



## Опыт моделирования шума вентиляторов авиационных двигателей методом граничных элементов

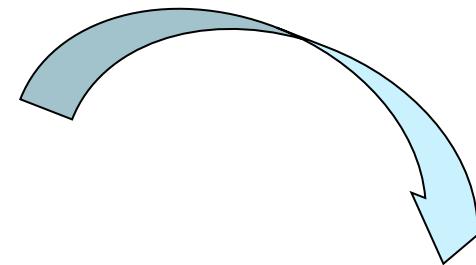
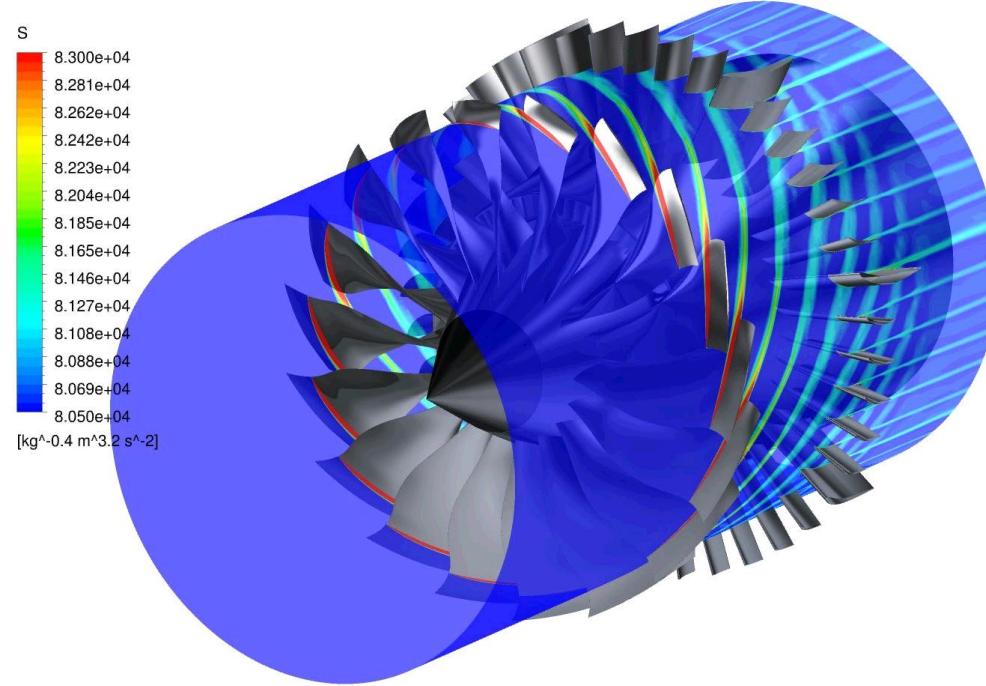
Пятунин К.Р., Архарова Н.В.

ОАО «НПО «Сатурн», г. Рыбинск

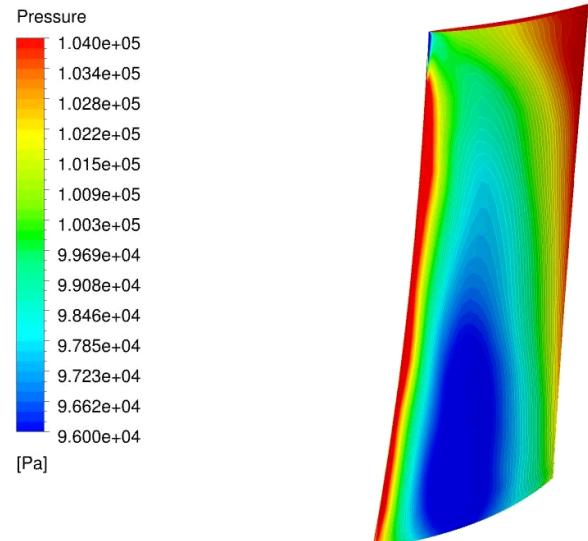
Светлогорск, сентябрь 2014

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

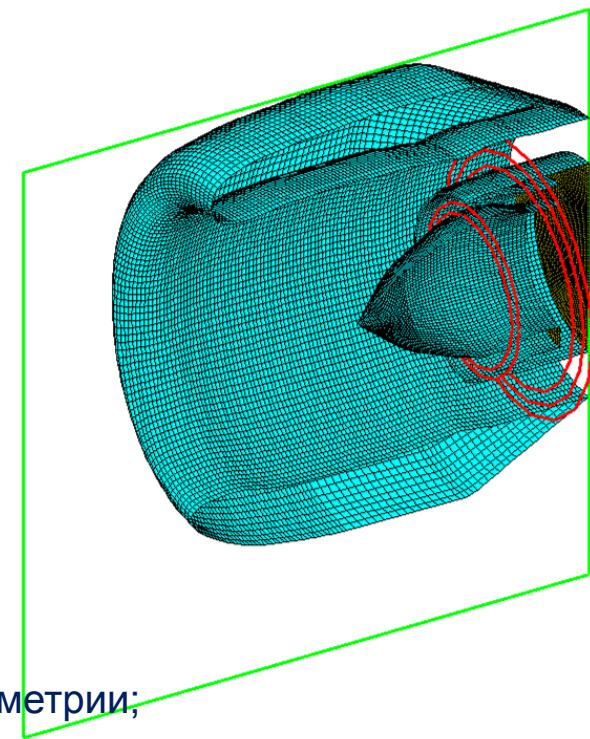
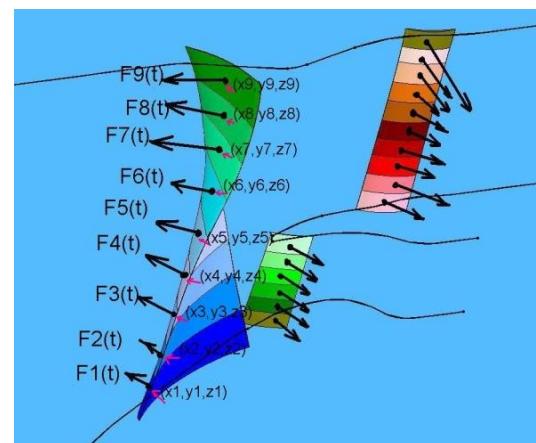
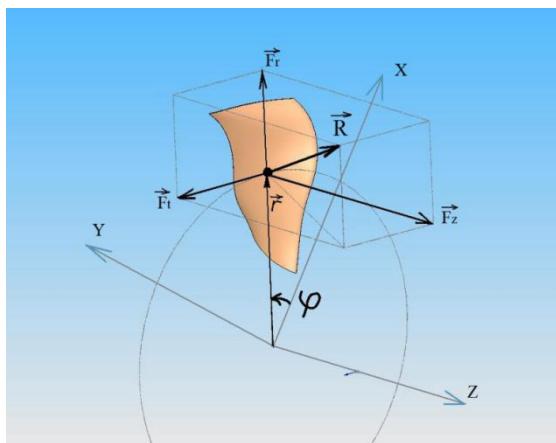


Три компоненты силы действующей на сегмент лопатки, изменяющиеся во времени или по частоте:

**Radial  $F_r$**

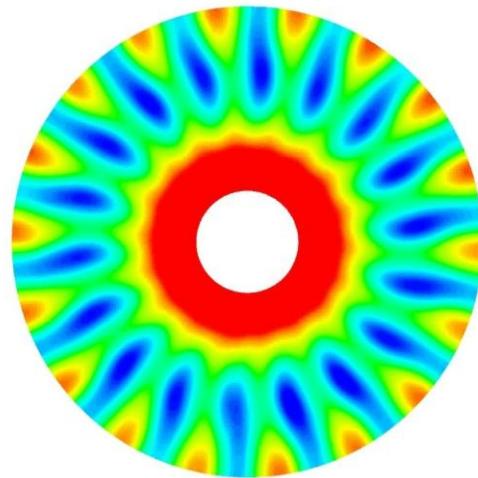
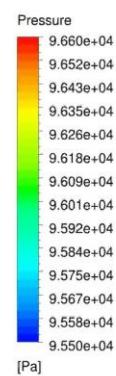
**Tangential  $F_t$**

**Axial  $F_z$**

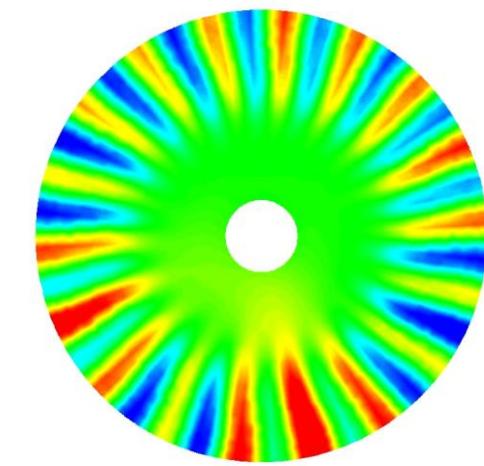
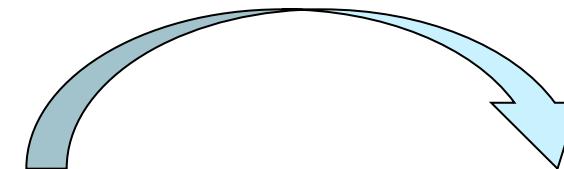


## Ограничения:

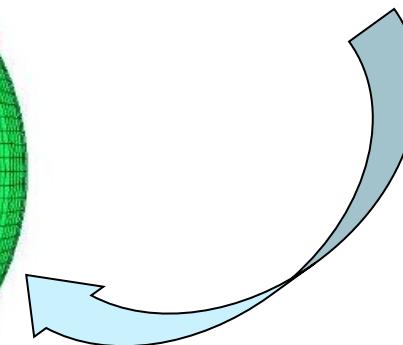
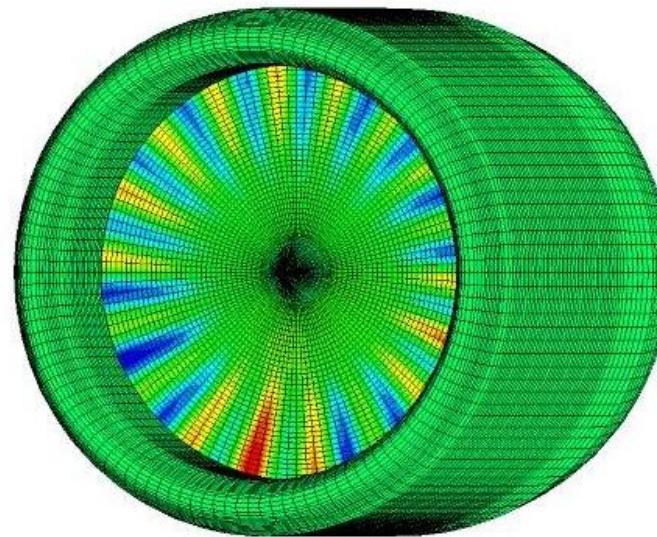
1. Большой объем исходных данных для лопаток сложной геометрии;
2. Невозможность расчета конструкций с разнородными лопатками;
3. Упрощение приводит к потерям точности;



Запись нестационарных полей  
статического давления на  
контрольной поверхности



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



Интерполяция на акустическую  
сетку. (BPF)

1. Модель турбулентности  $k-e$ ;
2. Размерность аэродинамической сетки  $\sim 45$  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 взвешений

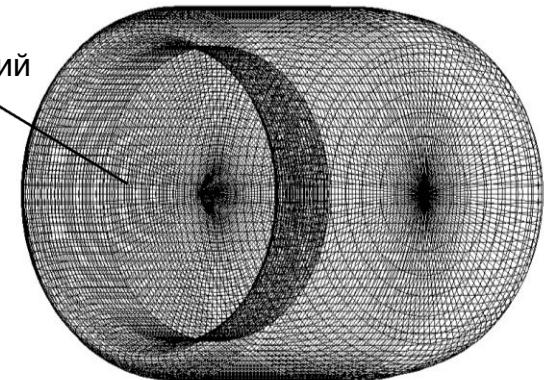
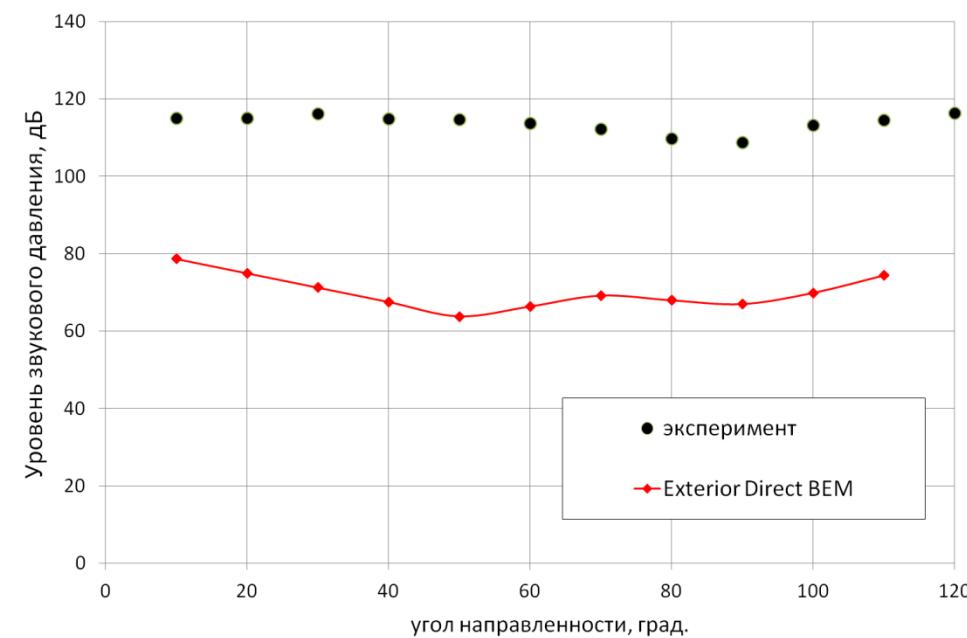
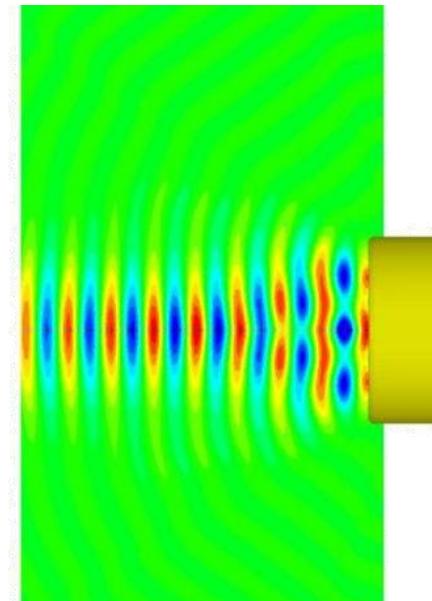


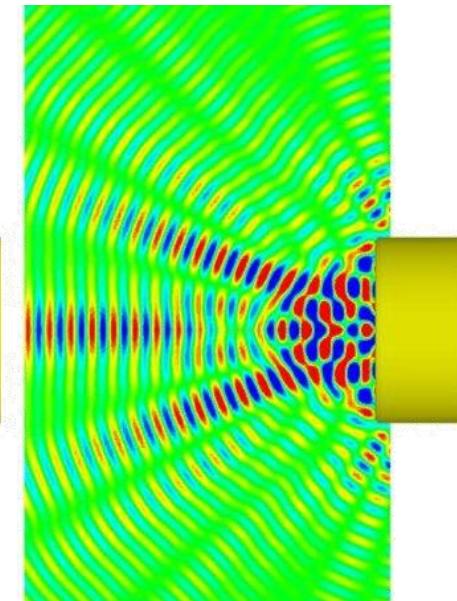
Диаграмма направленности



BPF

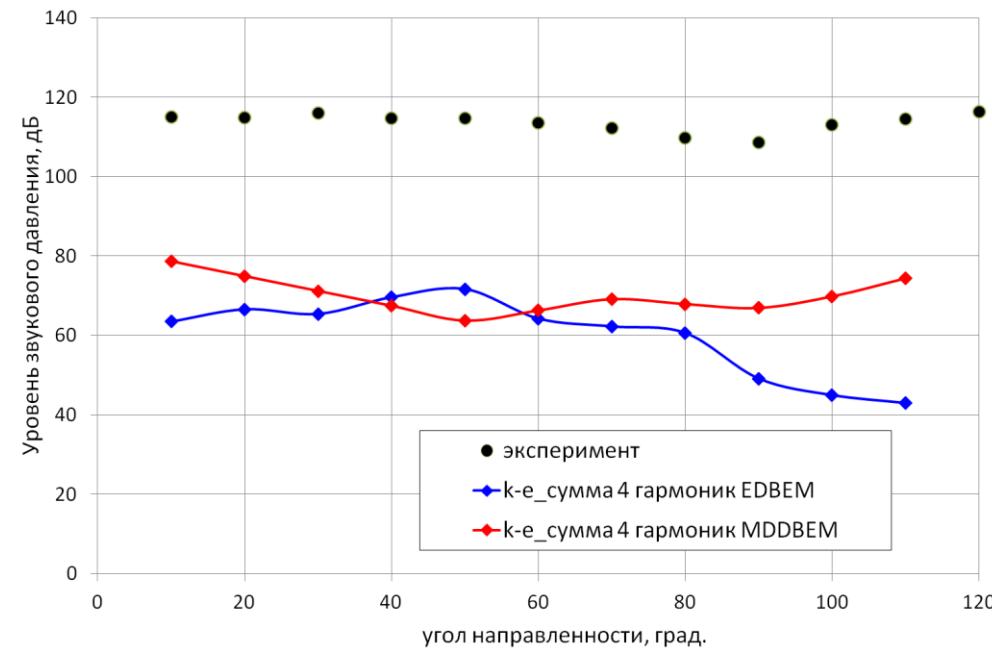


2BPF

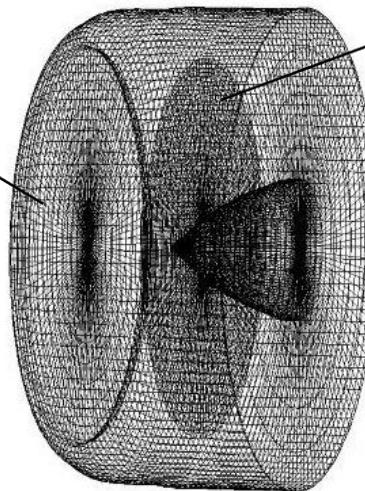


Некорректная картина распространения

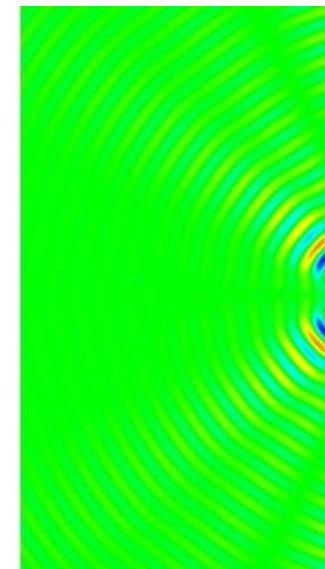
Диаграмма направленности



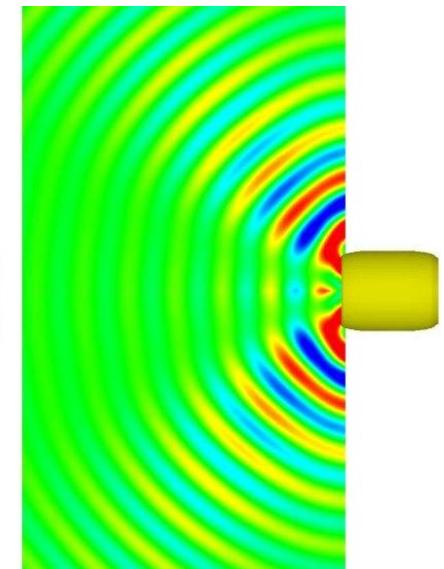
Поверхность сопряжения  
Поверхность вноса возвущений



BPF

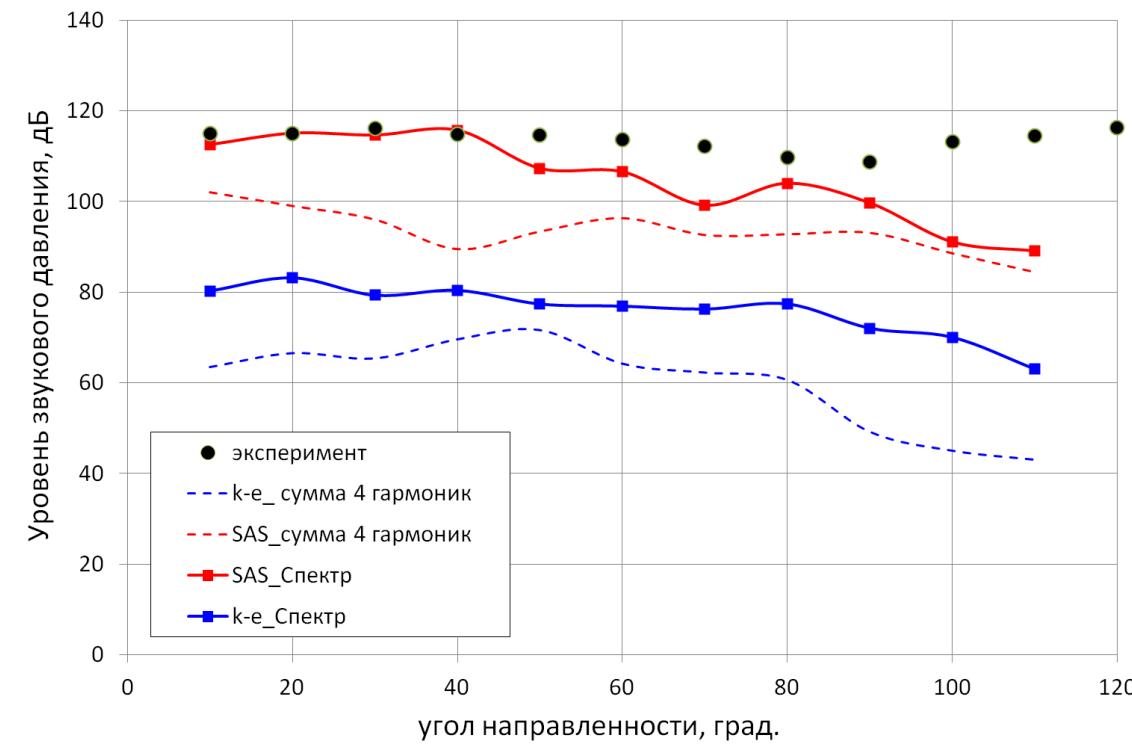


2BPF



Более корректная картина распространения

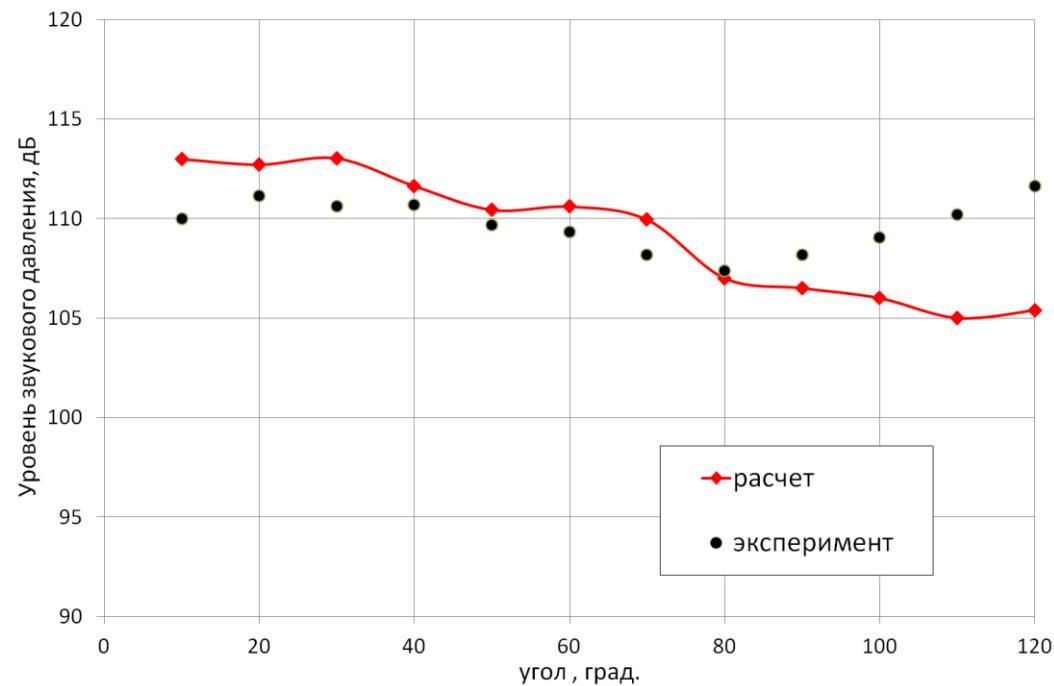
## Диаграмма направленности



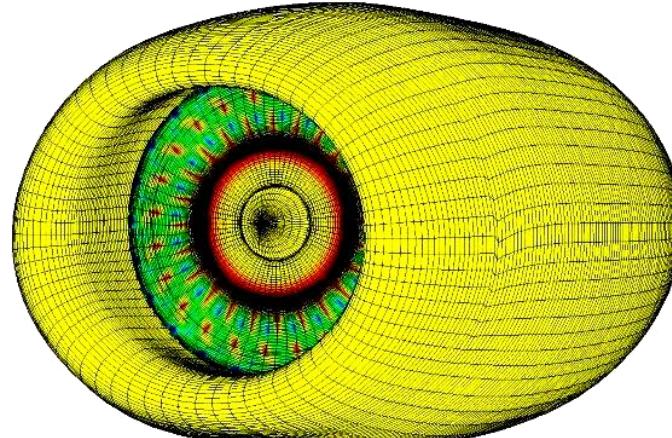
Расчет выполнен для частотного диапазона:

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;