS.

Численные методы

Конечно-объемные,

Порядок аппроксимации по пространству: 1,2 (схема С.К.Годунова)

Интегрирование по времени: явные схемы, неявные схемы,

используемый солвер для решения систем линейных уравнений: LU-SGS

Параллельные вычисления

Тип распараллеливания: одноуровневое – MPI

Рабочий диапазон числа процессорных ядер – до 128

Гетерогенные вычисления – нет

Достижимый процент от пика выч. устройств – не известно.



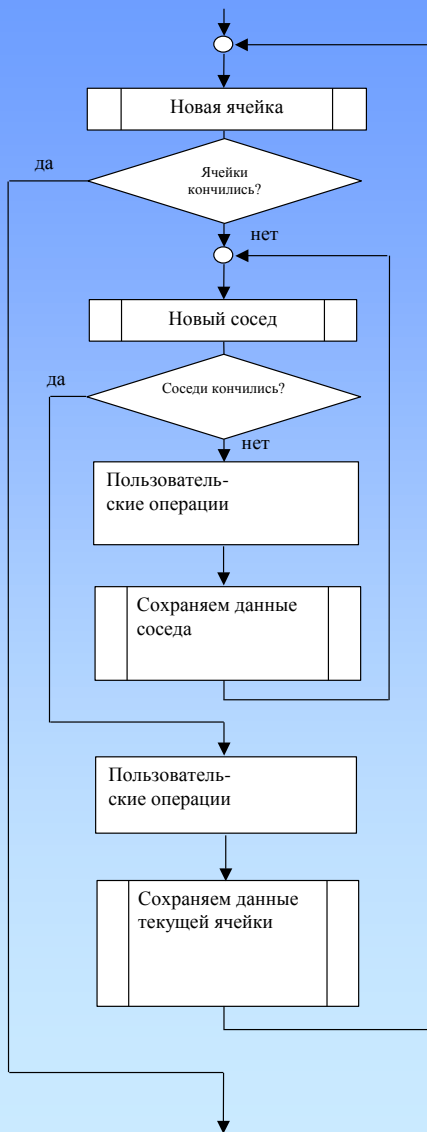
История создания

осень	2013 – однопроцессорный менеджер сеток
зима	2014 – распараллеливание
весна	2014 – соединение сеточной и газодинамической частей кода
лето	2014 – тестирование, пристеночные функции
осень	2014 – первая прикладная задача - управление вектором тяги сопла
зима	2015 – задача аэроакустики - пульсации давления в каверне
весна	2015 – оптимизация кода: ускорение геометрических вычислений, ускорение распределения по процессорам и вычисления расстояния до поверхности
лето	2015 – модель Спаларта-Аллмараса

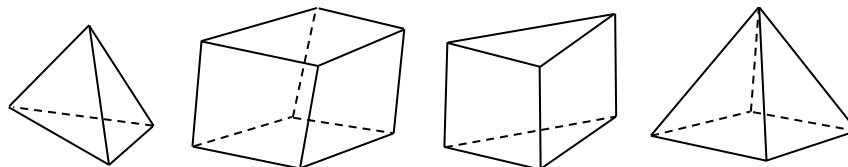


Составная часть кода –
библиотека для работы с сетками
GridMan3D

← Схема цикла обработки ячеек

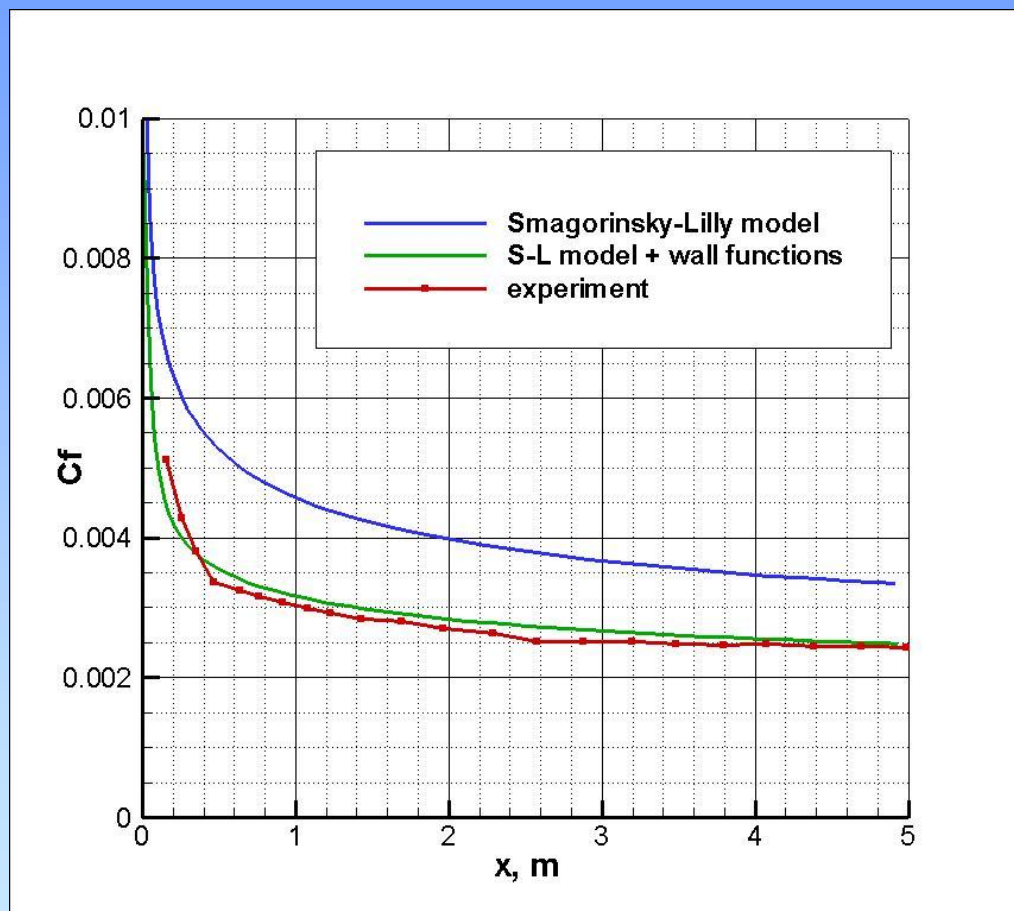


Разрешенные типы ячеек





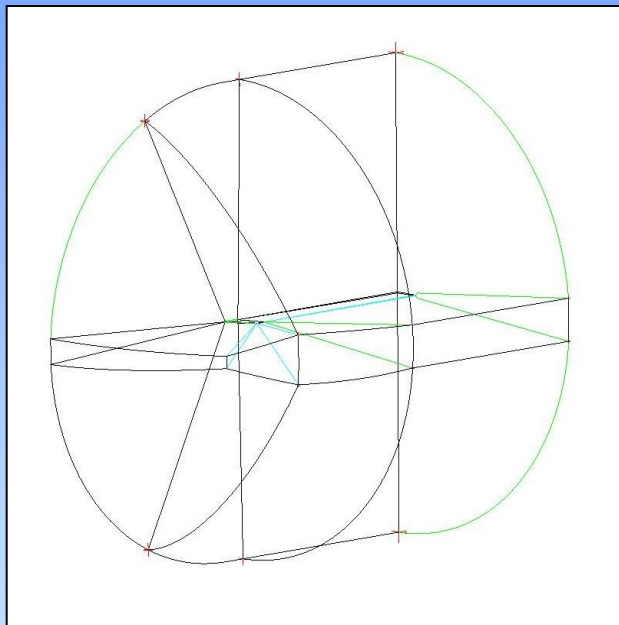
Турбулентный пограничный слой на плоской пластине



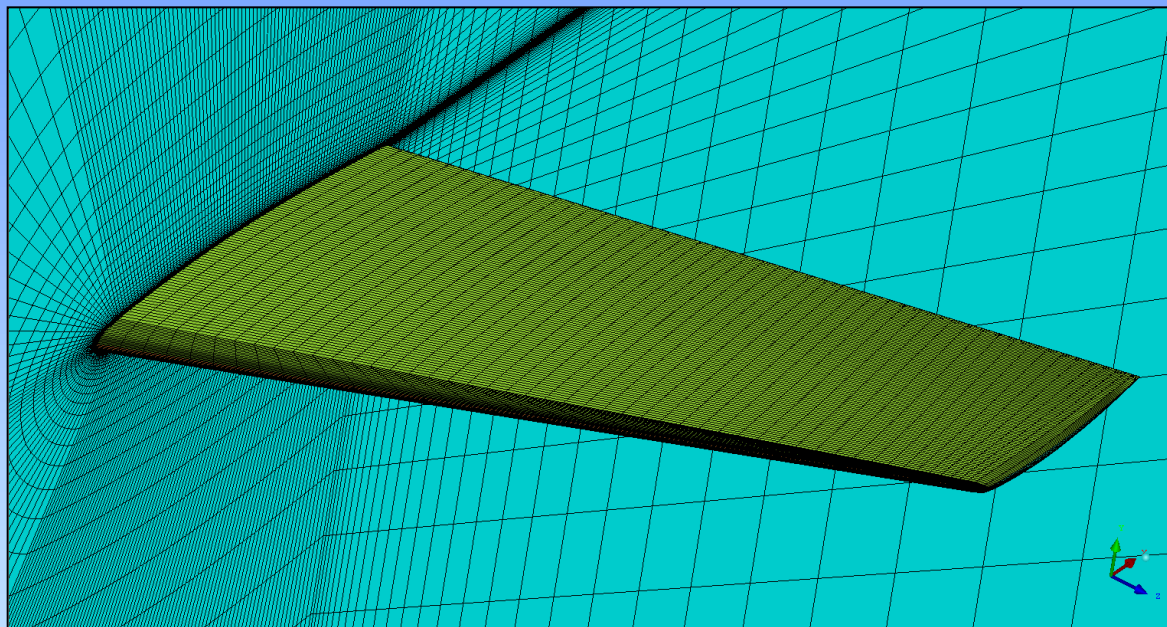
Коэффициент трения на плоской пластине. $M=0.1$, $Re=2 \times 10^6$, $y^+ = 24 - 81$



Тестовая задача – крыло ONERA M6



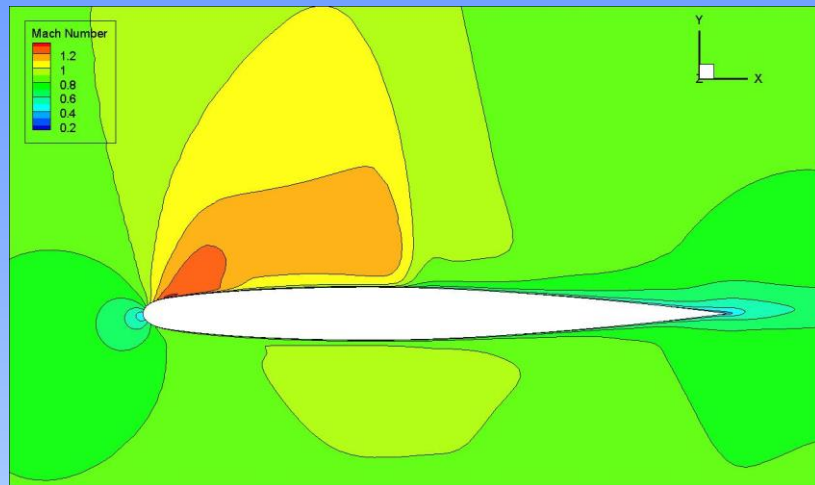
Блочная структура сетки



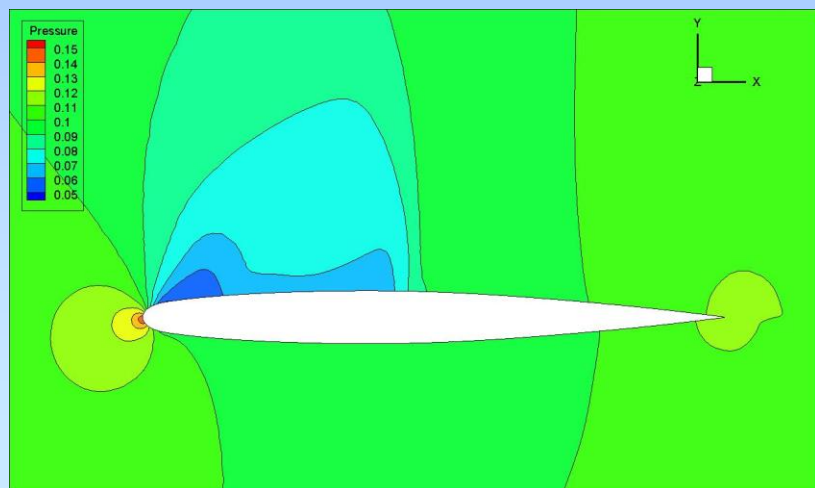
Сетка на поверхности крыла и в плоскости симметрии

870880 ячеек

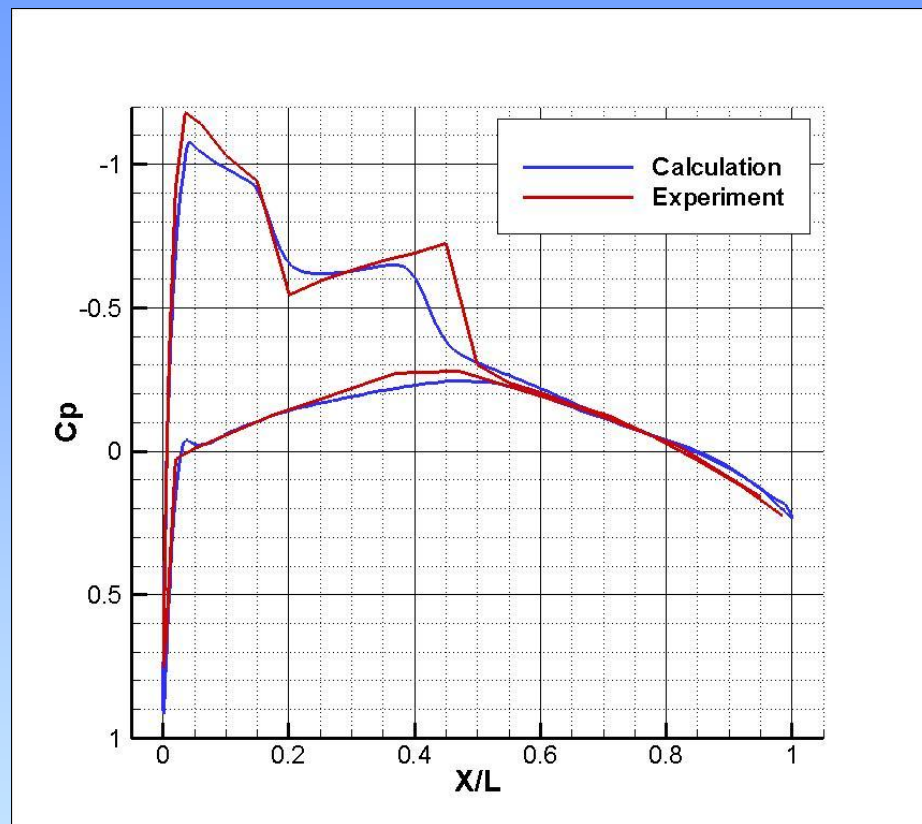
Тестовая задача – крыло ONERA M6



Число Маха



Давление



Коэффициент давления на поверхности крыла

Управление вектором тяги сопла

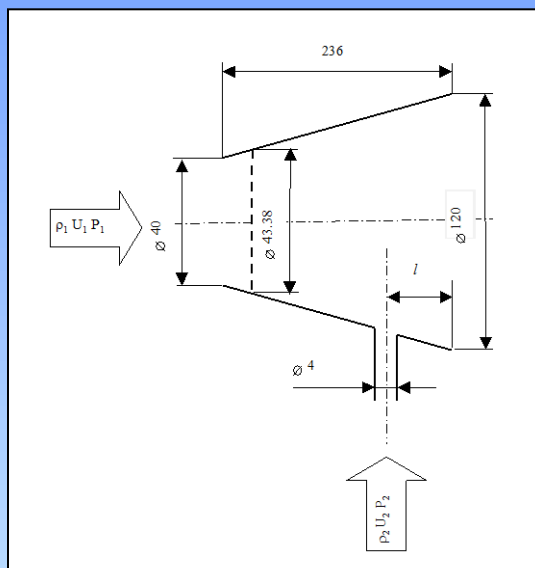
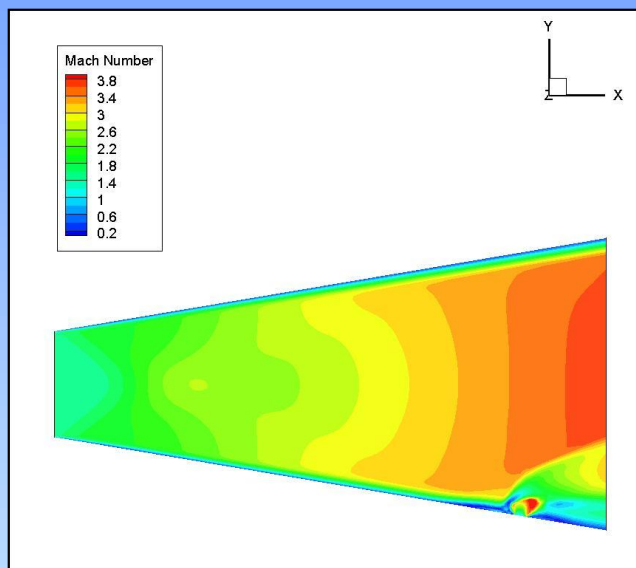
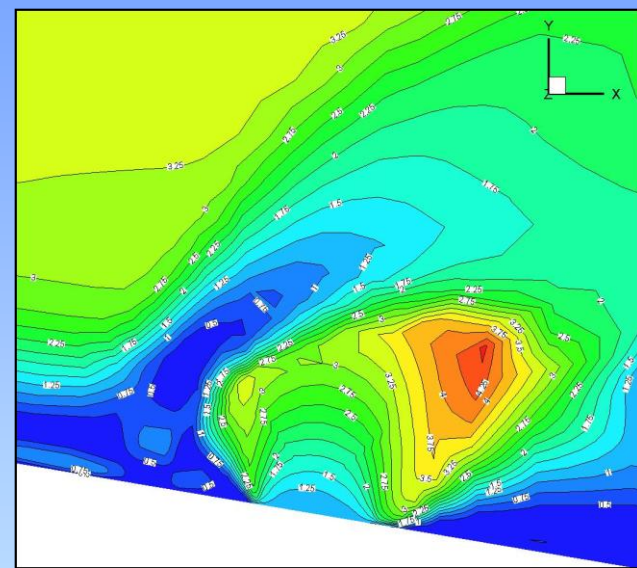


Схема сопла

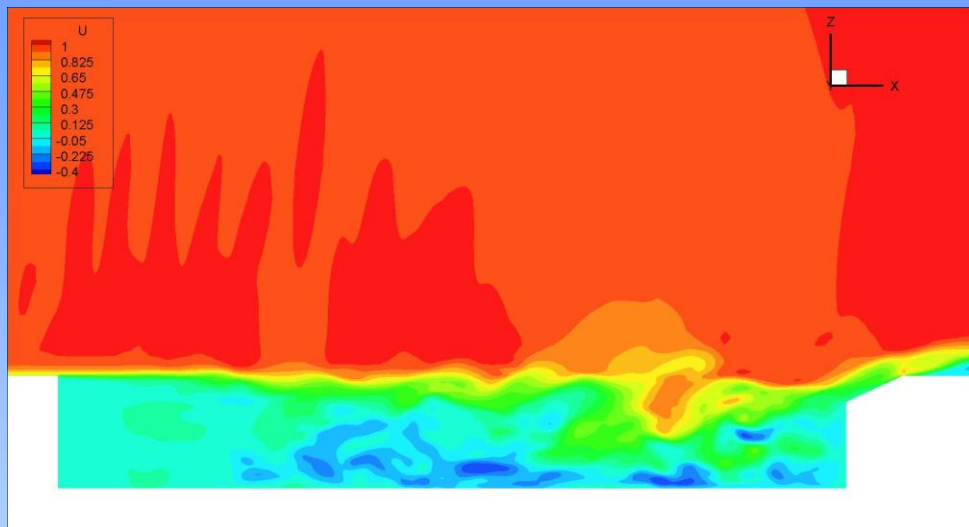


Число Маха в плоскости симметрии

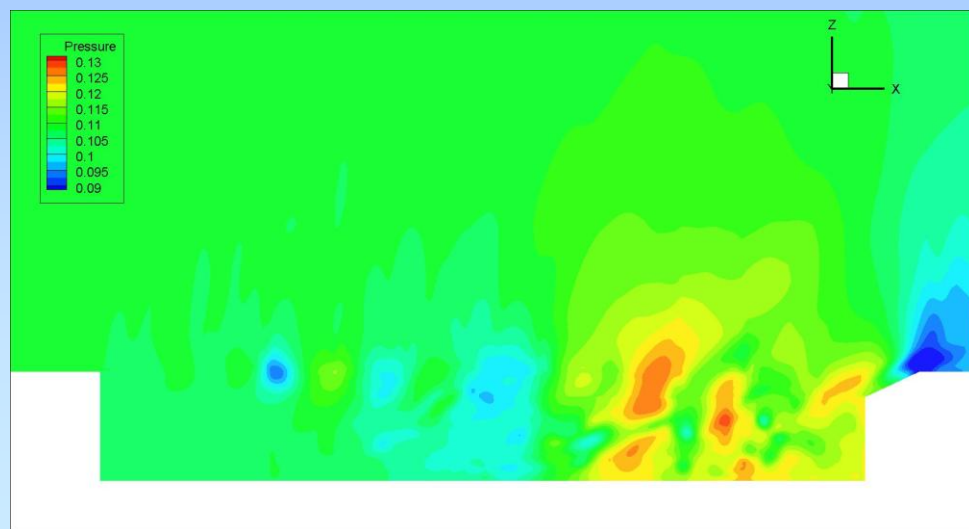


Число Маха вблизи отверстия

Пульсации давления в каверне



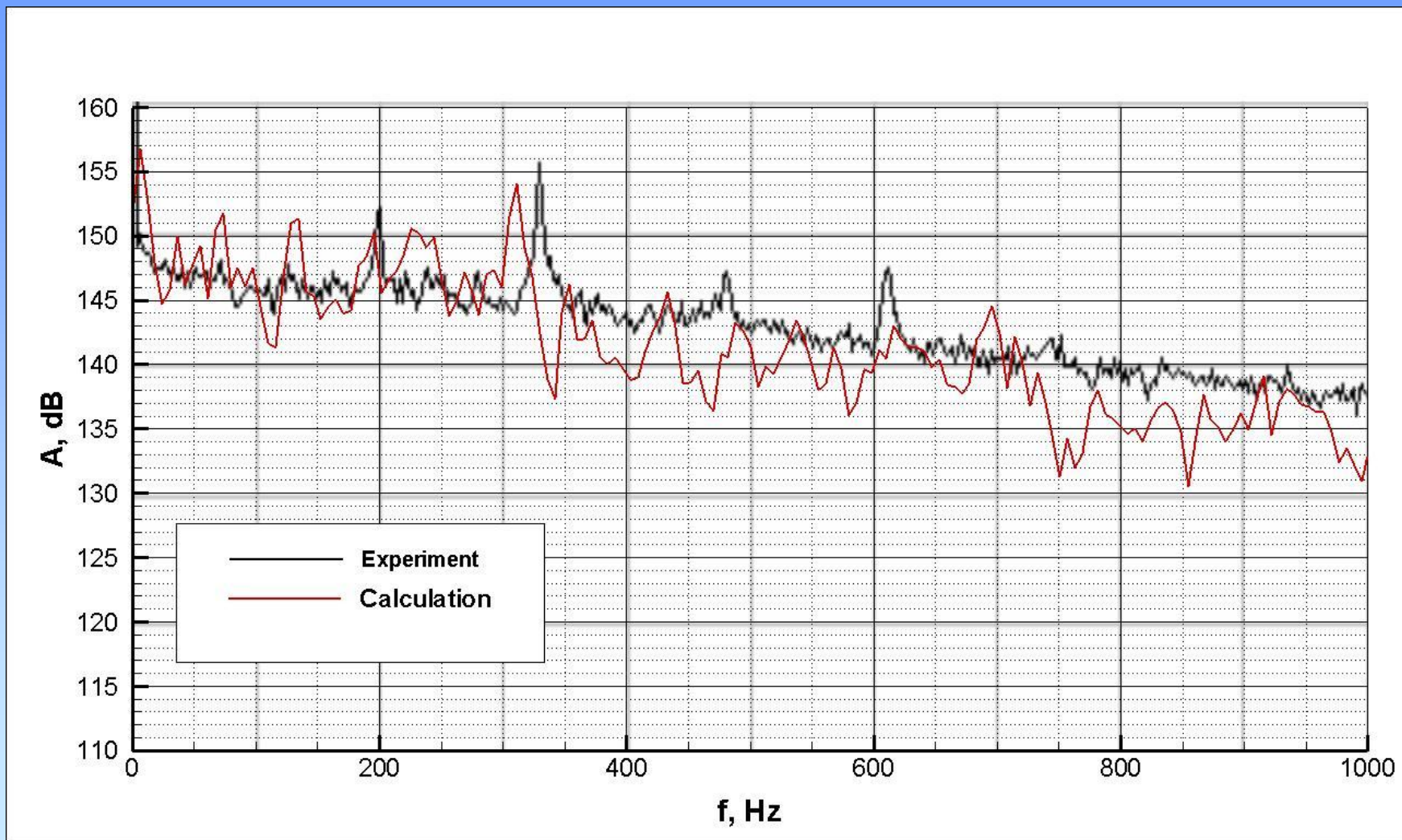
Продольная скорость, отнесенная к скорости набегающего потока в продольном сечении.



Давление в продольном сечении, МПа.



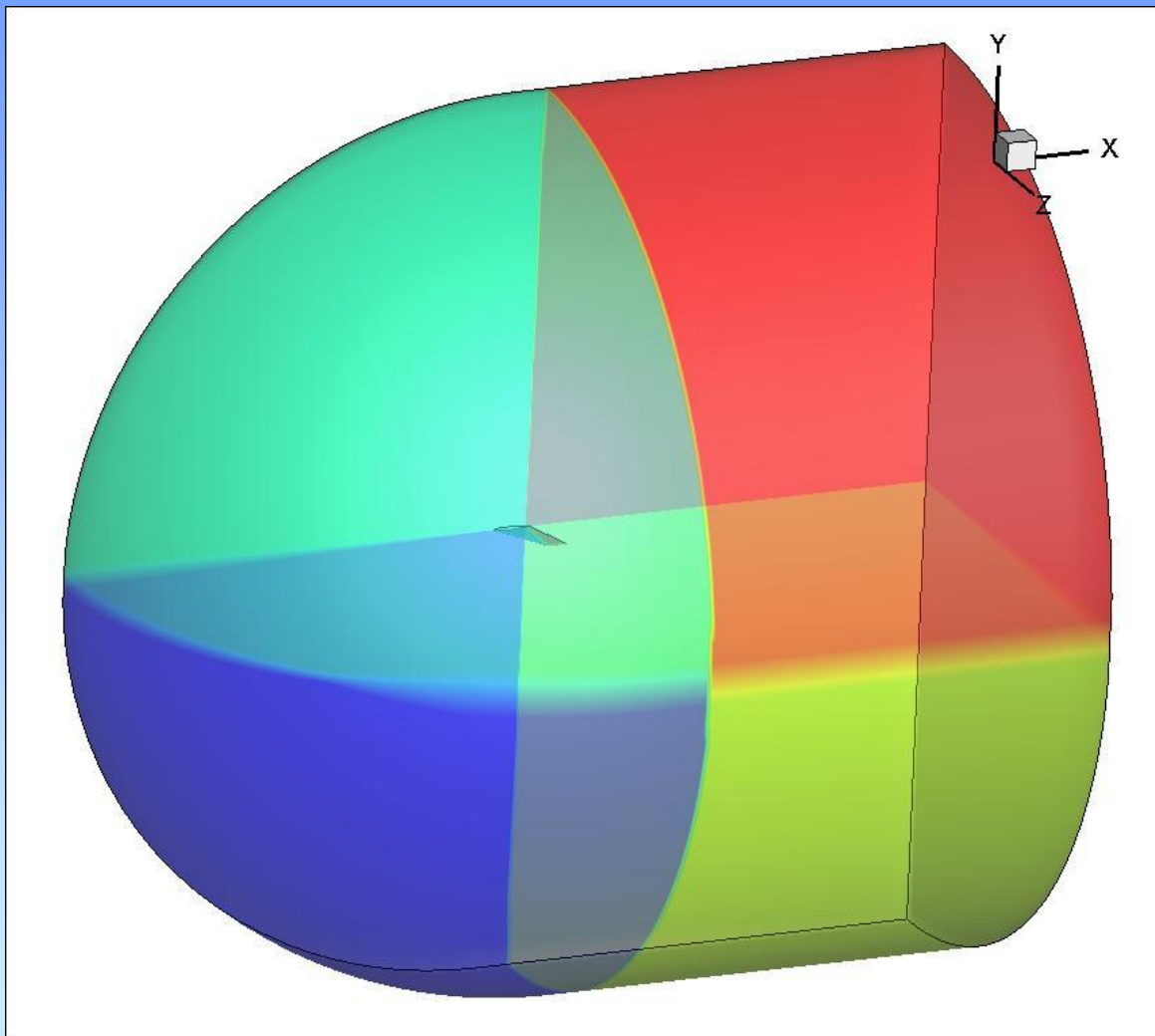
Пульсации давления в каверне



Спектр пульсаций давления.

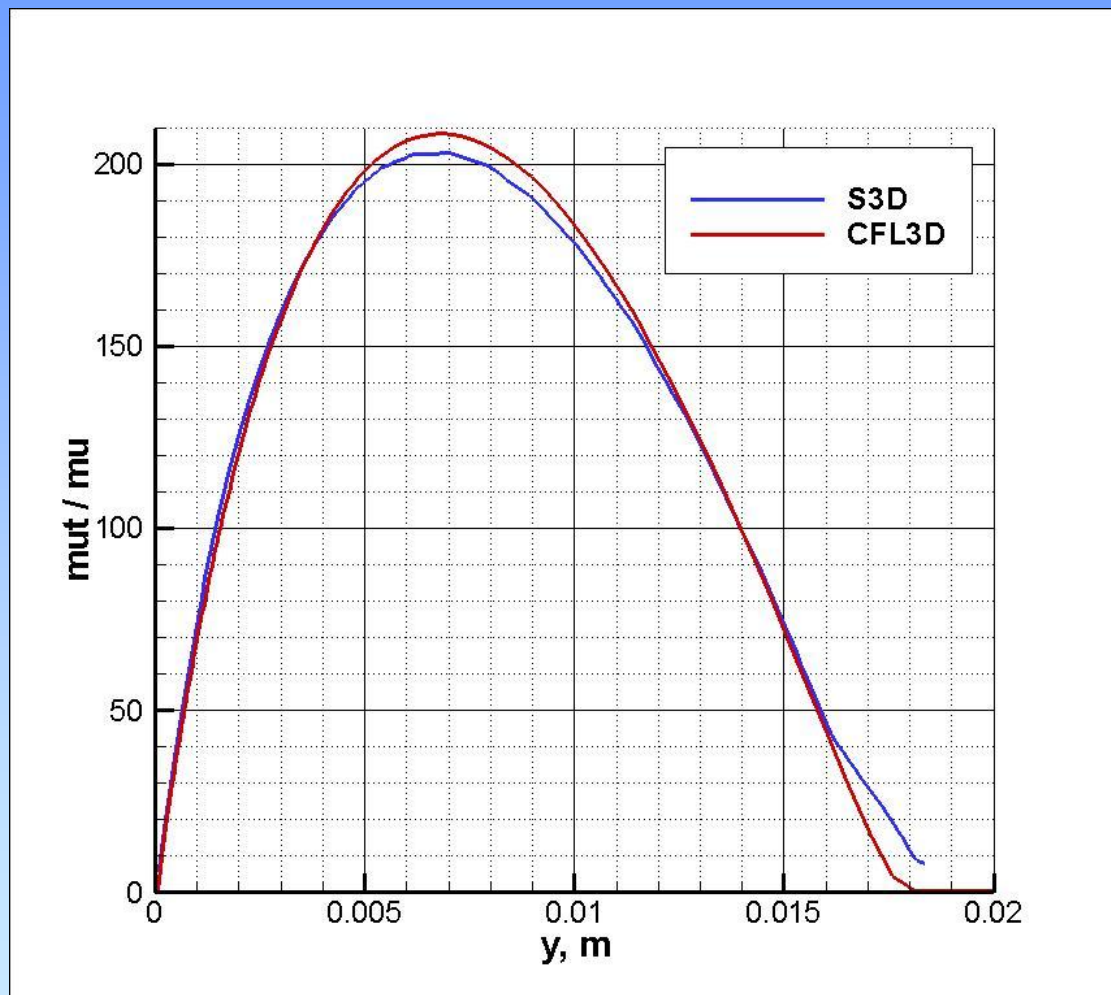


Распределение ячеек по процессорам





Модель Спаларта-Аллмараса



Отношение турбулентной вязкости к молекулярной в пограничном слое.



Литература

1. Луцкий А.Е., Северин А.В., GridMan3D – библиотека подпрограмм для параллельных вычислений на нерегулярных сетках // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2014. № 78.
2. Луцкий А.Е., Меньшов И.С., Северин А.В., Определение частот пульсаций давления в каверне, обтекаемой потоком газа // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2015. № 80.



Спасибо за внимание!

И.С.Меньшов (menshov@kiam.ru), А.В.Северин (severin@kiam.ru)