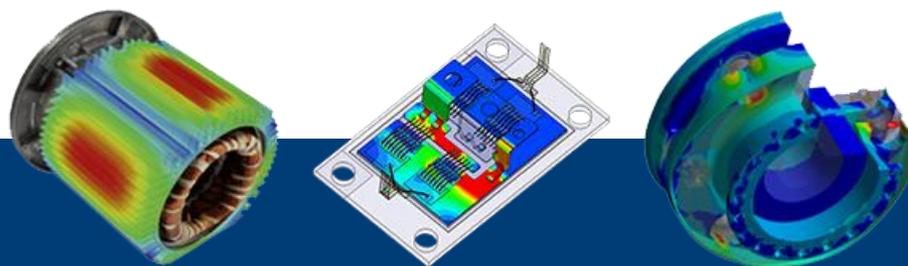


CADFEM[®]

ANSYS[®]

Центр Компетенции

Инженерный анализ - это больше,
чем программное обеспечение[®]



Расчёт параметров турбулентной осесимметричной струи
на выходе из сопла в ANSYS Fluent

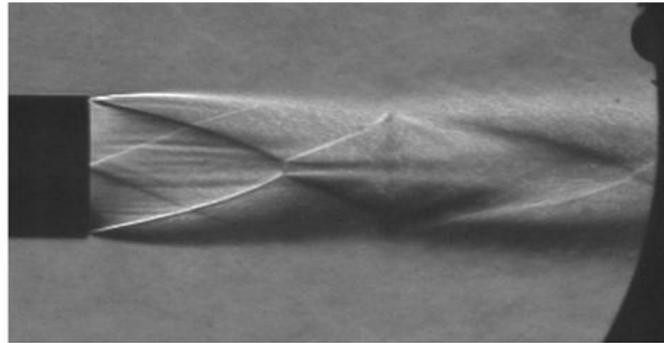
Денис Хитрых, КАДФЕМ Си-Ай-Эс, 2010-2014

Необходимые пояснения

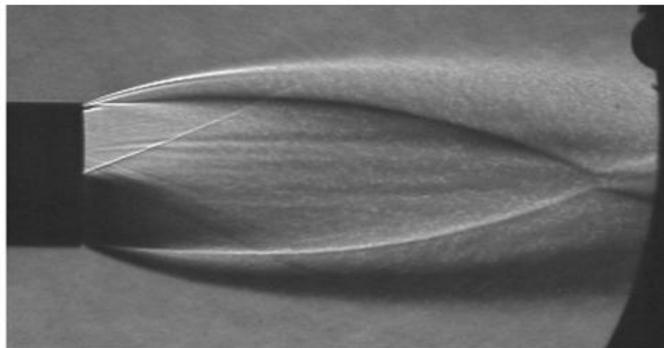
Этот обучающий пример создан с целью ознакомления начинающих пользователей с возможностями ANSYS Fluent по расчету истечения турбулентных струй из сопел.

- Расчет выполнен в двумерной постановке с условием осесимметрии.
- Используется DBS решатель с явной схемой (Explicit).
- Используется модель турбулентности SST-k- ω с учетом сжимаемости среды.
- Расчетная сетка – файл fluent2d.msh (~20.000 ячеек).

Эксперимент



Шлирен картина для неизобарической струи при степени нерасчетности $P_a / P_e = 0.748$ и времени экспозиции $t=1/30$ секунды [3].

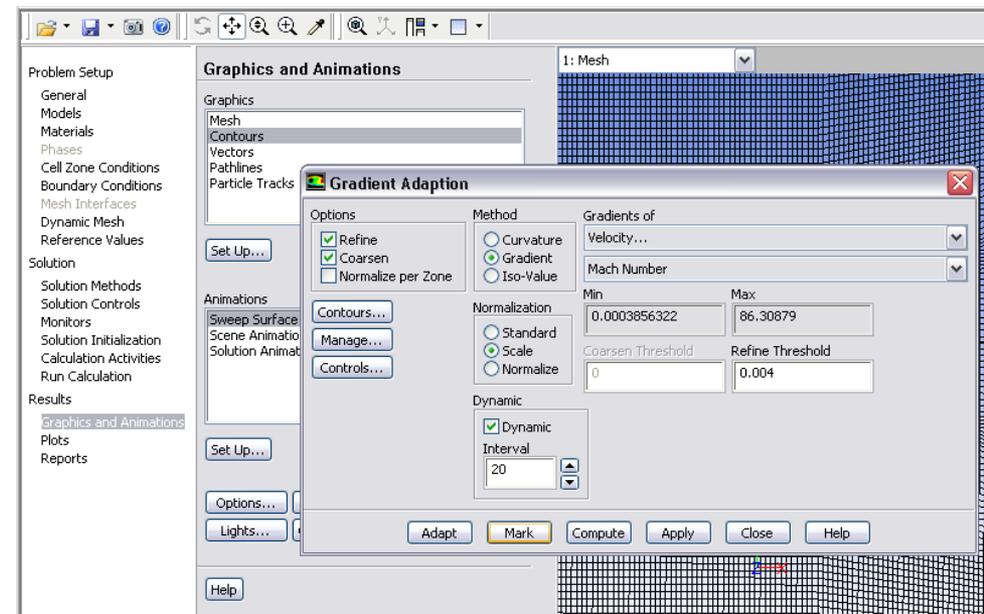


Шлирен картина для неизобарической струи при степени нерасчетности $P_a / P_e = 2.314$ и времени экспозиции $t=1/30$ секунды [3].

Адаптация сетки

Задание управляющих параметров для построения адаптивной сетки по градиенту числа Маха:

1. **Выбор метода адаптации:** Adapt -> Gradient.
2. **Заполните поля панели Gradient Adaptation:**
3. **Options:** Refine и Coarsen;
4. **Normalization:** Scale;
5. **Dynamic:** Вкл. и Interval = 20;
6. **Gradients of:** Velocity -> Mach Number.
7. **Нажмите [Compute].**



Адаптация сетки (продолжение)

8. В панели **Gradient Adaptation** выполните операцию **[Mark]**:
9. Затем нажмите на **[Manage]** -> появится панель **Manage Adaptation Registers**.
10. В этой панели в окне **Registers** выделяем идентификатор **gradint-r0** и нажимаем кнопку **[Display]**.
11. Далее **[Adapt]**.
12. В панели **Adaption Display Options** определяем следующие параметры:

Options: Draw Mesh, Filled;

Refine: Wireframe, Marker;

Refine-Size: red;

Refine-Symbol: @;

Coarsen-Color: cyan;

Coarsen-Color: 0.1;

Coarsen-Color: @.

Результаты адаптации сетки

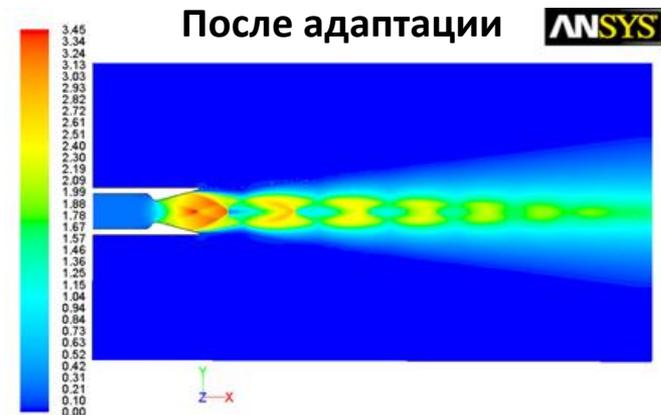
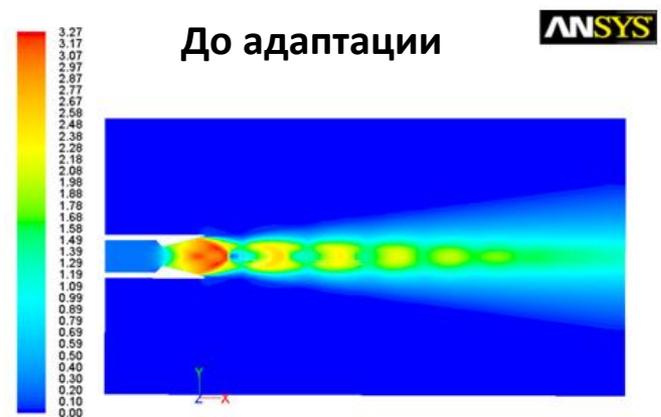
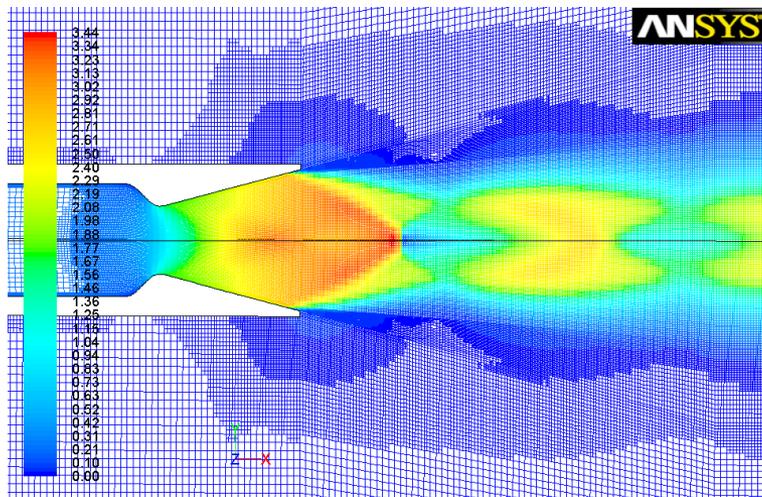
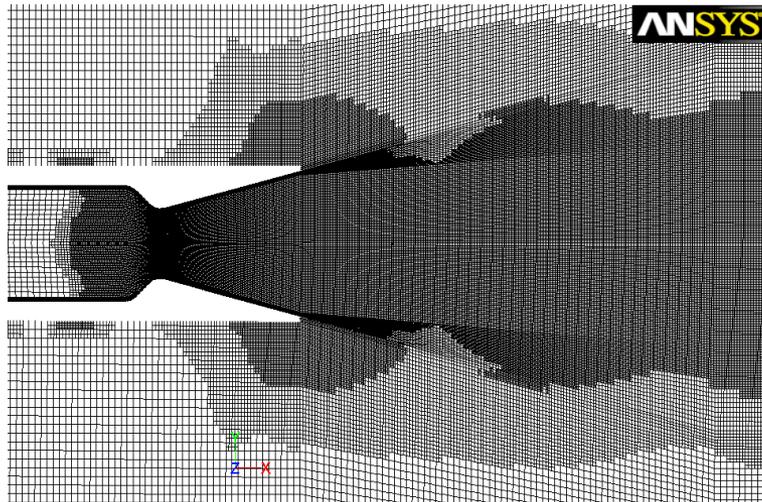
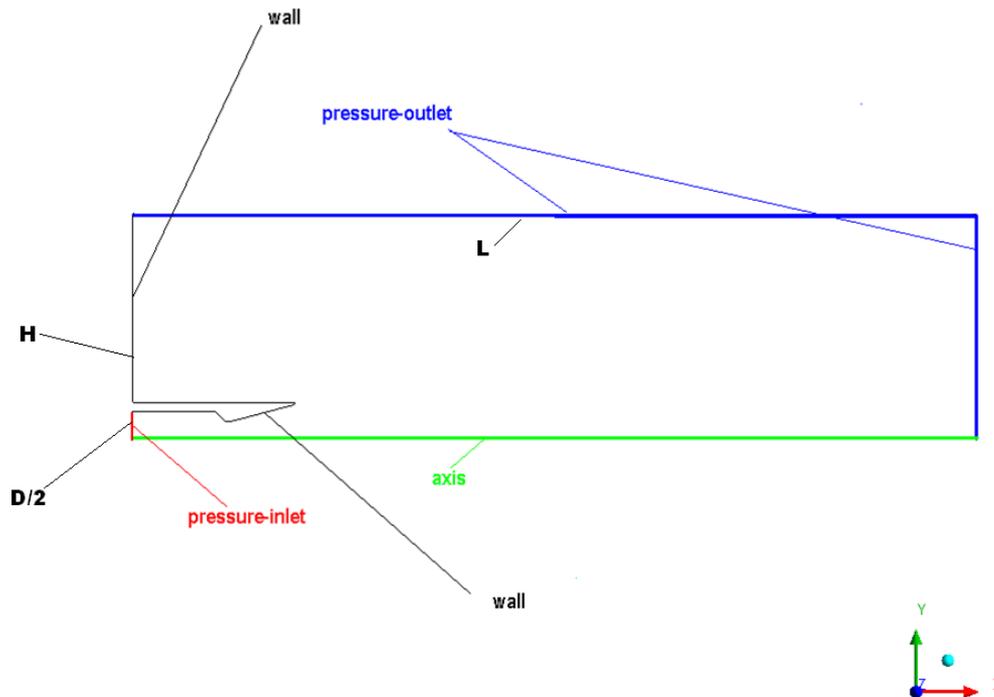


Схема граничных условий и размеры расчетной области



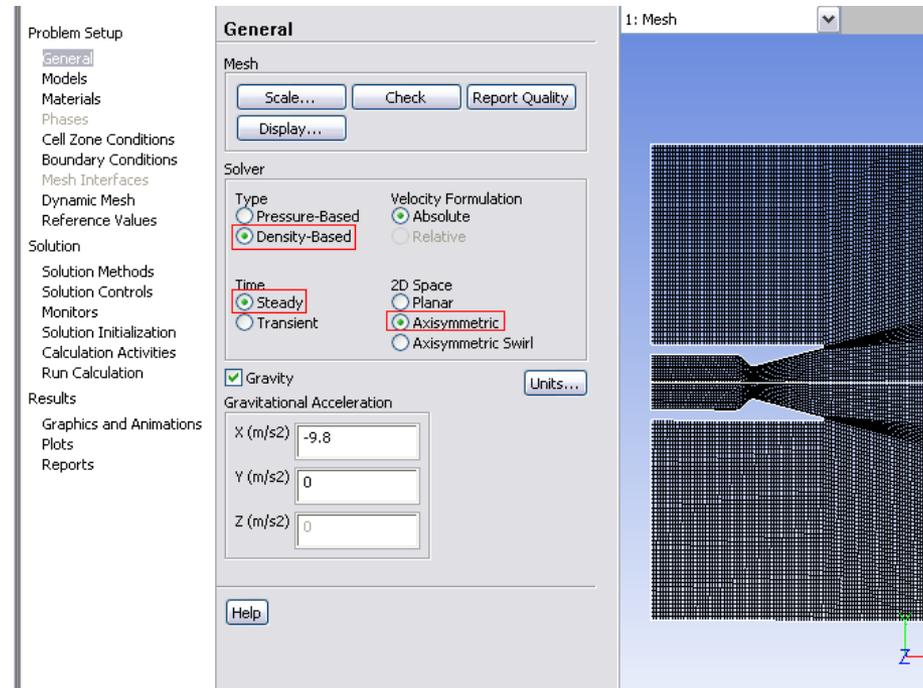
Характерный размер:
диаметр сопла $D = 28$ мм.

Размеры расчетной области:
 $H/D = 3.5$;
 $L/D = 15.5$.

Установки решателя

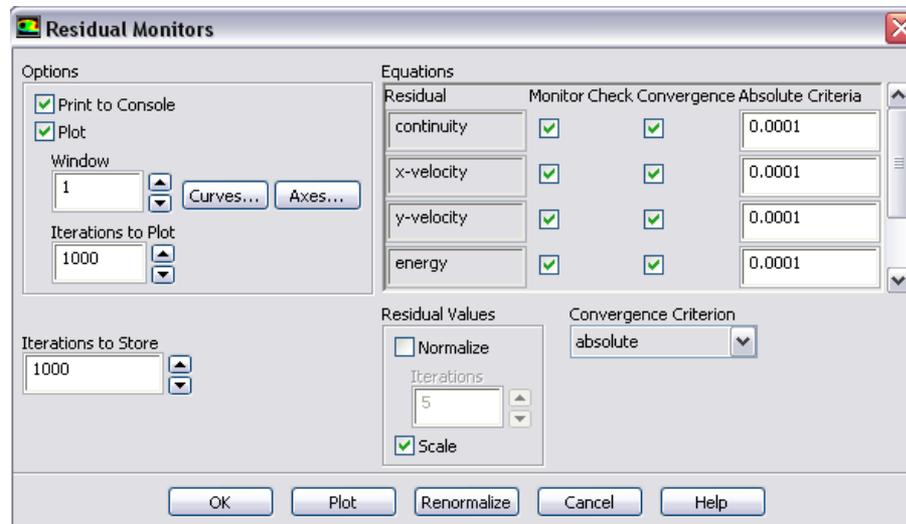
В панели General выбираем:

1. Тип решателя Solver = Density-Based;
2. Тип задачи Time = Steady (стационарная);
3. Для осесимметричной постановки в опциях 2D Space выбираем Axisymmetric.
4. После этого переходим к заданию параметров сходимости -> панель Residual Monitors

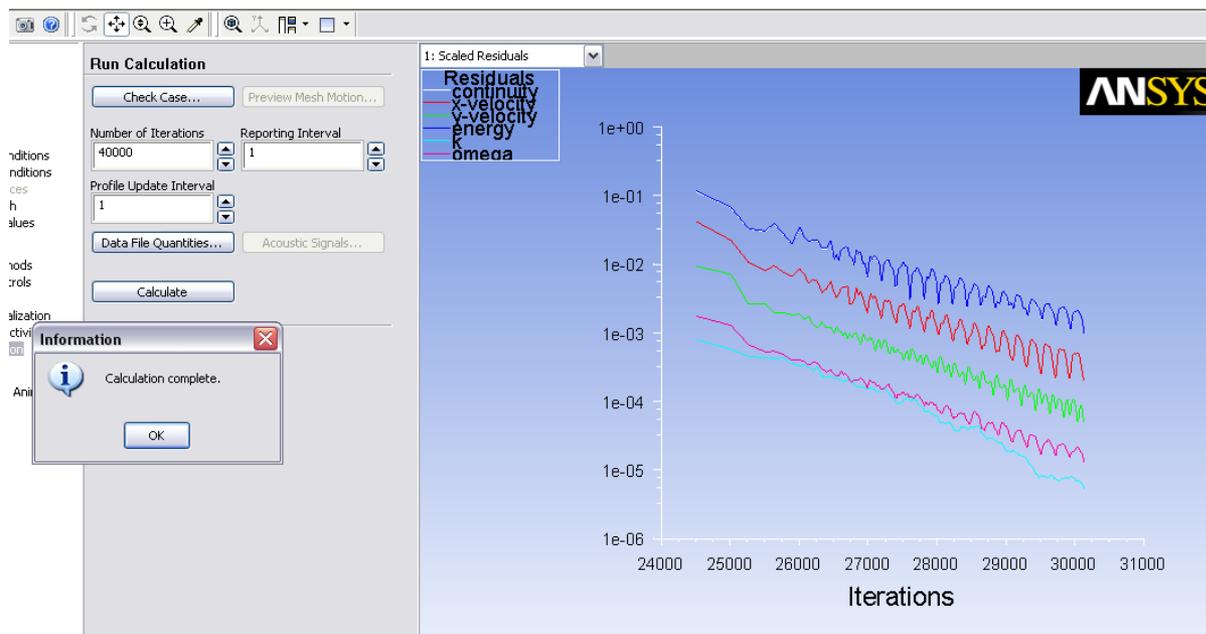


Установка параметров сходимости

Заполните панель Residual Monitors в соответствии с представленным рисунком.



Типичная картина поведения невязок во время итераций

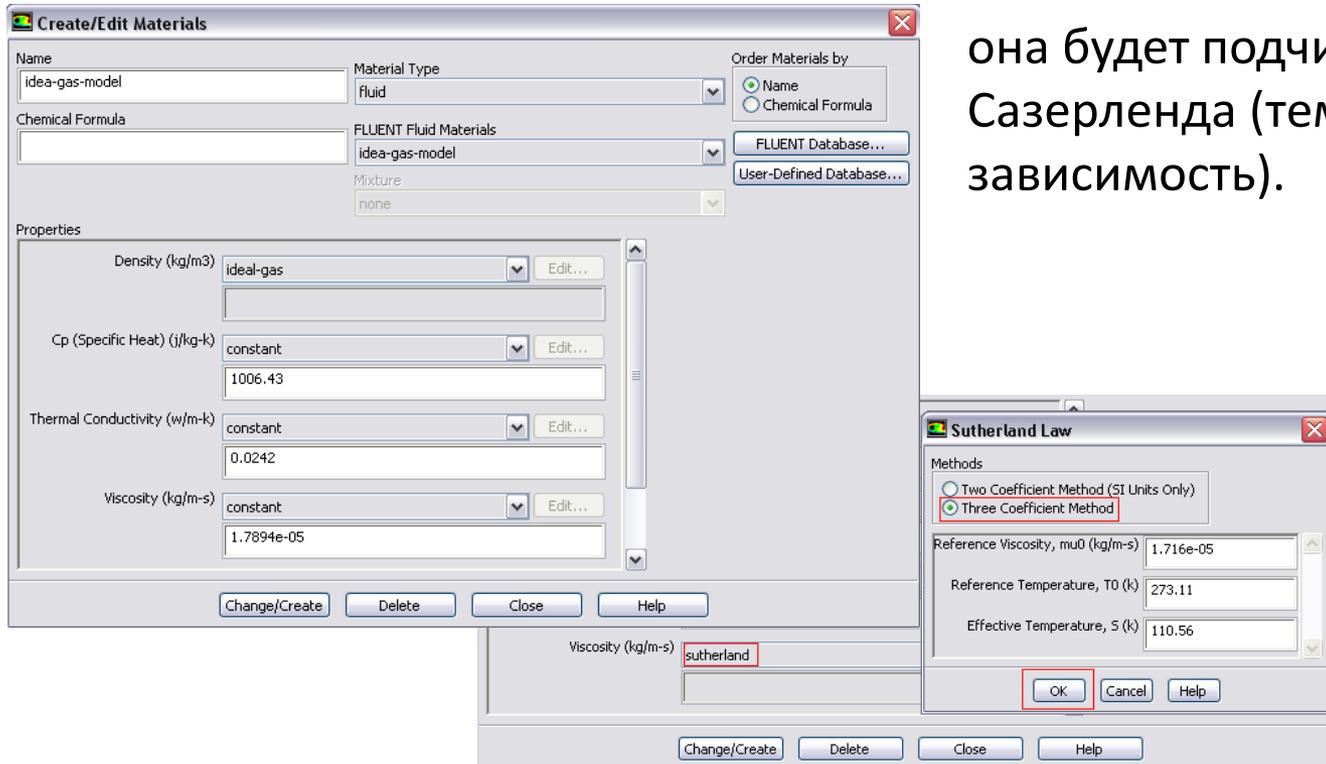


Задание свойств модельной среды

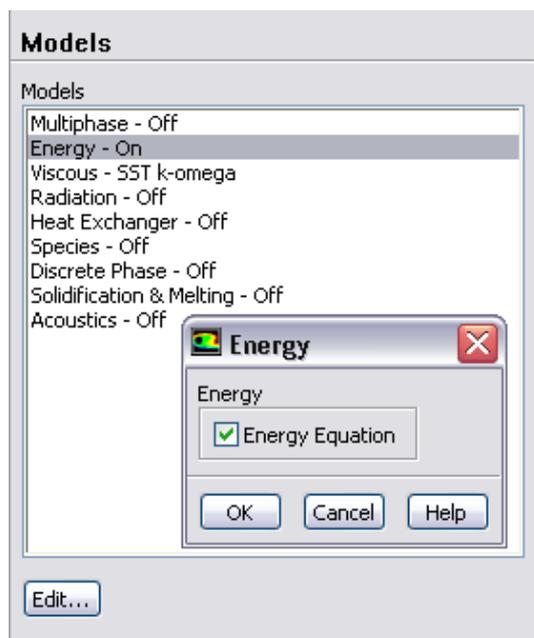
Перейдите в панель Create/Edit Materials и выберите модель Идеального газа (ideal-gas).

Далее отредактируйте Динамическую вязкость (Viscosity):

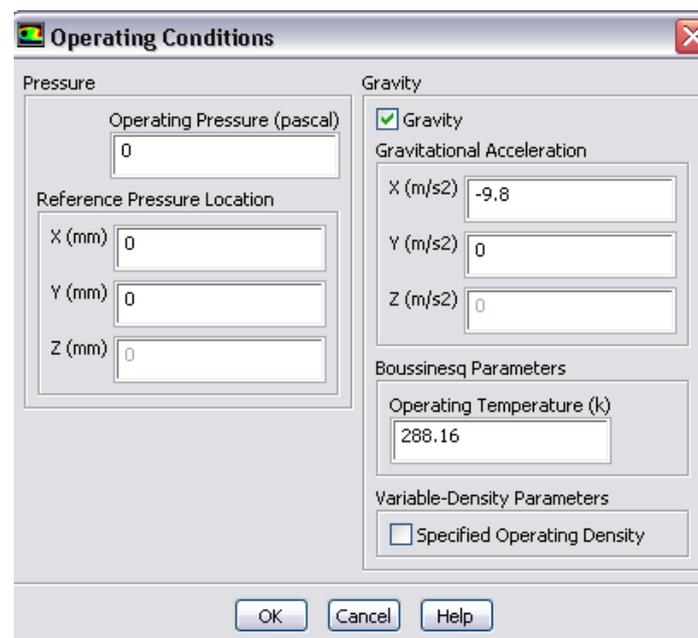
она будет подчиняться закону Сазерленда (температурная зависимость).



Уравнение энергии и опорные параметры



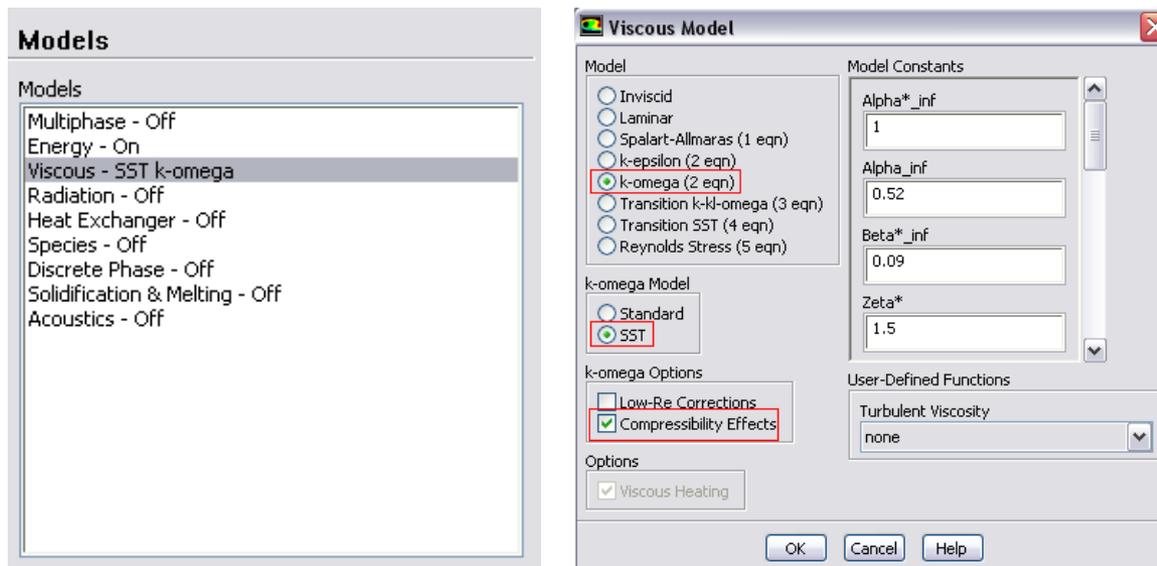
Включаем решение уравнения энергии в панели Models



Задаем опорные параметры в панели Operating Conditions

Модель турбулентности

Выбираем модель турбулентности SST k- ω с опцией учета сжимаемости модельной среды (выделено красным цветом).



Установка параметров решателя

Solution Methods

Formulation
 Explicit

Flux Type
 Roe-FDS

Spatial Discretization

Gradient
 Least Squares Cell Based

Flow
 Second Order Upwind

Turbulent Kinetic Energy
 Second Order Upwind

Turbulent Dissipation Rate
 Second Order Upwind

Transient Formulation
 [Dropdown]

Non-Iterative Time Advancement
 Frozen Flux Formulation

Default

Solution Controls

Courant Number
 1

Multigrid Levels
 0

Residual Smoothing
 Iterations 0

Under-Relaxation Factors

Turbulent Kinetic Energy
 0.8

Turbulent Dissipation Rate
 0.8

Turbulent Viscosity
 1

Solid
 1

Default

Equations... Limits... Advanced...

Задание граничных условий

Граничные условия определяем в соответствии со схемой, показанной на 7 слайде:

1. **На входе** в сопло определяем полное давление (pressure-inlet) $P = 2.5 \cdot 10^5$ Па. **Для другой степени нерасчетности следует задавать другое значение давления.**

Параметры турбулентности на входе: Turb. Inten. = 1.5%; Turb. Len. Sc. = 10 мм.
Температура на входе $T = 287$ К.

2. **На выходе** расчетной области задаем ГУ pressure-outlet : $P = 1.008 \cdot 10^5$ Па.
Температура на выходе $T = 294$ К.

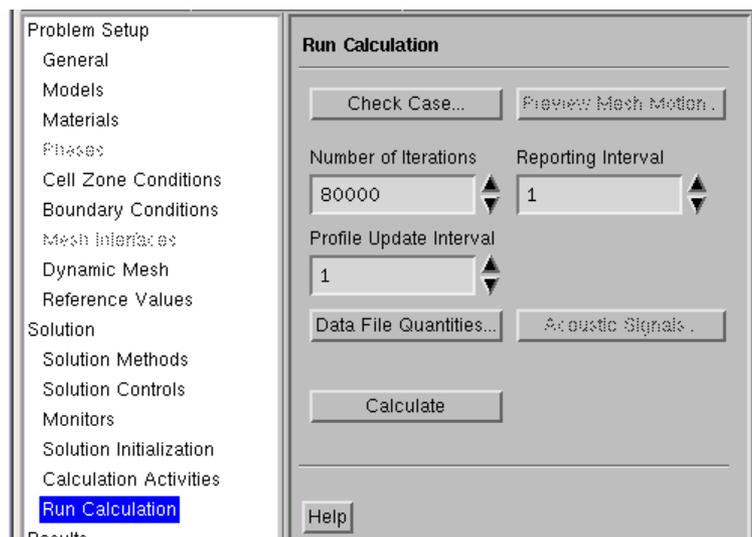
Параметры турбулентности на входе: Turb. Inten. = 1.5%; Turb. Len. Sc. = 10 мм.

3. **На стенках:** $T = 287$ К.

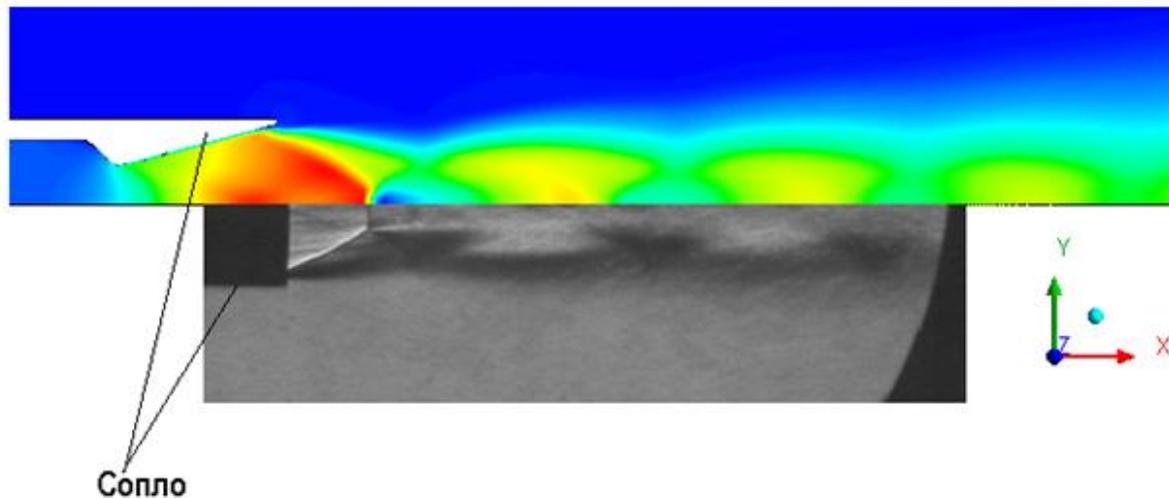
Запуск задачи

Переходим в раздел Run Calculation и в одноименной панели определяем настройки в соответствии с рисунком.

Нажимаем **[Calculate]**. И ждем 1 час, 2 часа, день и т. д. (в зависимости от мощности вашей рабочей станции) завершения итерационного процесса.



Результаты моделирования



Расчетное поле числа Маха, полученное в ANSYS Fluent и шлирен картинка (ИТПМ СО РАН г. Новосибирск) для неизобарической струи при степени нерасчетности 0.303 и времени экспозиции $t = 1/30$ сек.