



Опыт моделирования шума вентиляторов авиационных двигателей методом граничных элементов

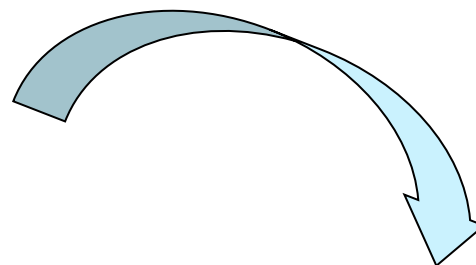
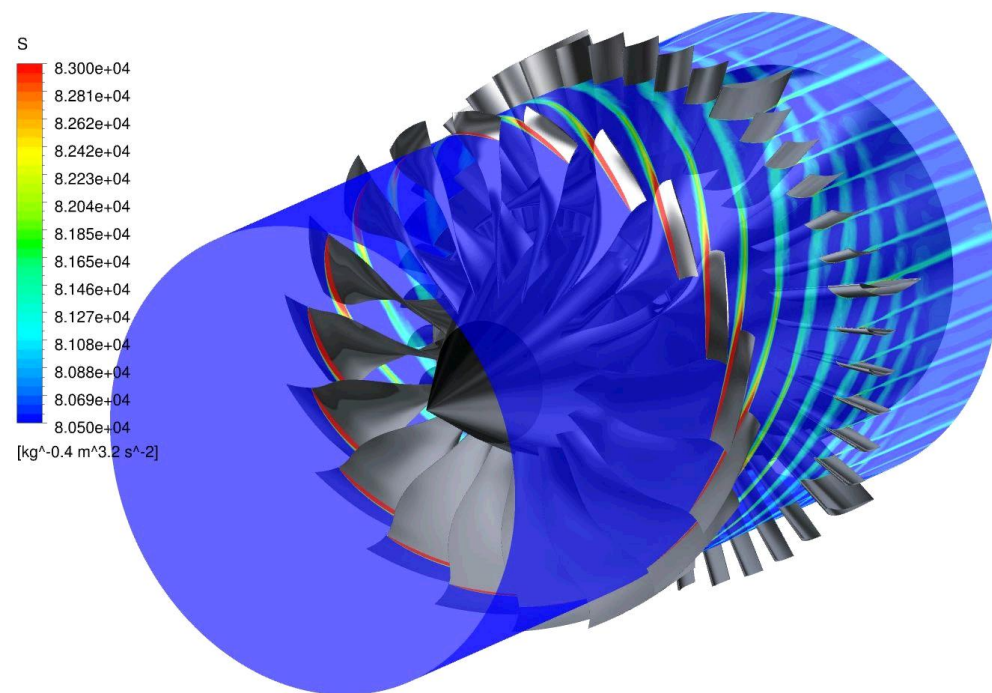
Пятунин К.Р., Архарова Н.В.

ОАО «НПО «Сатурн», г. Рыбинск

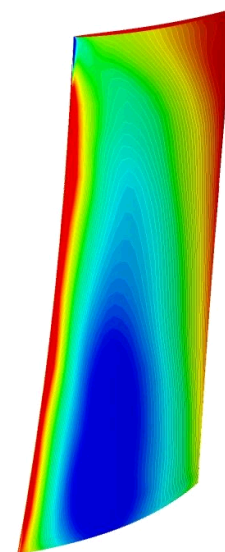
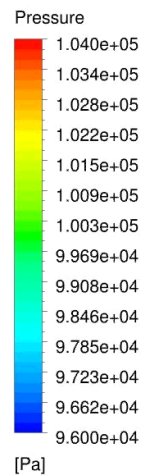
Светлогорск, сентябрь 2014

1. Настройка расчетной модели;
2. Более глубокая верификация методики расчета;
3. Оценка возможности использования технологии при проектировании сложных конструкций;

Расчет ротор-статор взаимодействия



Запись нестационарного давления
на поверхности лопаток

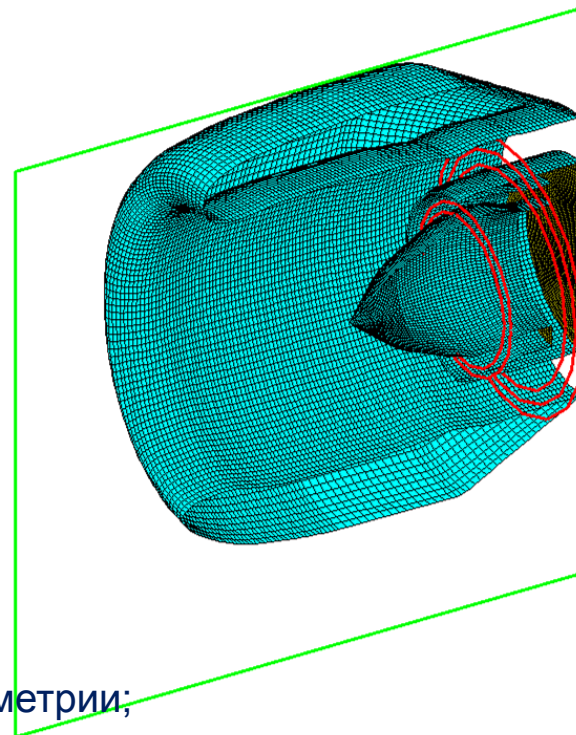
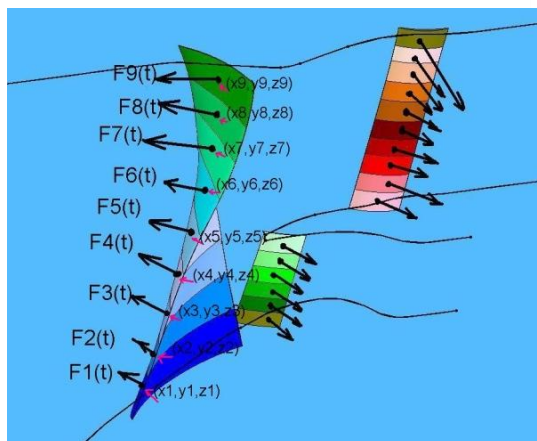
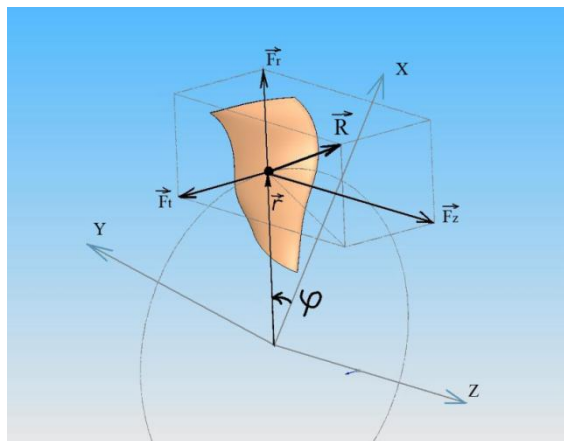


Три компонента силы действующей на сегмент лопатки, изменяющиеся во времени или по частоте:

Radial F_r

Tangential F_t

Axial F_z



Ограничения:

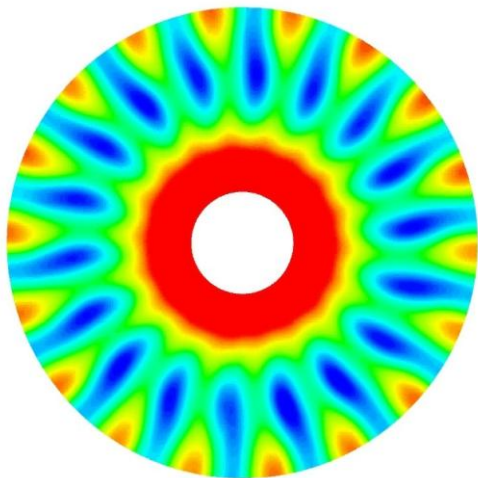
1. Большой объем исходных данных для лопаток сложной геометрии;
2. Невозможность расчета конструкций с разнородными лопатками;
3. Упрощение приводит к потерям точности;



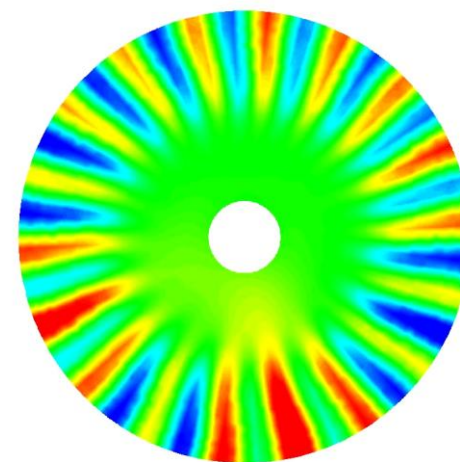
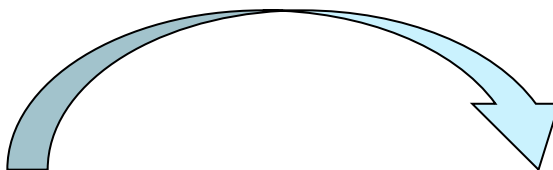
ОБЪЕДИНЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ОБОРОНПРОМ

Модификация расчетной модели. Подход Exterior Direct BEM.

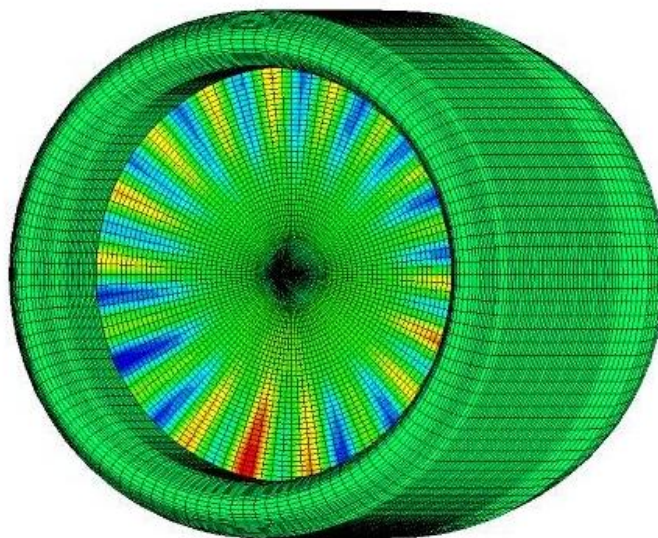
Pressure
9.660e+04
9.652e+04
9.643e+04
9.635e+04
9.626e+04
9.618e+04
9.609e+04
9.601e+04
9.592e+04
9.584e+04
9.575e+04
9.567e+04
9.558e+04
9.550e+04
[Pa]



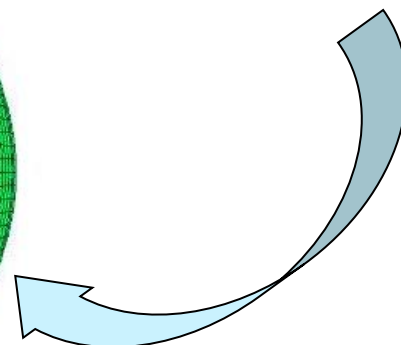
Запись нестационарных полей
статического давления на
контрольной поверхности



Преобразование Фурье.
Определение комплексных амплитуд
нестационарного давления. (BPF)



Интерполяция на акустическую
сетку. (BPF)



1. Модель турбулентности k-ε;
2. Размерность аэродинамической сетки ~ 45 млн. узлов;
3. Г.У. в виде распределенных по поверхности диполей;
4. Акустический расчет выполнен для первых 4-х гармоник частоты следования лопаток РК;

Поверхность
вноса возмущений

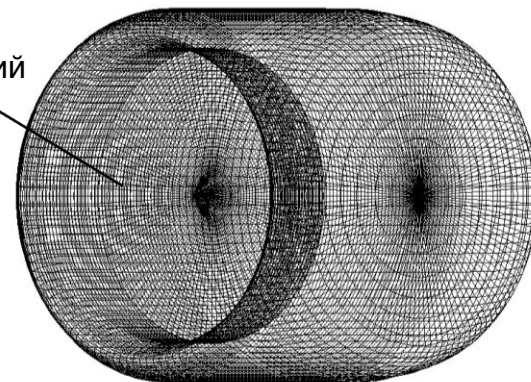
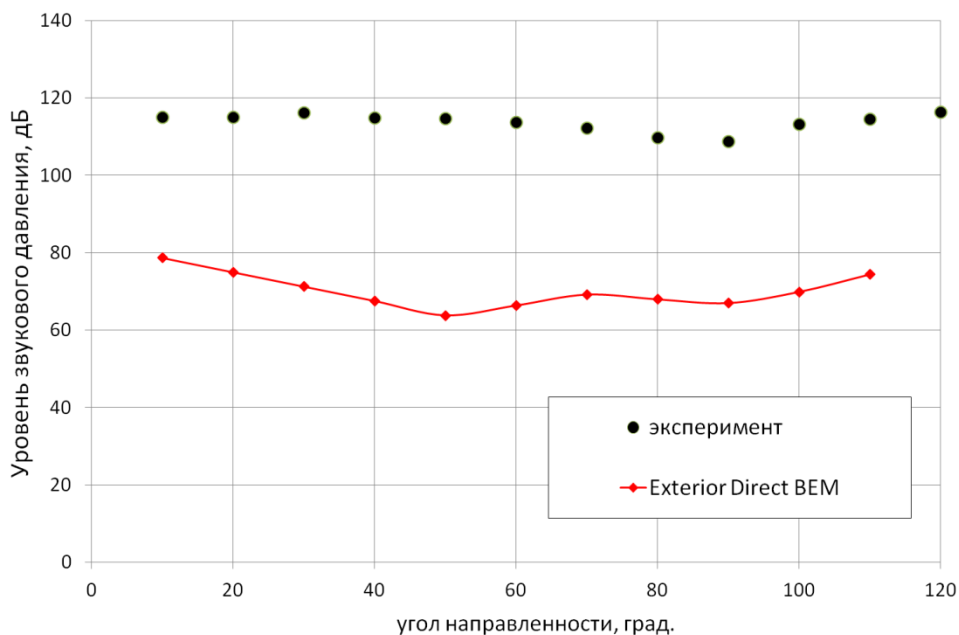
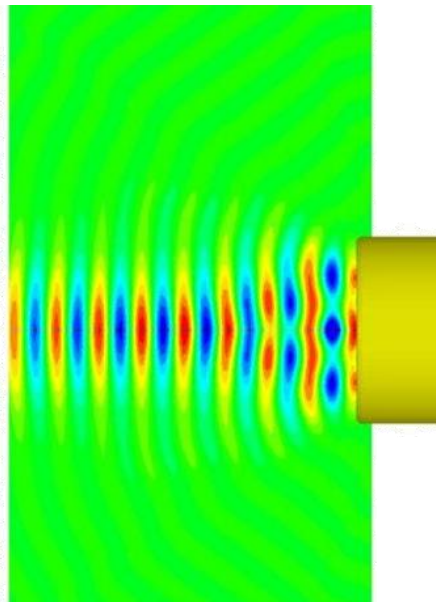


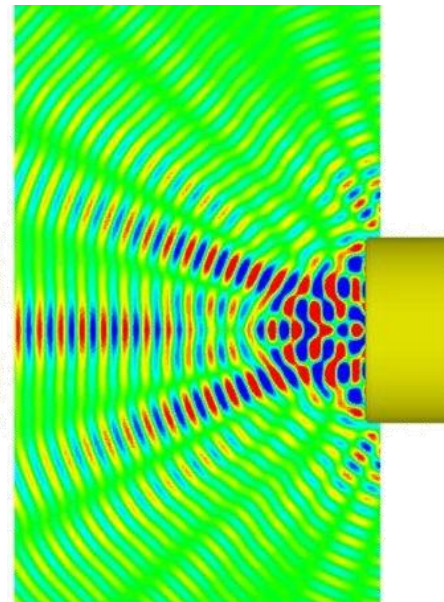
Диаграмма направленности



BPF

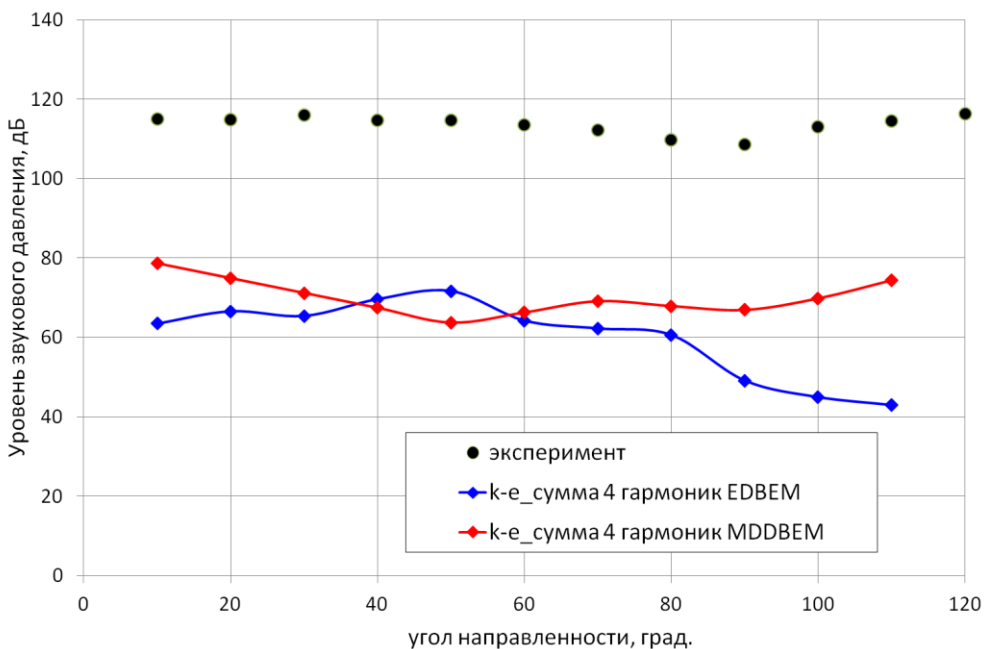


2BPF



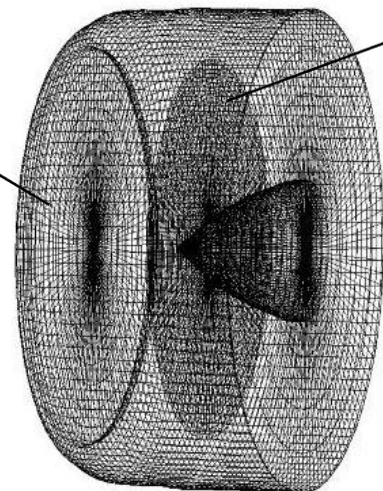
Некорректная картина распространения

Диаграмма направленности

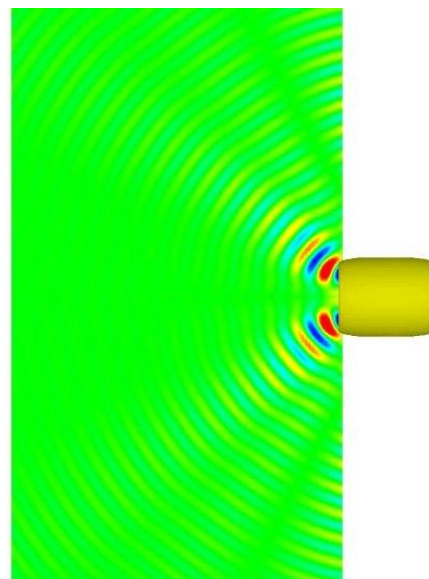


Поверхность сопряжения

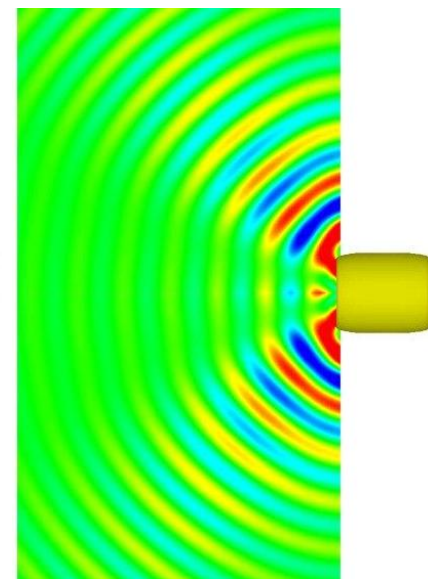
Поверхность вноса возмущений



BPF

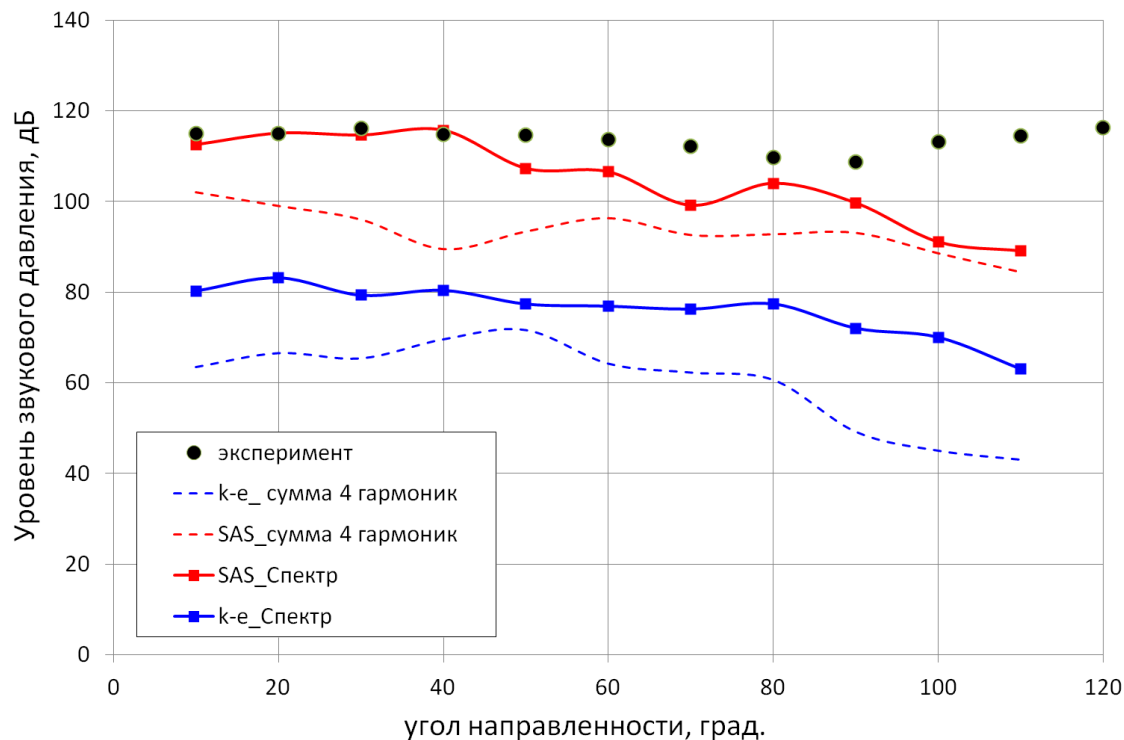


2BPF



Более корректная картина распространения

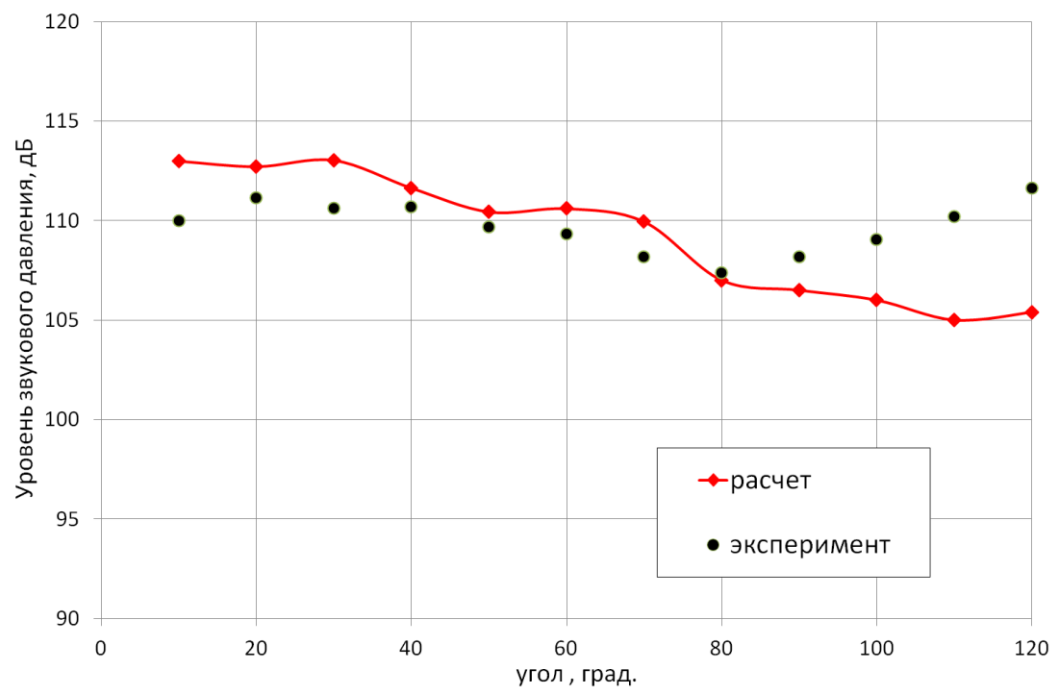
Диаграмма направленности



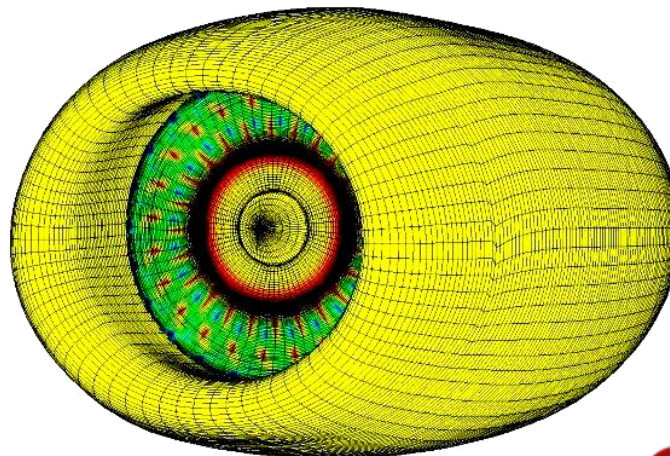
Расчет выполнен для частотного диапазона:

20...2000 Гц с шагом 20 Гц и
2000...6000 Гц с шагом 100 Гц.

Использование вихреразрешающих подходов позволяет учесть широкополосную составляющую и более точно смоделировать суммарный уровень шума



Испытания проводились с
ПВУ и акустической стенкой



Преимущества:

1. Возможность получить уровень звукового давления близкий к экспериментальному;
2. Возможность расчета трехмерных акустических полей и несимметричных конструкций (скошенный воздухозаборник, вентилятор с разнородными лопатками СА);
3. Относительно низкие затраты вычислительных ресурсов в сравнении с 3D FEM;

Недостатки:

1. Применим только в области низких и средних частот из-за быстрого роста вычислительных ресурсов;
2. Использование вихреразрешающих подходов требует значительно большего времени на установление периодического нестационарного решения в сравнении с RANS-методами;
3. Невозможность учета среднего течения в канале воздухозаборника и вокруг него;