

JET3D – эффективный код для расчета сложных турбулентных дозвуковых и сверхзвуковых течений

**Любимов Д.А.
ФГУП «ЦИАМ им.П.И. Баранова», г. Москва**

Общая идеология создания кодов JET3D

- ❑ Существует большое количество практически значимых задач, расчеты которых могут быть выполнены на структурированных сетках.
- ❑ При повышении порядка разностной аппроксимации конвективных потоков на гранях расчетных ячеек можно повысить точность расчетов без увеличения числа ячеек расчетной сетки.
- ❑ Сложность задач растет быстрее, чем мощность компьютеров, поэтому с увеличением сложности исследуемых объектов разрешение отдельных его элементов может увеличиваться незначительно, несмотря на рост вычислительных мощностей. Улучшить их разрешение можно с помощью кодов высокого разрешения.
- ❑ Возможность выполнения расчетов на относительно грубых сетках расширяет возможности применения кодов за счет использования компьютеров малой мощности.
- ❑ Возможность выполнения массовых параметрических расчетов на умеренных вычислительных мощностях.

Характеристики кода:

Название кода:

JET3D

Общие цели и задачи кода:

*исследовательский код,
разработка новых методов и технологий
решение фундаментальных задач*

Степень отчуждаемости:

слабая...

Что моделируется (классы течений):

несжимаемые течения

сжимаемые течения:

дозвук

сверхзвук

гиперзвук

аэроакустика

Модели:

НС

Моделирование турбулентных течений:

URANS

DES

RANS/ILES

Характеристики кода (продолжение):

Сетки и сеточные технологии:

структурированные многоблочные криволинейные сетки

Генератор для построения сеток:

Ручное построение сеток

Разрабатывается импорт сеток в формате PLOT3D

Препроцессор и постпроцессор?

Файл выходных данных в формате techplot

Пользовательские процедуры для вывода частной информации

Численные методы:

Конечно-объемные

Переменные: плотность-скорость

Порядок аппроксимации по пространству 3-5 для несжимаемых течений, 5-9 для предраспадных параметров в схеме Роу для сжимаемых течений

Интегрирование по времени:

неявная схема

Используемые солверы для решения систем линейных уравнений (для неявных схем):

блочный Гаусс-Зейдель

Характеристики кода (окончание):

Тип распараллеливания:

одноуровневое –OpenMP

Рабочий диапазон числа процессорных ядер:

Сколько на общей памяти

Техника и политика тестирования:

периодическое тестирование

Ведение документации:

нет

Средства разработки и наличие версий:

нет

Язык исходного кода:

FORTRAN.

История создания кодов, некоторые их характеристики и примеры использования

RANS код для расчета несжимаемых течений и течений переменной плотности на основе метода искусственной сжимаемости

(Rogers S.R., Kwak D. Upwind Differencing Scheme for the Time-Accurate Incompressible Navier-Stokes Equations // AIAA J. – 1990. – V.28. – N2. – P. 253-262.)

Vasiliev V.I., Volkov D.V., Zaitsev S.A. Lyubimov D.A. Numerical Simulation of Channel Flows by a One-Equation Turbulence Model. // Trans. ASME J. Fluid Eng. – 1997. – V.119. – P.885-892.

Васильев В.И., Волков Д.В., Любимов Д.А. Использование однопараметрической дифференциальной модели турбулентности в численных расчетах с помощью уравнений Навье-Стокса. // ТВТ. – 1998. – Т.36. – №1. – С.65-73.

Метод искусственной сжимаемости. Схема с разностями против потока 3го или 5го порядков для конвективных потоков на гранях ячеек.

Модели турбулентности: SA, k- ϵ , vt92

Примеры использования

Сложные физические задачи :

Козлов В.Е., Любимов Д.А., Секундов А.Н, Спаларт Ф.Р. Трансверсальное распространение турбулентности в пограничном слое. // Изв. АН СССР. МЖГ. – 1998. – №3. – С.77-84.

Козлов В.Е., Лебедев А.Б., Любимов Д.А., Секундов А.Н. Некоторые особенности турбулентного течения в кромочном вихре. // Изв. РАН. МЖГ. –2004. – №1. – С.78-85.

Камеры сгорания:

Volkov D.V., Belokon A.A., Lyubimov D.A., Zakharov V.M. Flamelet Model of NO_x in a Diffusion Flame Combustor. // ASME paper 2000. N 2000-GT-99.

Volkov D.V., Belokon A.A., Lyubimov D.A., Zakharov V.M. Numerical Analysis of NO_x Formation in a Diffusion Flame Combustor Based on a Flamelet Model. // ASME paper 2001. N 2001-GT-0068

Volkov D.V., Belokin A.A., Lyubimov D.A., Zakharov V.M. Flamelet Model of NO_x in a Diffusion Flame Combustor // Trans. ASME. – 2001.– V. 123. – P. 774-778.

Струйные течения:

Lebedev A. B., Lyubimov D.A., Maslov., Mineev B.I., Secundov A. N. The Prediction of Three-Dimensional Jet Flows for Noise Applications // AIAA P. – 2002. – N2422.

RANS код для расчета несжимаемых струй с большой анизотропией

Khritov K.M., Lyubimov D.A., Maslov V.P., Mineev B.I., Secundov A.N., Birch S.F. Three-dimensional wall Jets: experiment, theory and application. // AIAA P. – 2002. – N2002-0732.

Берч С.Ф., Лебедев А.Б., Любимов Д.А., Секундов А.Н. Моделирование трехмерных струйных и погранслойных течений. // Изв. РАН. МЖГ. – 2001. – №5. – С.48-63.

Схема с разностями против потока 3го или 5го порядков для конвективных потоков на гранях ячеек.

Новые определяющие соотношения в уравнениях Навье-Стокса.

Новая модель турбулентности для учета анизотропии течения, включающая в себя элементы моделей SA и vt92

DES код для расчета несжимаемых течений

Rogers S.R., Kwak D. Upwind Differencing Scheme for the Time-Accurate Incompressible Navier-Stokes Equations // AIAA J. – 1990. – V.28. – N2. – P. 253-262.

Spalart P.R., Jou W.-H., Strelets M., Allmaras S.R. Comments on the feasibility of LES for wings, and on a hybrid RANS/LES approach // First AFOSR International conference on DNS/LES. Rouston, Louisiana. – USA. – 1997. – P.669-687.

Д. А. Любимов. Возможности использования прямых методов для численного моделирования турбулентных струй. // Аэромеханика и газовая динамика. – 2003. – №3. – С.14-20.

Метод искусственной сжимаемости. Схема с разностями против потока 5го порядков для конвективных потоков на гранях ячеек.

Модель турбулентности SA в областях у стенок, где течение описывается с помощью RANS

RANS код с прекондицией для расчета сжимаемых течений

Vasiliev V.I., Volkov D.V., Zaitsev S.A. Lyubimov D.A. Numerical Simulation of Channel Flows by a One-Equation Turbulence Model. // Trans. ASME J. Fluid Eng. – 1997. – V.119. – P.885-892.

Васильев В.И., Волков Д.В., Любимов Д.А. Использование однопараметрической дифференциальной модели турбулентности в численных расчетах с помощью уравнений Навье-Стокса. // ТВТ. – 1998. – Т.36. – №1. – С.65-73.

Jespersen D., Pullin T., Bunning P. Recent enhancements to OVERFLOW// 1197. AIAA Pap. № 644
Jiang G-S., Shu C-W. Efficient implementation of weighted ENO Schemes// J. Comput. Phys. 1996. V. 126. P. 202.

Метод Роу для расчета протоков на гранях расчетных ячеек.

Для расчета предраспадных параметров в методе Роу используется схема WENO 5го порядка.

Модели турбулентности: SA, k-ε, vt92

Примеры использования

Струйные течения:

Birch S.F., Lyubimov D.A., Secundov A.N., Yakubovsky K.Ya. Numerical Modeling Requirements for Coaxial and Chevron Nozzle Flows. // AIAA P. – 2003. – N2003-3287.

Birch S.F., Lyubimov D.A., Maslov V.P., Secundov A.N. Noise Prediction for Chevron Nozzle Flows // AIAA P. – 2006. – N2602.

Birch S.F., Lyubimov D.A., Maslov V.P., Secundov A.N., Yakubovsky K. Ya. Coaxial Nozzles with Deflected Fan Flows // AIAA P. – 2008. – N3066.

Birch S.F., P .A. Bukshtab P.A., Khritov K.M., Lyubimov D.A., Maslov V.P., Secundov A.N., Yakubovsky K. Ya. The Use of Small Air Jets to Simulate Metal Chevrons // AIAA P. – 2009. – N2009-3372.

Отрывные течения в диффузорах:

Кашкин Ю.Ф , Коновалов А.Е., Крашенинников С.Ю., Любимов Д.А., Пудовиков Д.Е., Степанов В.А. Экспериментальное и расчетное исследование особенностей течения с отрывом потока в дозвуковых диффузорах // МЖГ. 2009. № 4. С. 90-99.

RANS/ILES код с прекондицией для расчета сжимаемых течений

Любимов Д.А. Разработка и применение эффективного RANS/ILES метода для расчета сложных турбулентных струй. // ТВТ. – 2008. – Т.46. – №2. – С. 271-282.

Любимов Д.А. Разработка и применение метода высокого разрешения для расчета струйных течений методом моделирования крупных вихрей // ТВТ. 2012. Т. 50. № 3. С. 450-466.

Suresh A., Huynh H. T. Accurate Monotonicity—Preserving Schemes with Runge-Kutta Time Stepping // J. Comp. Phys. – 1997. – V.136. – P.83-99.

Jespersen D., Pullin T., Bunning P. Recent enhancements to OVERFLOW // 1197. AIAA Pap. № 644

Jiang G-S., Shu C-W. Efficient implementation of weighted ENO Schemes // J. Comput. Phys. 1996. V. 126. P. 202.

Метод Роу с пониженным уровнем схемной вязкости Сохраняющие монотонность схемы 5го (MP5) и 9го (MP9) порядков для предраспадных параметров в методе Роу.

Модель турбулентности SA в областях у стенок , где течение описывается с помощью RANS.

Примеры использования

Струйные течения:

Любимов Д.А. Разработка и применение эффективного RANS/ILES метода для расчета сложных турбулентных струй. // ТВТ. – 2008. – Т.46. – №2. – С. 271-282.

Любимов Д.А. Разработка и применение метода высокого разрешения для расчета струйных течений методом моделирования крупных вихрей // ТВТ. 2012. Т. 50. № 3. С. 450-466.

Любимов Д.А. Исследование с помощью комбинированного RANS/ILES-метода влияния геометрии сопла и режима истечения на характеристики турбулентности выхлопных струй // ТВТ. 2009. Т. 47. № 3. С. 412.

Компоновка: сопло двухконтурного ТРД + пилон + крыло с закрылками:

Semiletov V.A., Karabasov S. A., Lyubimov D. A., Georgy A. Faranosov G.A., Kopiev V.F. On the Effect of Flap Deflection on Jet Flow for a Jet-Pylon-Wing Configuration: Near-Field and Acoustic Modeling Results // AIAA paper 2013-2215. 9pp.

Любимов Д.А. Исследование влияния пилона и крыла с закрылками на течение в выхлопной струе двухконтурного турбореактивного двигателя методом моделирования крупных вихрей // ТВТ. 2013. Т. 1. № 1. С. 120-137.

Бендерский Л.А., Любимов Д.А. Применение RANS/ILES метода высокого разрешения для исследования сложных турбулентных струй // Уч, зап. ЦАГИ. 2014. №2.

Отрывные течения в диффузорах:

Кашкин Ю.Ф., Коновалов А.Е., Крашенинников С.Ю., Любимов Д.А., Пудовиков Д.Е., Степанов В.А. Экспериментальное и расчетное исследование особенностей течения с отрывом потока в дозвуковых диффузорах // МЖГ. 2009. № 4. С. 90-99.

Любимов Д.А. Применение комбинированного RANS/ILES-метода для исследования отрывных пространственных турбулентных течений в криволинейных диффузорах // ТВТ. 2010. Т. 48. № 2. С. 279.

Синтетические струи для управления отрывными течениями:

Любимов Д.А. Исследование влияния струй с нулевым массовым расходом на течение в криволинейном диффузоре. // ТВТ. 2011. Т. 49. № 4. С. 557-567.

Lyubimov D.A., Potekhina I.V. Investigation of Capabilities Synthetic Jets Application for Active Flow Control in Diffuser Ducts with Flow Separation Using High Resolution RANS/ILES – method. EUCASS. 2013. Paper 80.

Некоторые иллюстрации использования DES и RANS/ILES кодов

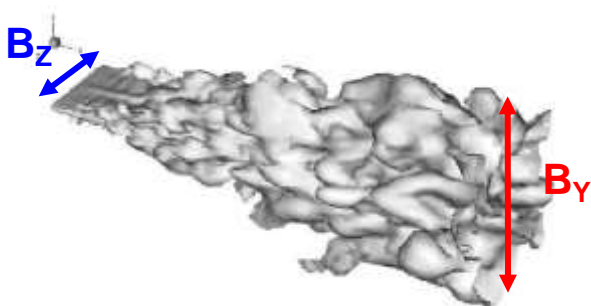
Бендерский Л.А., Любимов Д.А., Потехина И.В., Федоренко А.Э.

Расчет с помощью DES (LES) низкоскоростных струй с деформацией поперечного сечения

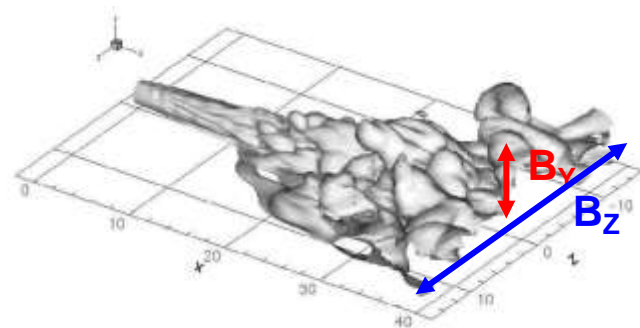
Переворот «осей»
струи из прямоугольного сопла
(размер струи в вертикальном
направлении становится больше,
чем в горизонтальном)

Трансверсальное растекание пристеночной
струи из круглого сопла
(поперечный размер струи в
горизонтальном направлении в несколько
раз больше, чем в вертикальном)

Поверхность постоянной концентрации пассивной примеси.

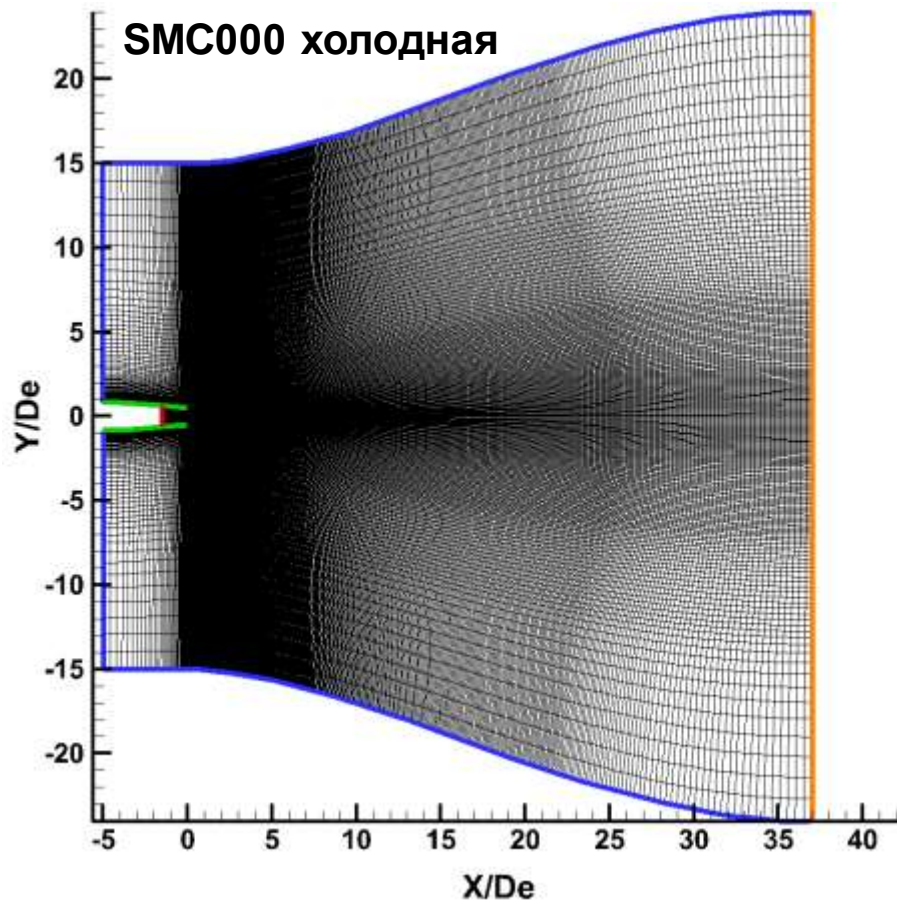


Расчетные сетки:
 $(2.1-3.2) \times 10^5$ ячеек.
Число $Re = (2-10) \times 10^3$.



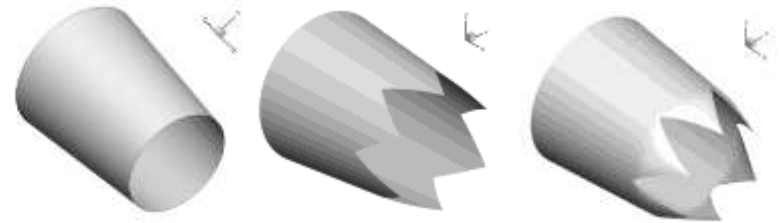
RANS и модели турбулентности даже качественно не описывают эти явления

Дозвуковые струи: сетка и граничные условия



Расчетные режимы

	холодная	горячая
P_0 , Па	1.86×10^5	1.23×10^5
T_0 , К	300	859
M_j	0.985	0.552
Re	1.2×10^6	0.2×10^6



SMC000

SMC001

SMC006

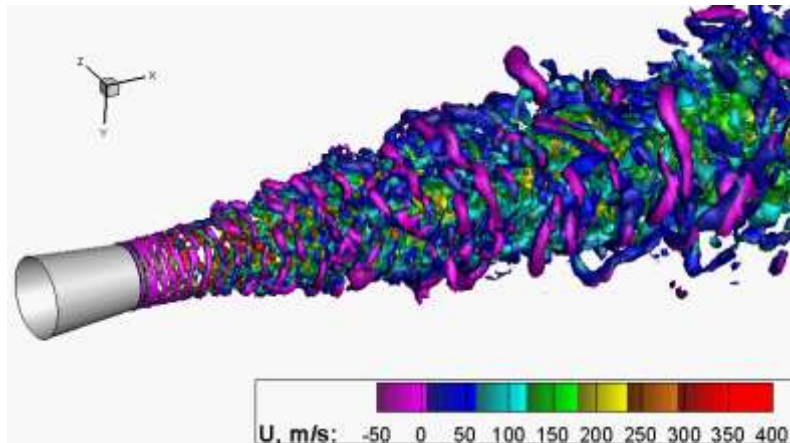
Сетки $2.8-3.1 \times 10^6$

Граничные условия:

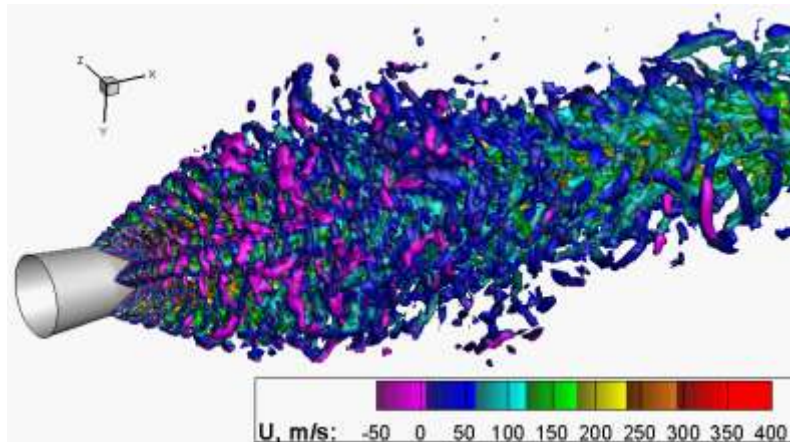
- На входе в сопло задаются полное давление и полная температура, а также угол наклона вектора скорости.
- На внешней границе асимптотика дальнего поля струи

- На стенках сопла «закон стенки»/прилипание
- В выходном сечении – экстраполяция параметров. Это позволило избежать отражения волн от границы расчетной области

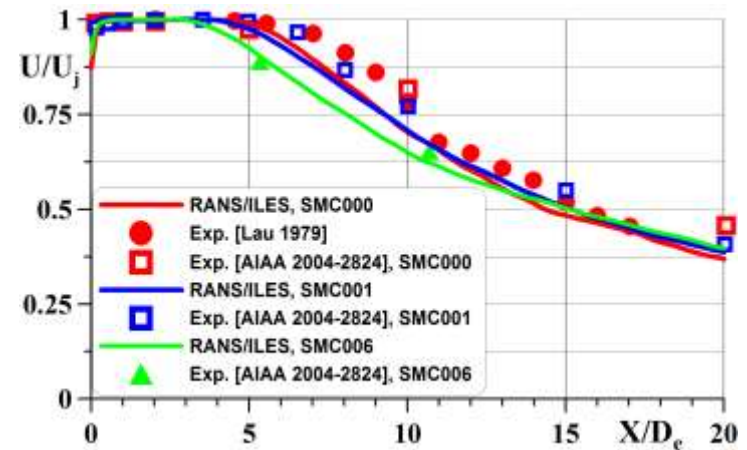
Параметры течения и турбулентности в холодных дозвуковых струях



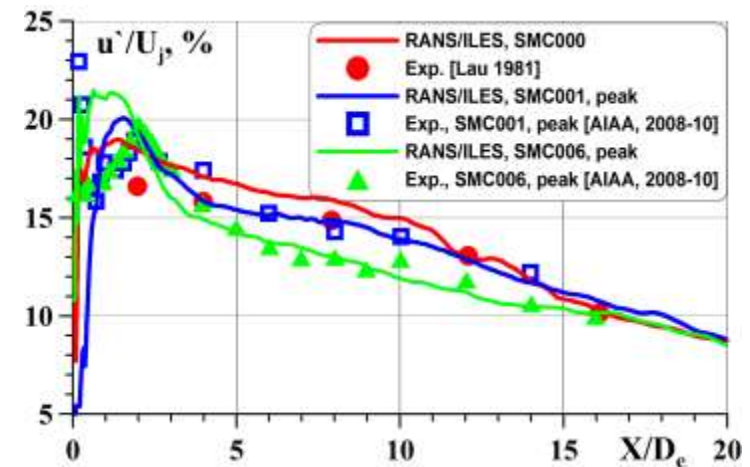
Анимация изоповерхности Q-критерия для холодной струи из сопла SMC000



Анимация изоповерхности Q-критерия для холодной струи из сопла SMC006



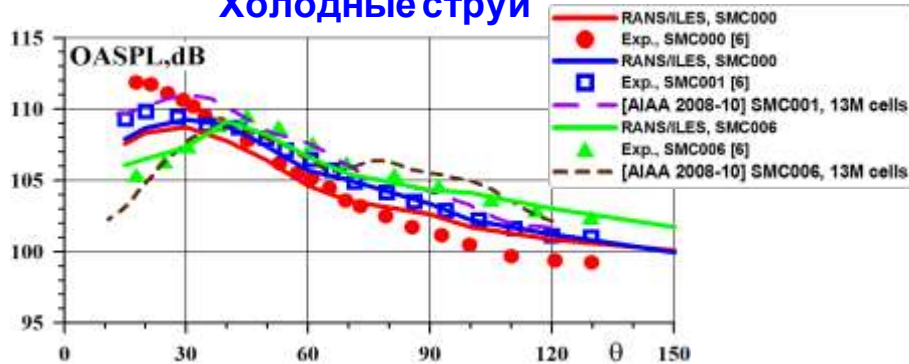
Распределение осредненной продольной скорости по оси струй



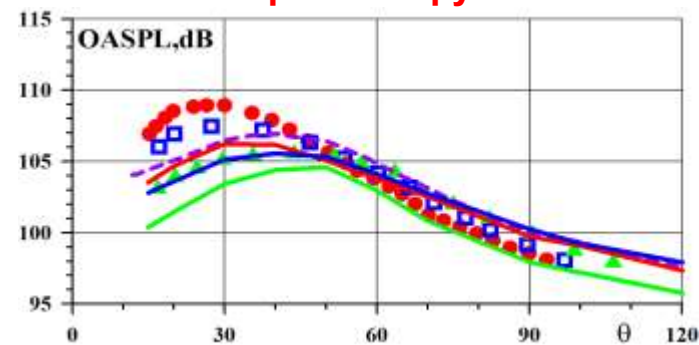
Распределение пульсаций продольной скорости в слое смешения

Дозвуковые струи: шум струй в дальнем поле

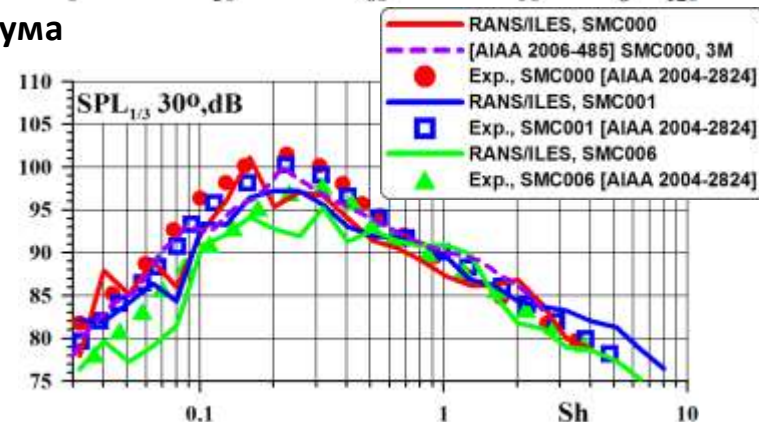
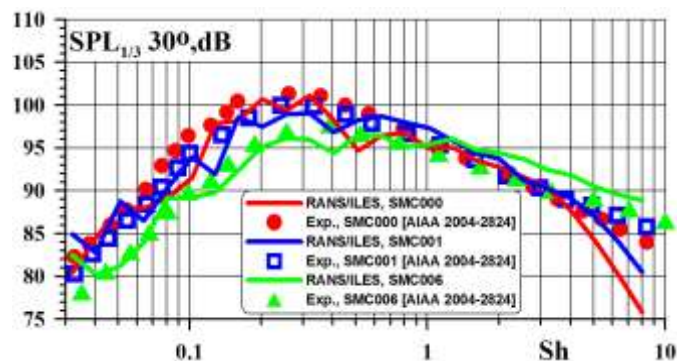
Холодные струи



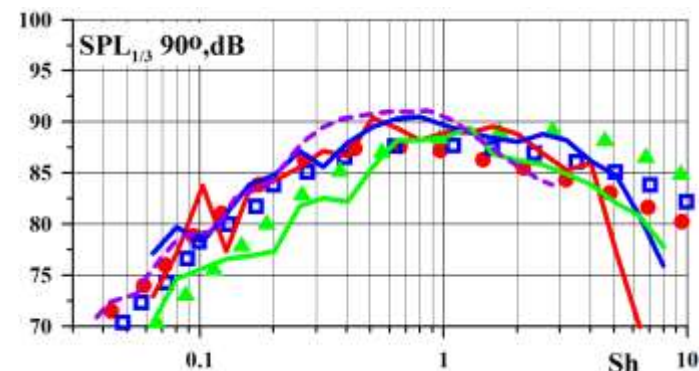
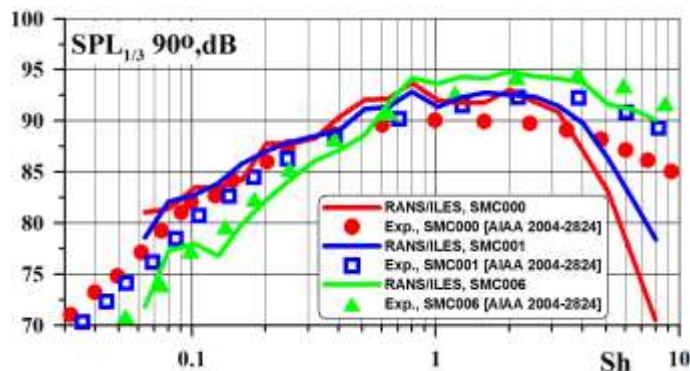
Горячие струи



Общий уровень шума

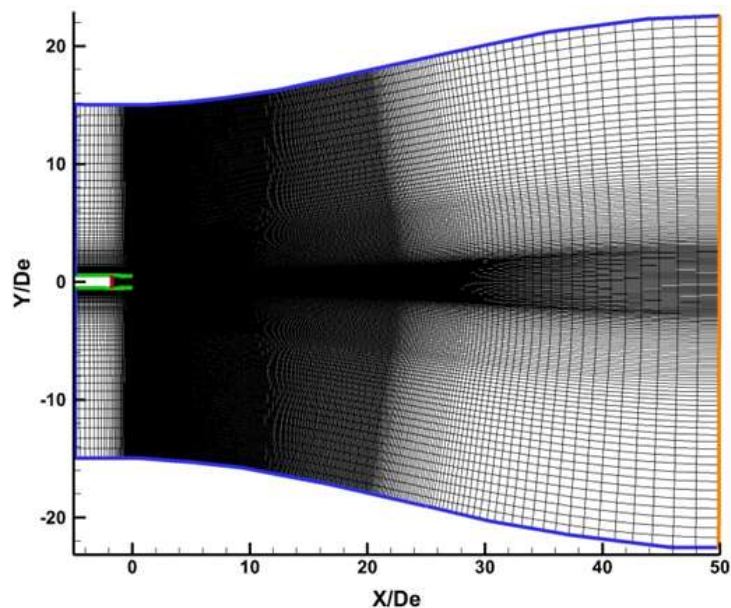


1/3-октавный спектр шума для угла наблюдения 30°

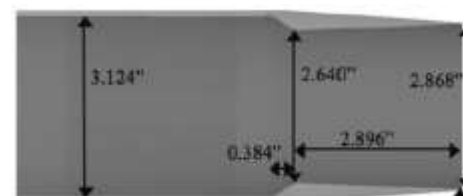


1/3-октавный спектр шума для угла наблюдения 90°

Сверхзвуковые струи: сетка и режимные параметры



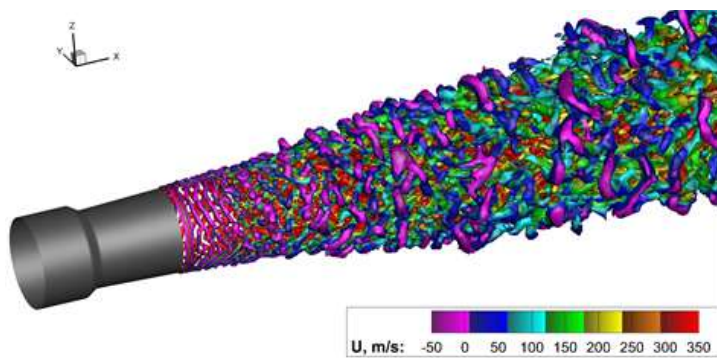
	холодная	горячая
P_0 , Па	4×10^5	4×10^5
T_0 , К	300	600
M_j	1.56	
Re	2.4×10^6	1.5×10^6



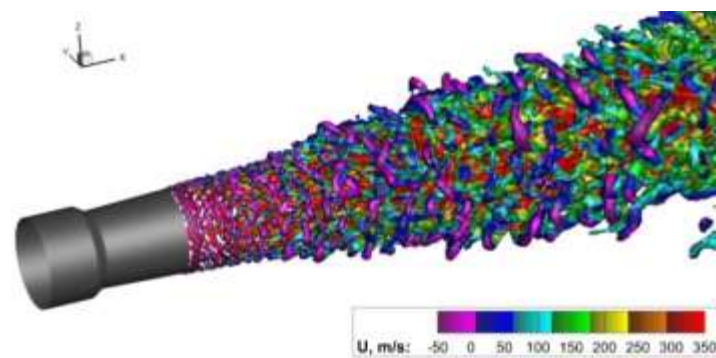
C-D

Сетка 4.5×10^6

Cold jet

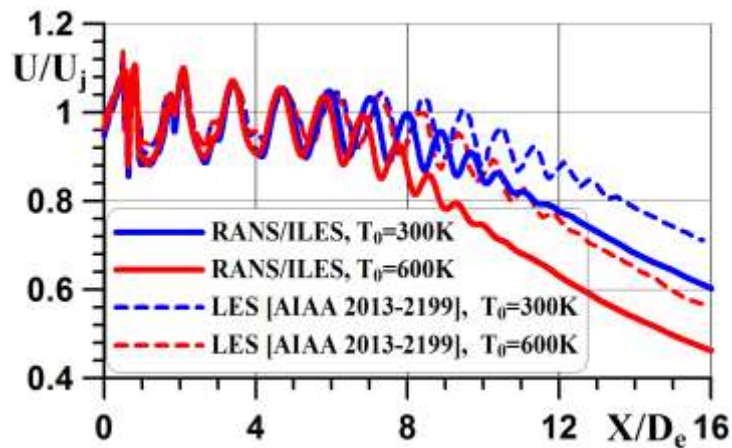


Hot jet

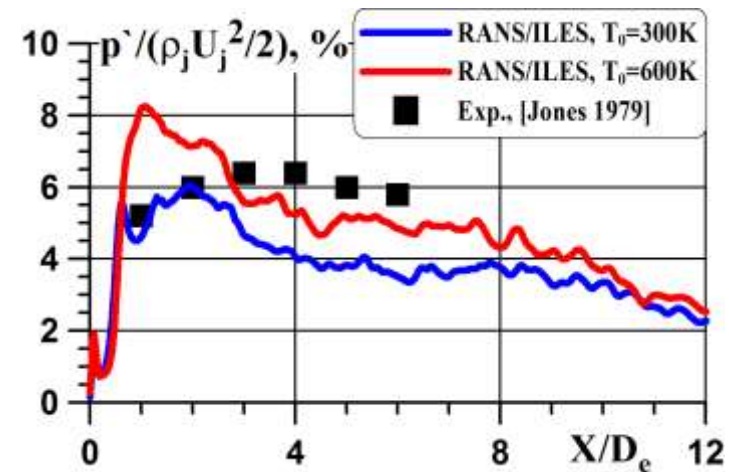


Изоповерхность Q критерия

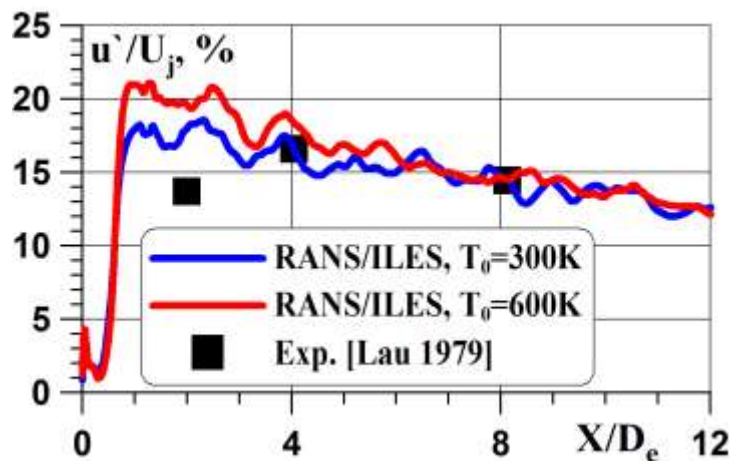
Сверхзвуковые струи: параметры течения и турбулентности сверхзвуковых струй



Распределение осредненной продольной скорости на оси струи



Распределение пульсаций давления в слое смешения

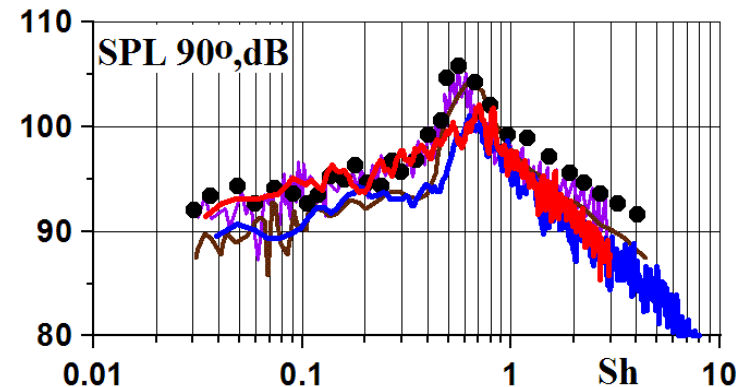
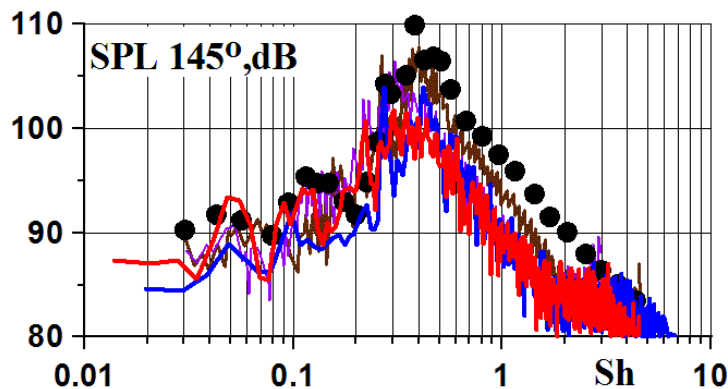
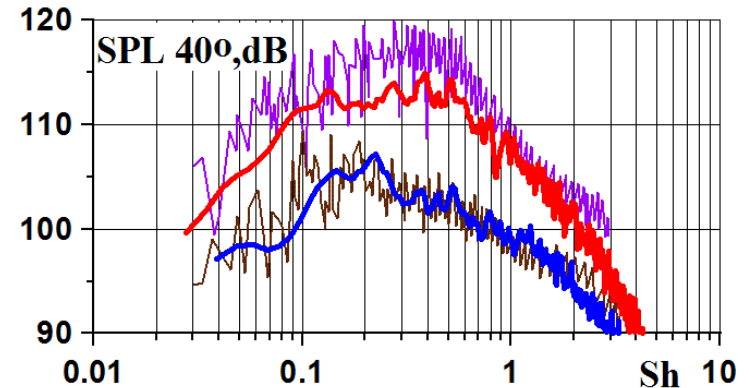
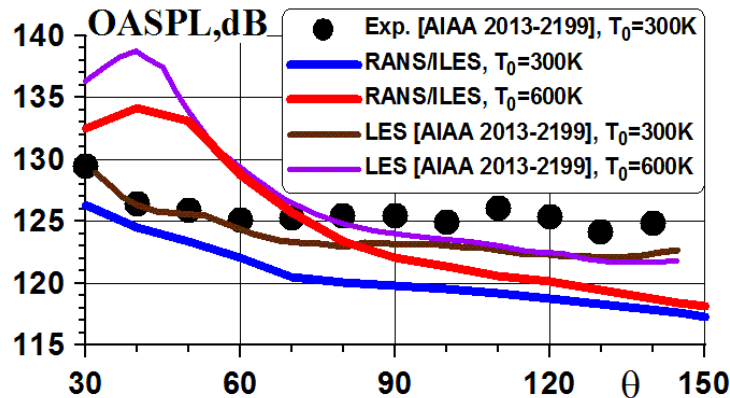


Распределение пульсаций продольной скорости в слое смешения

Увеличение температуры струи с 300K до 600K приводит к увеличению пульсаций продольной скорости в слое смешения, что в свою очередь приводит к увеличению угла расширения струи и уменьшению длины начального участка струи.

В горячей струе уровень пульсаций статического давления возрастает приблизительно на 20% по сравнению с холодной струей при $X/D_e = 2 - 8$.

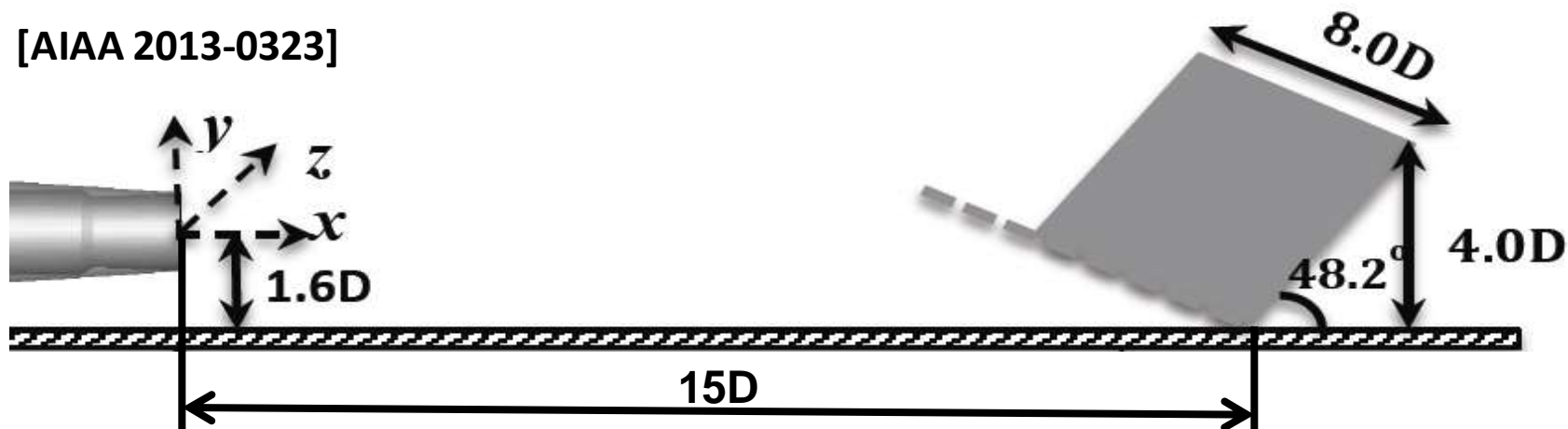
Сверхзвуковые струи: шум сверхзвуковых струй



- Увеличение полной температуры сверхзвуковой струи приводит к увеличению шума на углах 30° - 90° .
- Наибольшее увеличение шума наблюдается при $Sh=0.2-0.4$
- Влияние температуры в данных расчетах совпадает с расчетами [AIAA 2013-2199] на неструктурированных сетках 50×10^6 тетраэдров.

Пристеночные струи

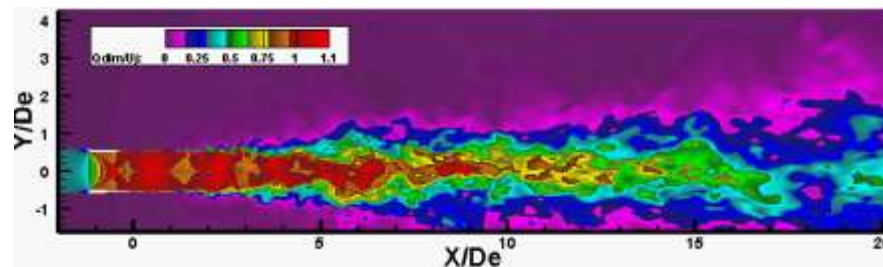
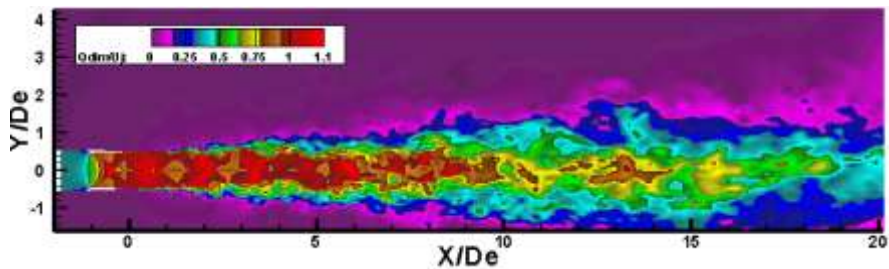
[AIAA 2013-0323]



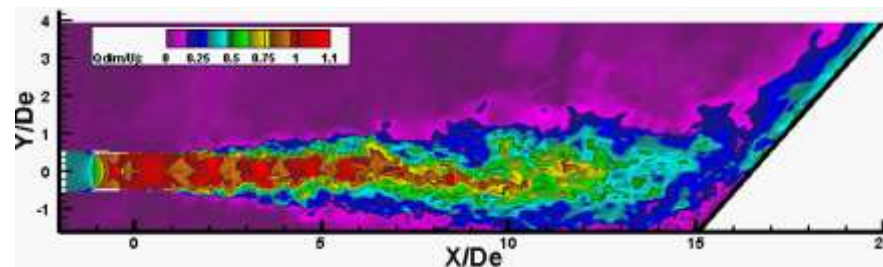
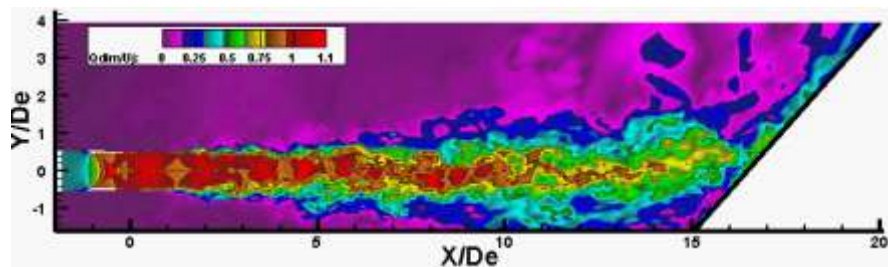
Анимация модуля скорости

Холодные струи

Горячие струи



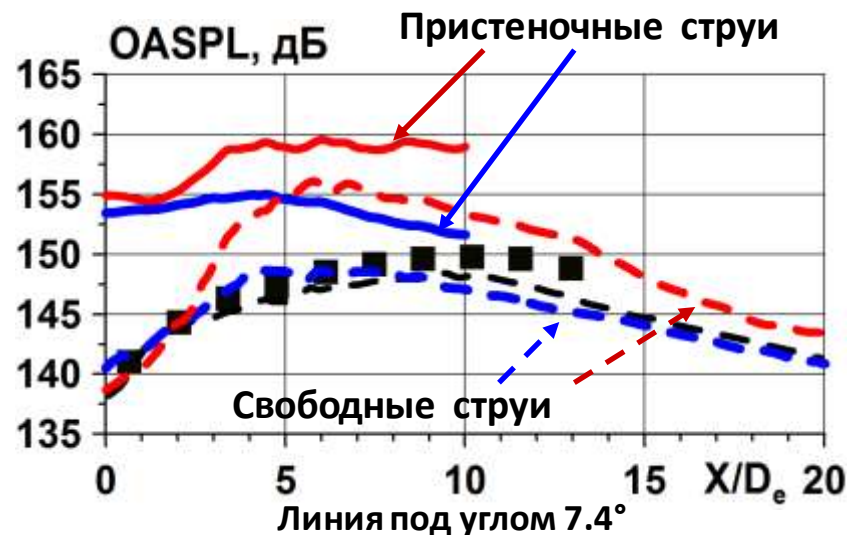
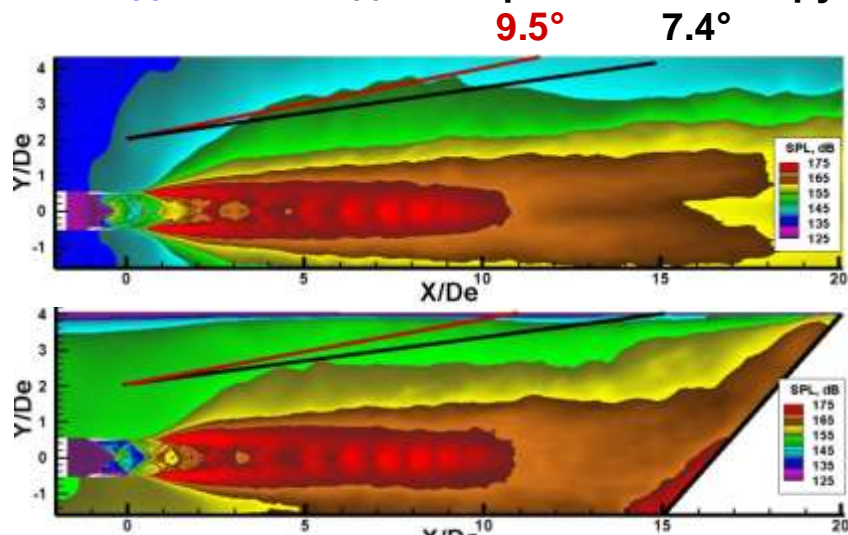
Свободные струи



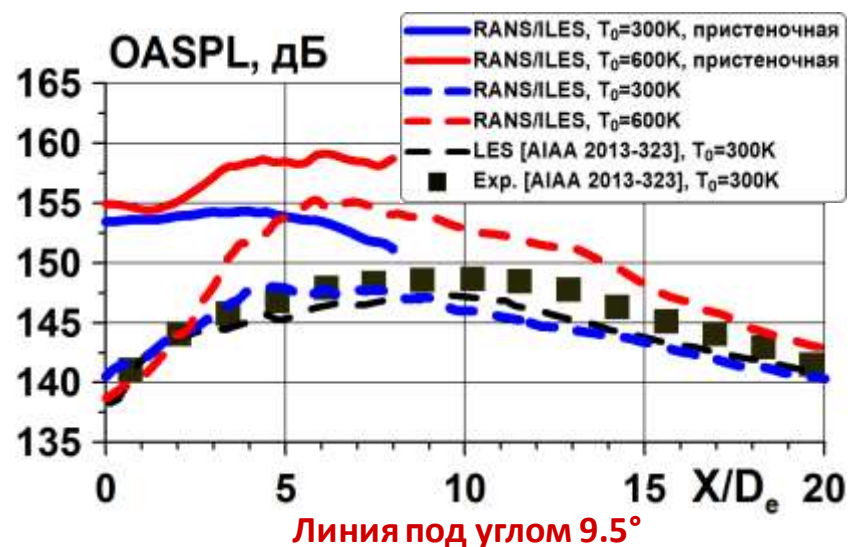
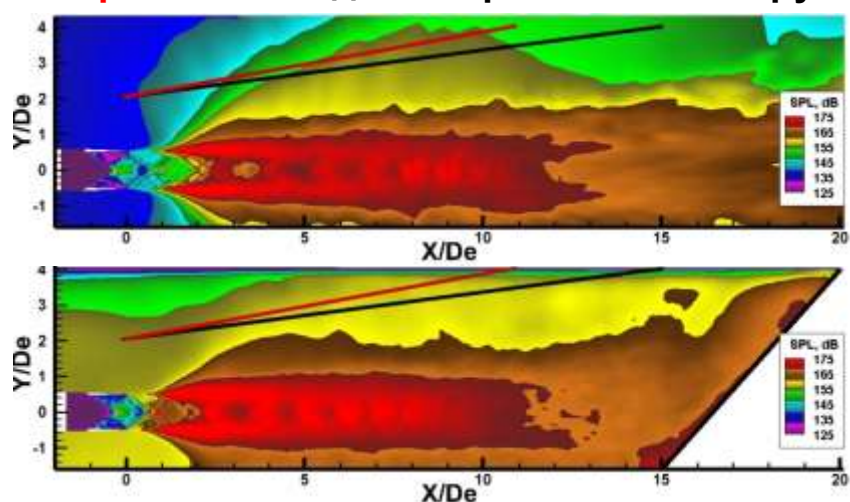
Пристеночные струи

Пристеночные струи: уровень шума в ближнем акустическом поле

Холодные свободная и пристеночная струи

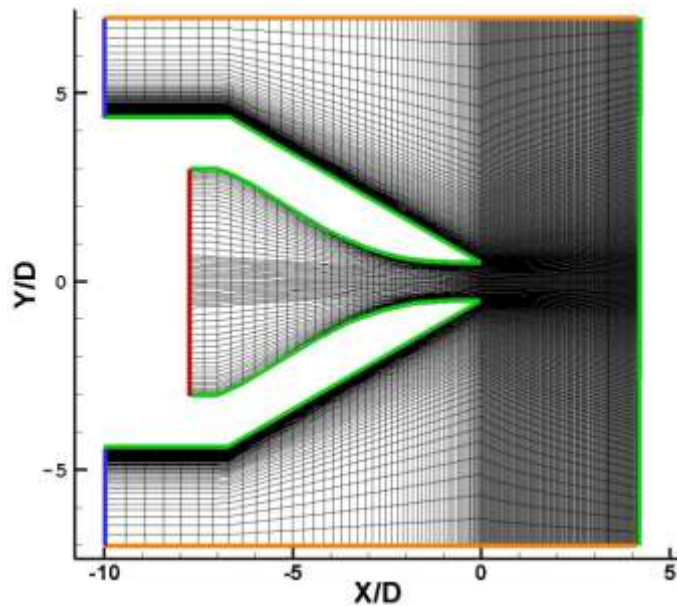


Горячие свободная и пристеночная струи

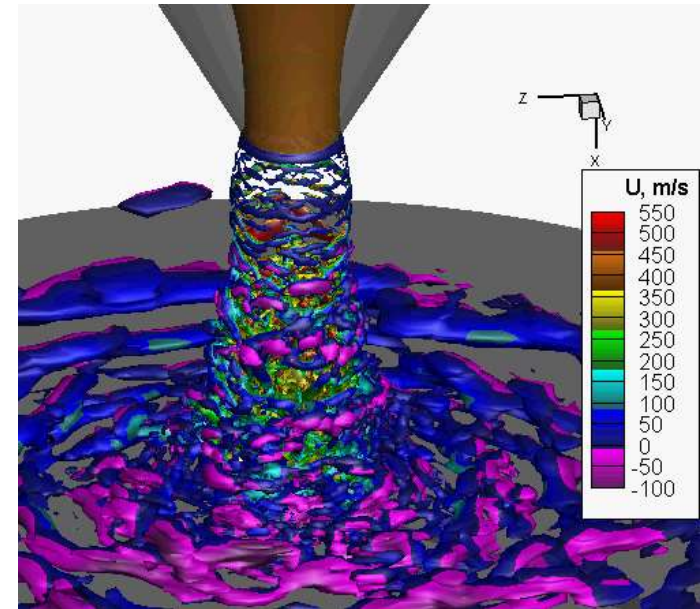


- Хорошее совпадение OASPL холодной свободной струи с экспериментом.
- Уровень шума пристеночных струй на 5-10дБ выше, чем свободных.

Натекание нерасчетной сверхзвуковой струи на стенку



Сетка в продольном сечении



Анимация изоповерхности Q-критерия

Режимные параметры

T_{in}, K	NPR	M_j	$U_j, m/s$	$\frac{\rho_j U_j^2}{2}, Pa$	$Re \times 10^{-6}$	$\frac{\Delta t U_j}{D}$	Сетка
300	4.03	1.56	445	171209	1	0.011	1.3×10^6
400			514		0.86	0.013	
600			629		0.64	0.016	

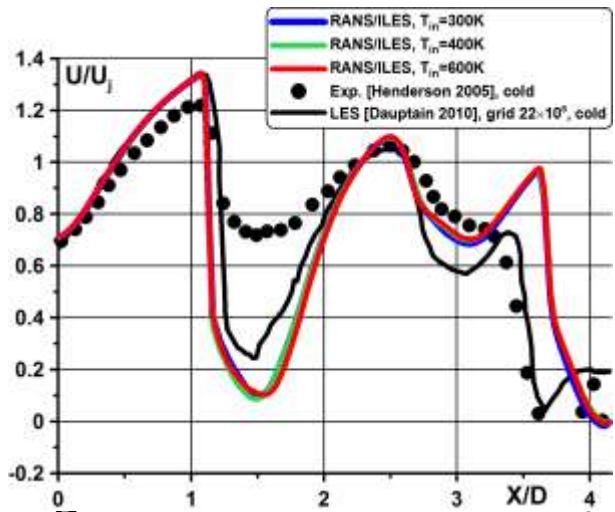
NPR – nozzle pressure rate

T_{in} – полная температура на входе в сопло

$P_{amb} = 10^5 Pa$

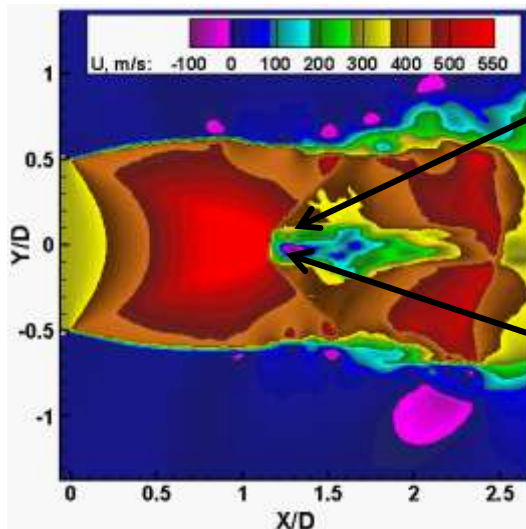
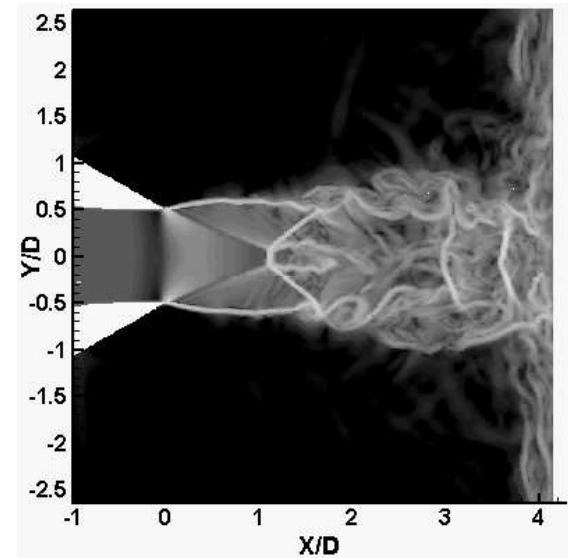
$T_{amb} = 300 K$

Натекание нерасчетной сверхзвуковой струи на стенку: влияние температуры на характеристики течения



Распределение осредненной
продольной скорости на оси струй

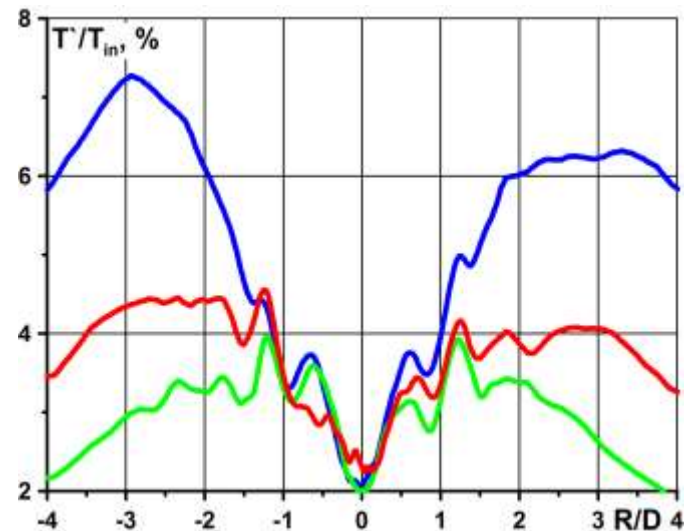
Мгновенное поле $\log|\text{grad}p|$



Тангенциальный
разрыв

Зона
рециркуляции

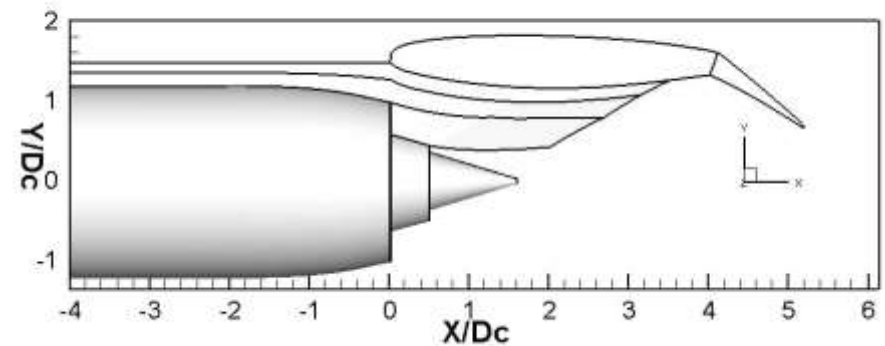
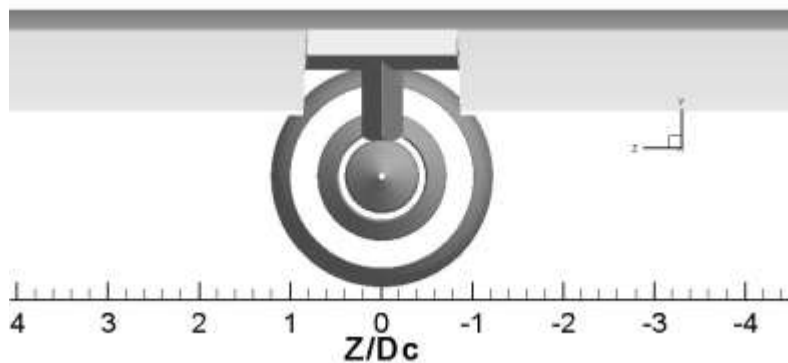
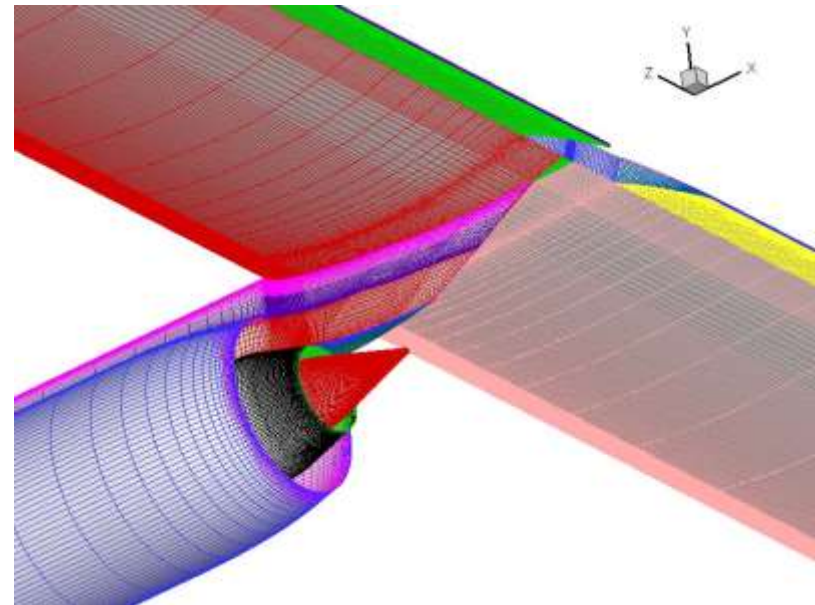
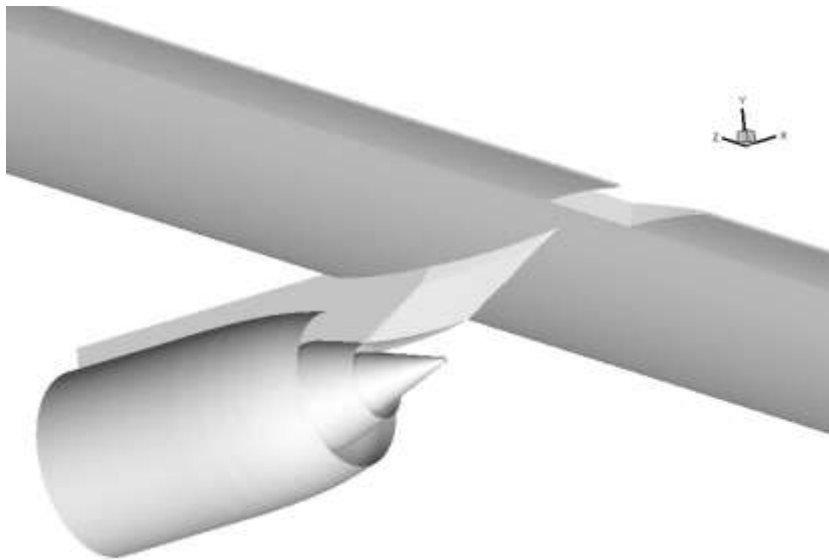
Мгновенное поле продольной
скорости



Распределение пульсаций
температуры вдоль стенки

Влияние компоновки и режима работы двигателя на течение в струе из двухконтурного сопла ТРД. Сетка 3.3×10^6 ячеек. $Re = 5 \times 10^6$

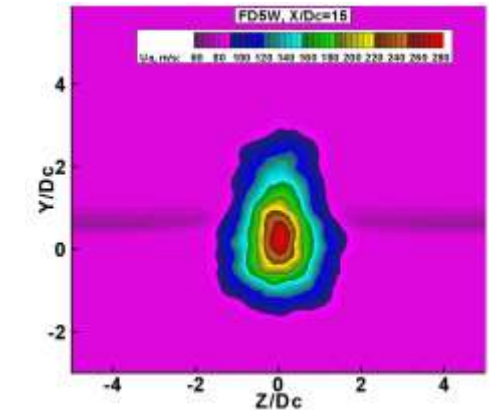
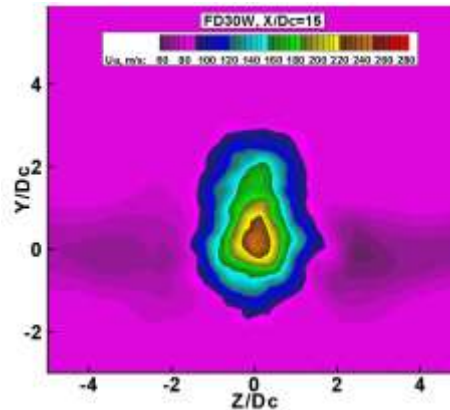
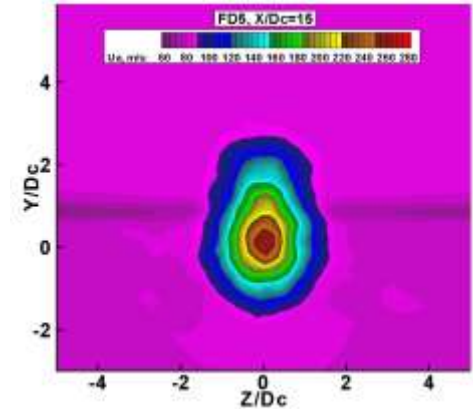
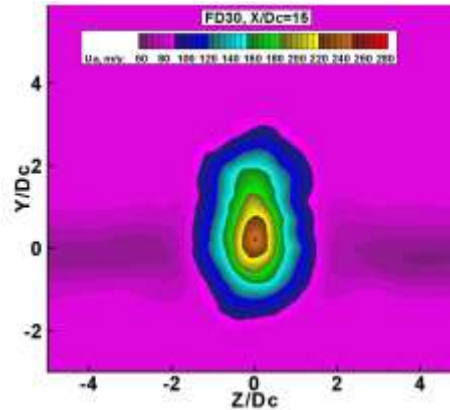
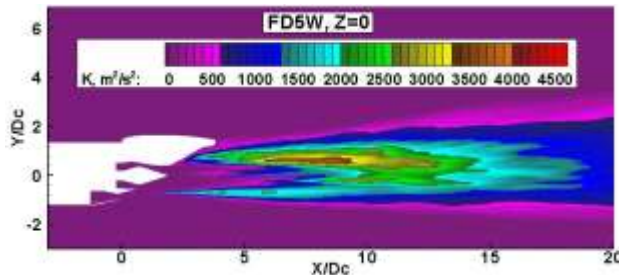
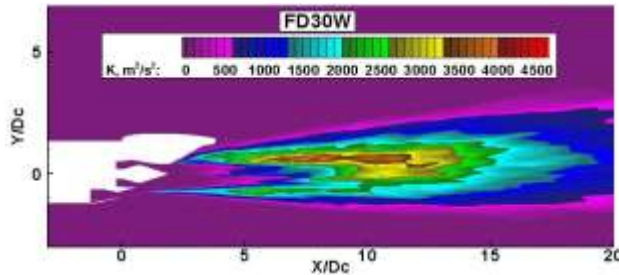
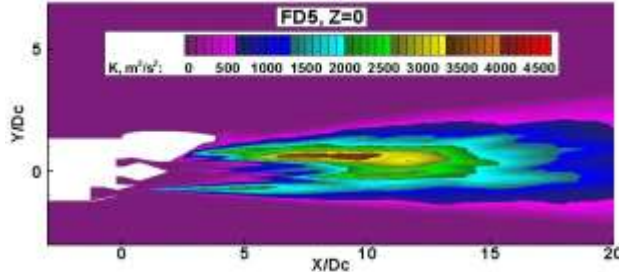
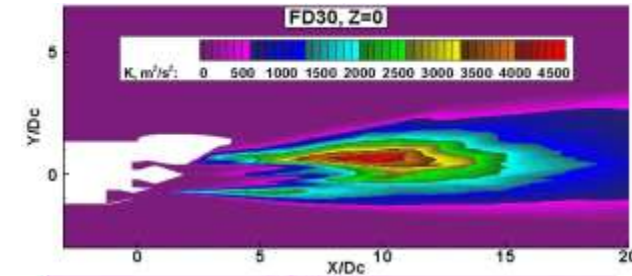
В ходе расчетов менялся угол отклонения закрылков и ширина промежутка между ними



Влияние угла отклонения и расстояния между закрылками на течение в струе из двухконтурного сопла ТРД (BPR=5)

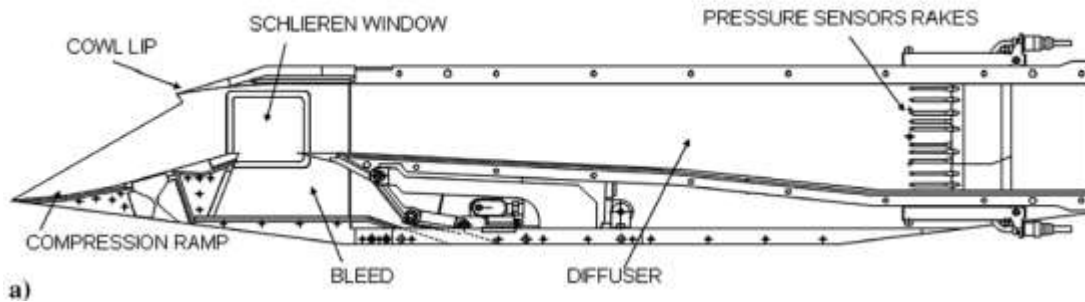
Энергия
турбулентности

Осредненная продольная скорость при
 $X/D_c=16.0$



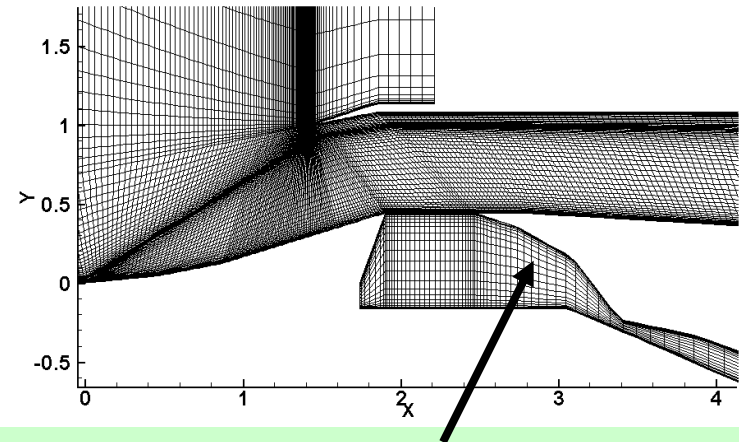
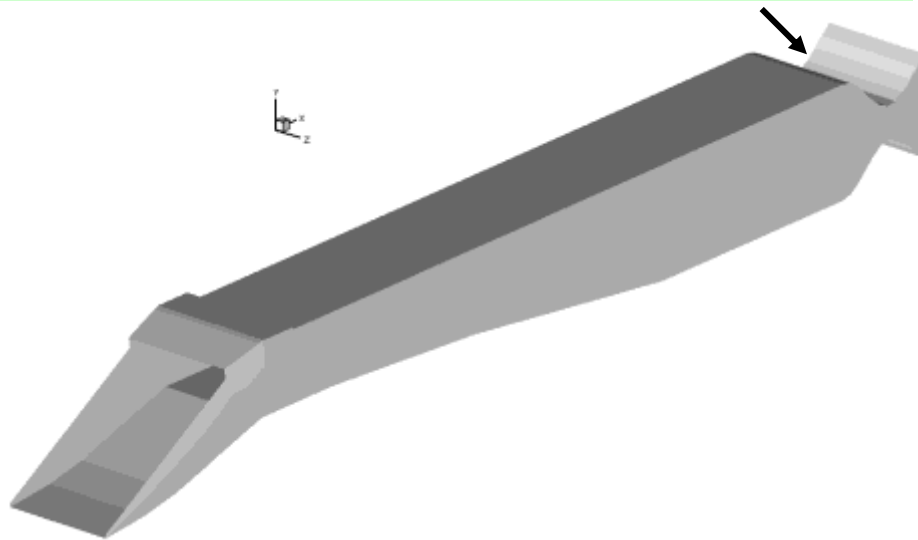
Течение в сверхзвуковом ВЗ на нерасчетных режимах

Схема модельного ВЗ Trapier S., Duveau, P., Sébastien Deck S. Experimental Study of Supersonic Inlet Buzz. // AIAA J. 2006. V. 44, № 10, P. 2354-2365



Сопло Лавала с переменной высотой критического сечения для регулирования расхода через ВЗ

Для расчетов геометрия ВЗ была воспроизведена только на основе информации из статьи из AIAA J.



Система для слива погранслоя

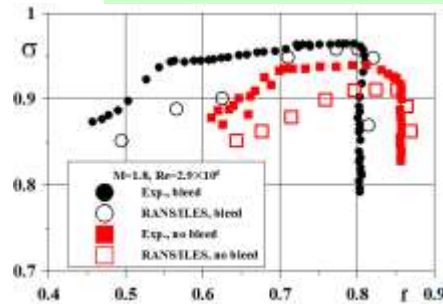
Общий вид геометрии ВЗ, для которой проводились расчеты, и фрагмент расчетной сетки. Общее число ячеек - 1.78×10^6 .

Влияние числа Маха набегающего потока на характеристики ВЗ.

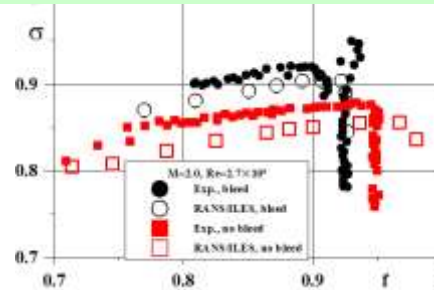
Сравнение расчета и эксперимента AIAA J. 2006. №10.

Дроссельные характеристики ВЗ со сливом ПС и **без слива ПС**

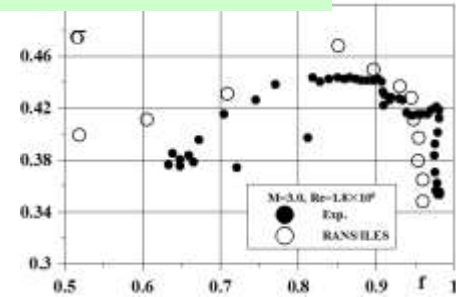
M=1.8



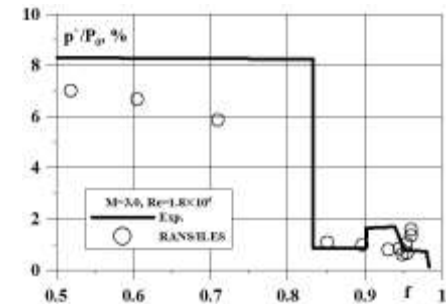
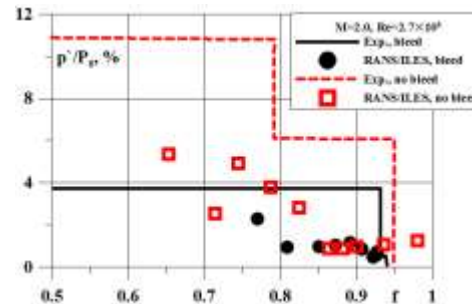
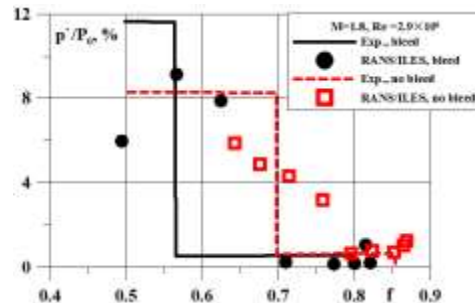
M=2



M=3

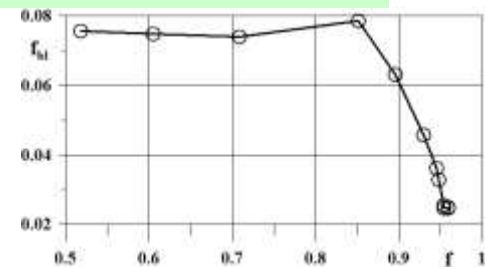
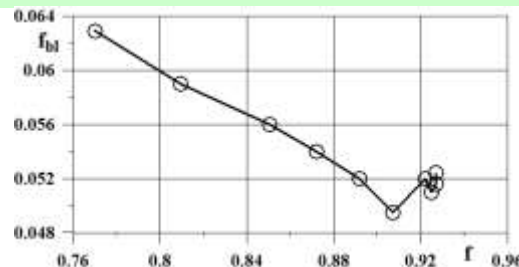
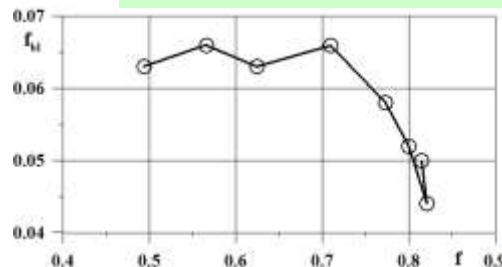


Пульсации статического давления на выходе из ВЗ



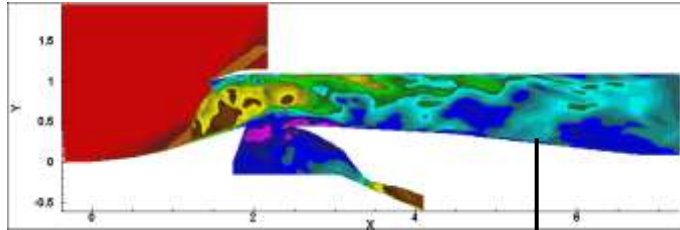
Удовлетворительное совпадение с экспериментом по уровню пульсаций и началу помпажа. В эксперименте пульсации давления замерялись в точке на стенке, в расчете – осреднялись по площади сечения

Коэффициент расхода через систему слива пограничного слоя

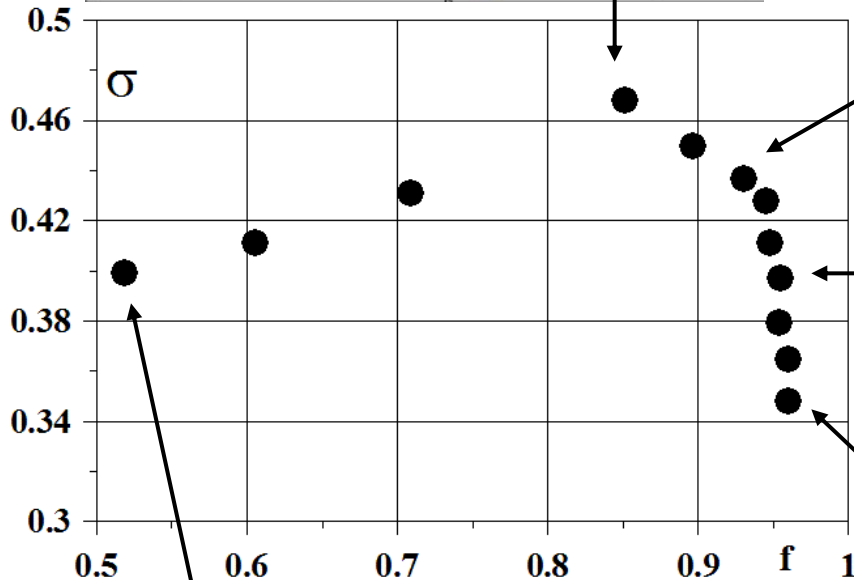
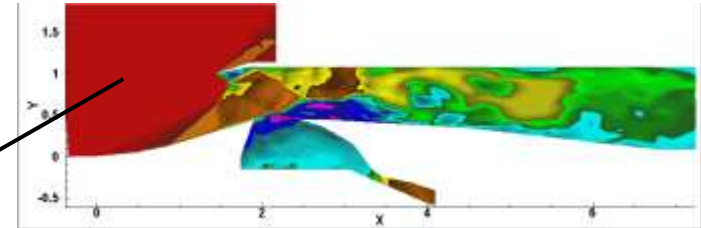


Нестационарное поле продольной скорости в канале ВЗ со сливом ПС при разной степени дросселирования на режиме $M_0=3$

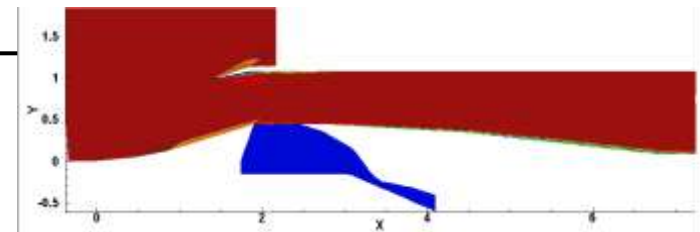
Начало помпажа



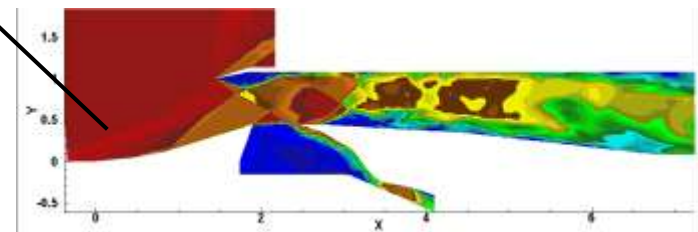
Система скачков становится нестационарной и завершается псевдоскачком



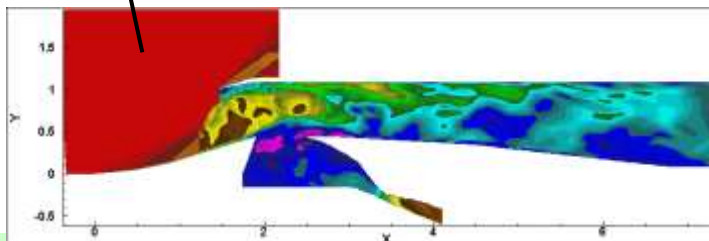
Система из двух псевдоскачков



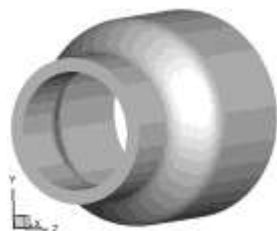
Псевдоскачок



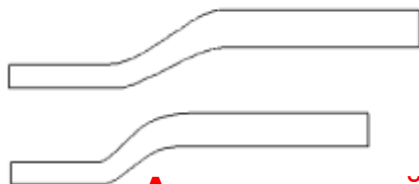
Развитый помпаж



Влияние синтетических струй на течение в базовом и «агрессивном» S-образных кольцевых диффузорах ($S_e/S_i = 1.514$)

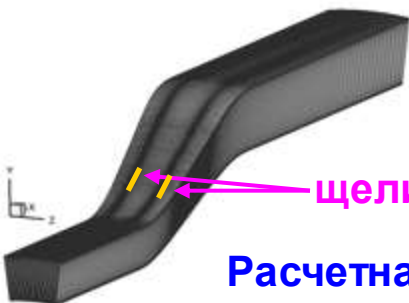


Базовый



«Агрессивный»

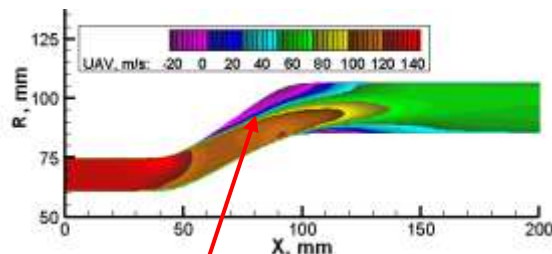
«Агрессивный» диффузор на 20% короче базового при сохранении радиальных размеров входного и выходного сечений



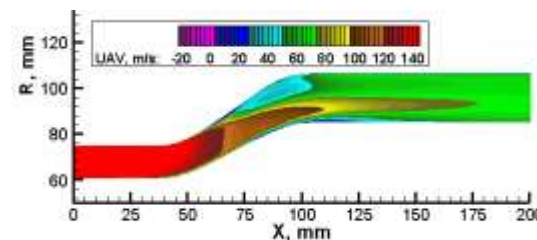
щели для выхода струй

Расчетная область – сектор 15° с двумя щелями для выхода синтетических струй. Сетка 0.88×10^6 ячеек.

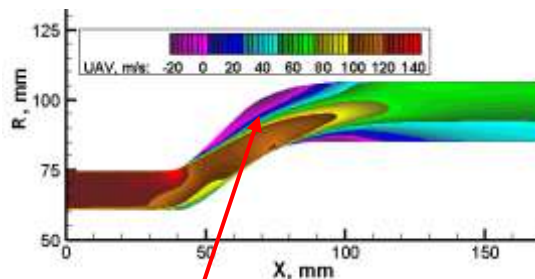
Поля осредненной продольной скорости
Без струй Струи с $q=150\text{ м/с}$, $f=150\text{ Гц}$
Базовый диффузор



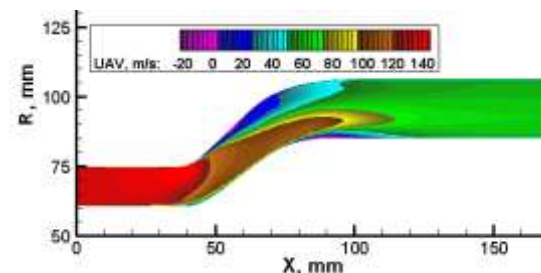
отрыв!



«Агрессивный» диффузор



отрыв!

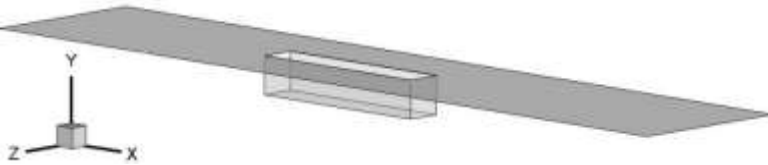


Синтетические струи уменьшают или устраняют отрывную зону. Снижают радиальную неравномерность параметров течения на выходе.

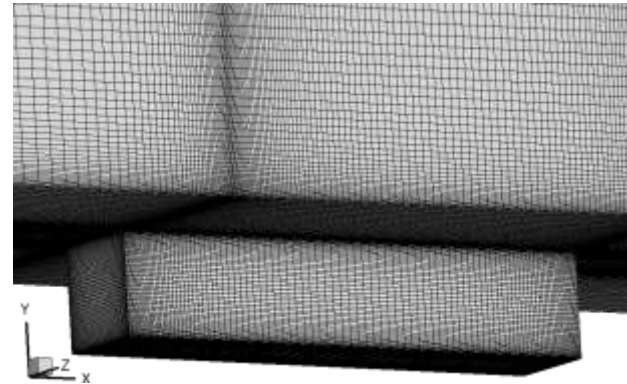
Исследование обтекания каверны околосзвуковым потоком

Геометрия, расчетные сетки и граничные условия

Общий вид каверны

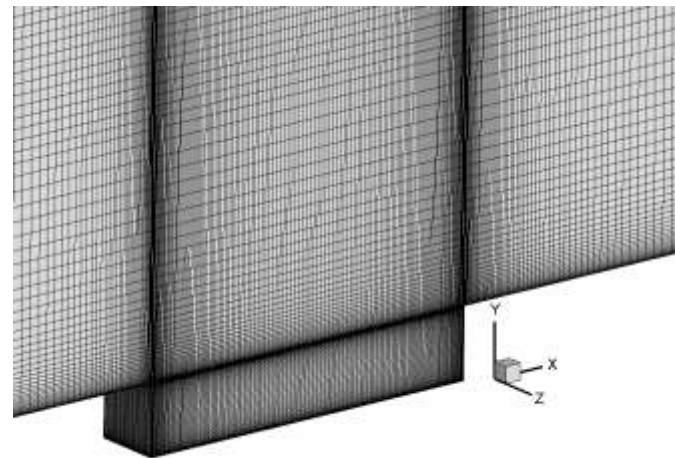


Фрагмент расчетной сетки, 3D постановка



Сетка 1.4×10^6 (2×10^5 – в каверне) ячеек.

Фрагмент расчетной сетки, квази 2D постановка



Сетке 1.1×10^6 (2.8×10^5 – в каверне) ячеек

Геометрические параметры каверны:

$L/D=5$, $L/W=5$, где L – длина, D – высота, W – ширина каверны.

Параметры внешнего потока:

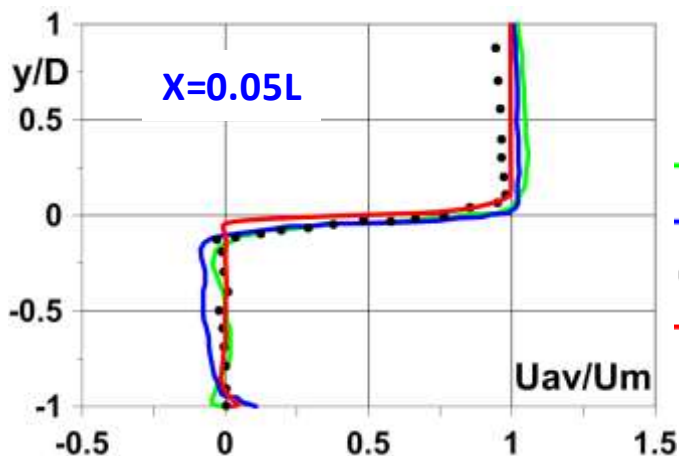
$M=0.85$, $T=300$ K, $Re=6.8 \times 10^6$

Граничные условия:

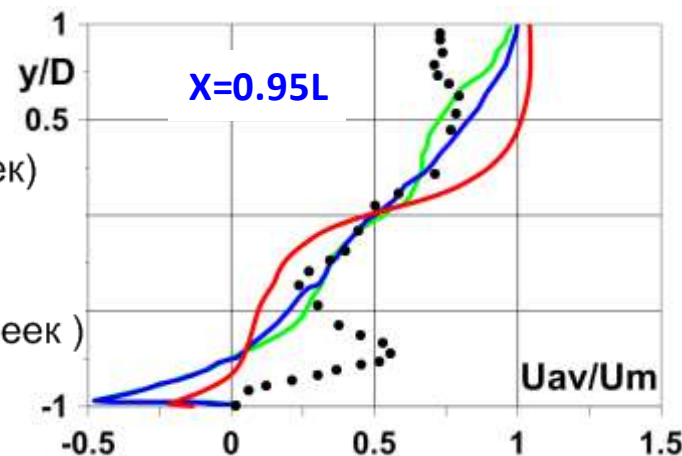
- на стенках задается условие «функция стенки»/прилипание,
- на боковых границах области свободного потока - условие периодичности

Распределение осредненной продольной скорости по высоте в центральном сечении 3D каверны при разных значениях X

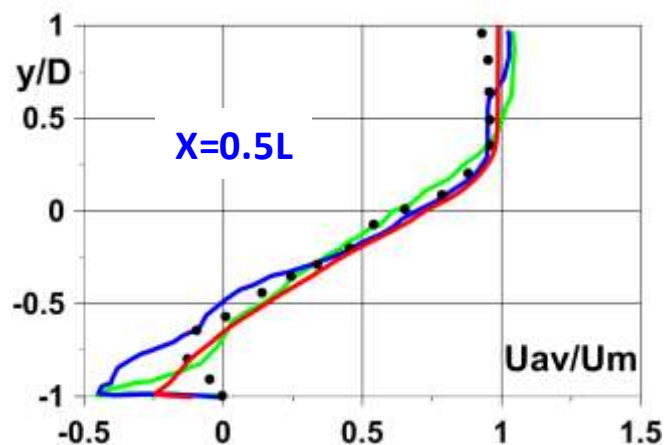
(Сравнение с данными эксперимента и расчетов из работы: Nanyar P., Barakos G.N., Badcock K.J. Analysis and Control of Weapon Bay Flows. 2005. RTO-MP-AVT-123.NATO RTO)



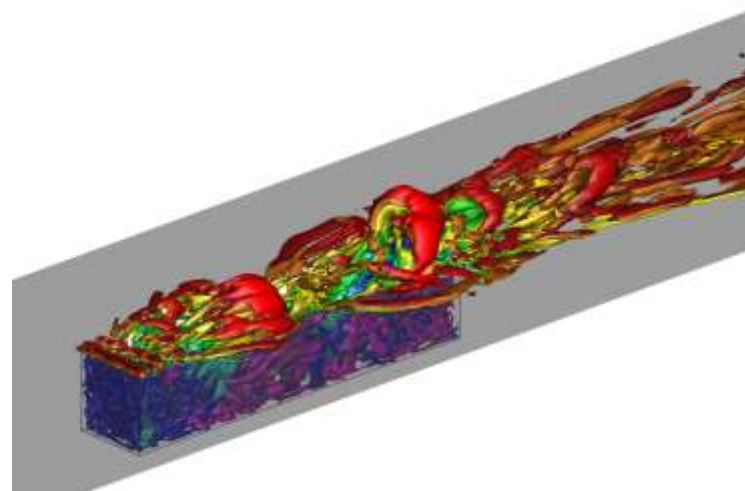
— DES - SA (4.8×10^6 ячеек)
— LES (8.4×10^6 ячеек)
● Experiment
— RANS/ILES (1.4×10^6 ячеек)



Анимация Q-критерия

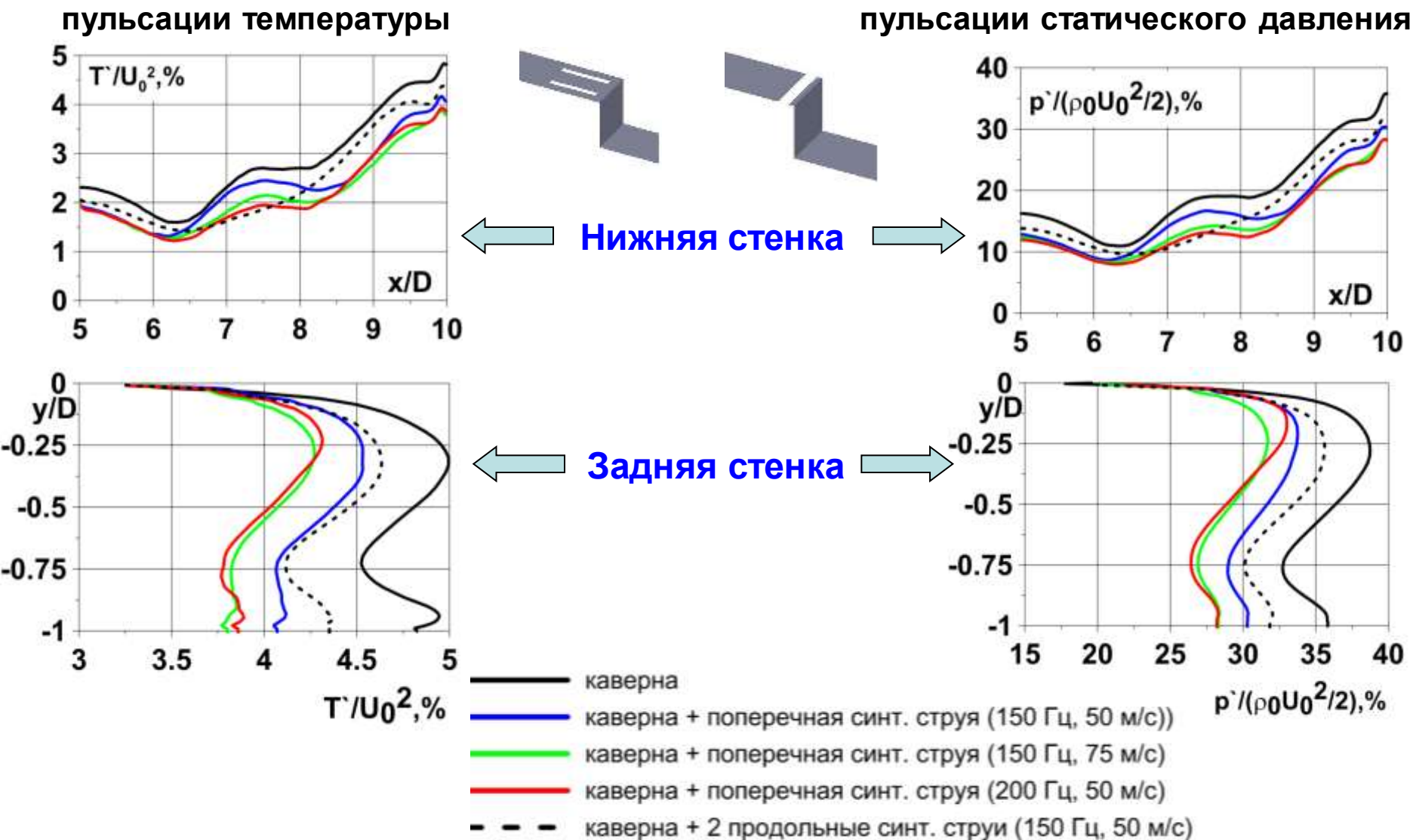


Хорошее совпадение с данными эксперимента



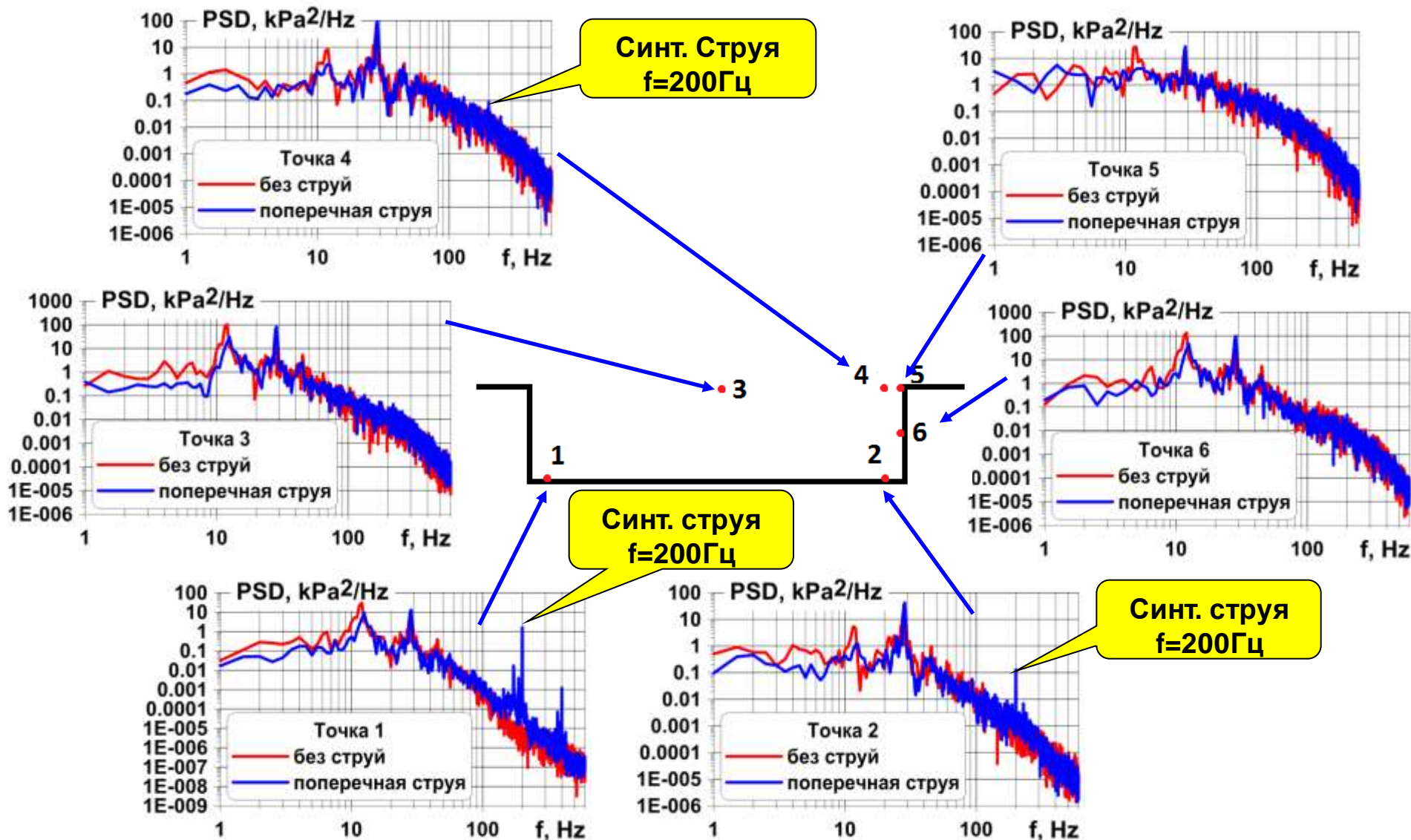
Каверна выполняет роль турбулизатора для внешнего течения

Влияние параметров синтетических струй на уровень пульсаций температуры и давления на стенках каверны



Эффективность синтетических струй в значительной степени зависит от частоты ГСС. Поперечная синтетическая струя с $f=200$ Гц, амплитудой 50 м/с снижает уровень пульсаций статических температуры и давления на задней стенке на 15-16%.

Влияние синтетической струи с $f=200\text{Гц}$, 50 м/с на спектральную плотность мощности пульсаций давления в разных точках каверны



Синтетическая струя уменьшает первую моду акустических колебаний, но несколько увеличивает вторую. Наибольший эффект около задней стенки каверны.

Спасибо за внимание