

VIII Российская конференция  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ  
В АЭРОАКУСТИКЕ И АЭРОДИНАМИКЕ



20—25 сентября 2021 г., ГЕЛЕНДЖИК

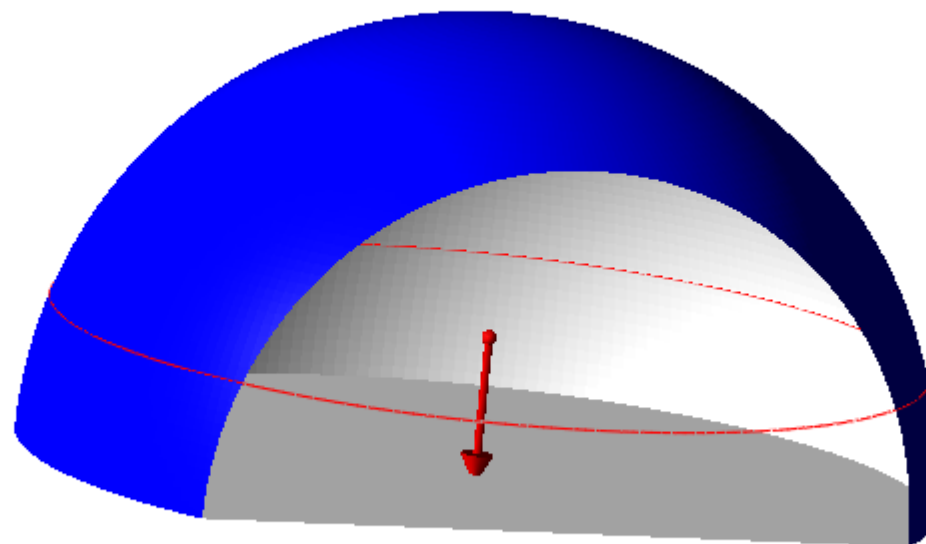


## Сопоставление источника аэродинамического шума винта квадрокоптера и параметров эквивалентного концентрированного вихря

Тимушев С. Ф., Федосеев С.Ю., МАИ (НИУ)



# Геометрия – область расчета



Полусфера  
радиусом 5м

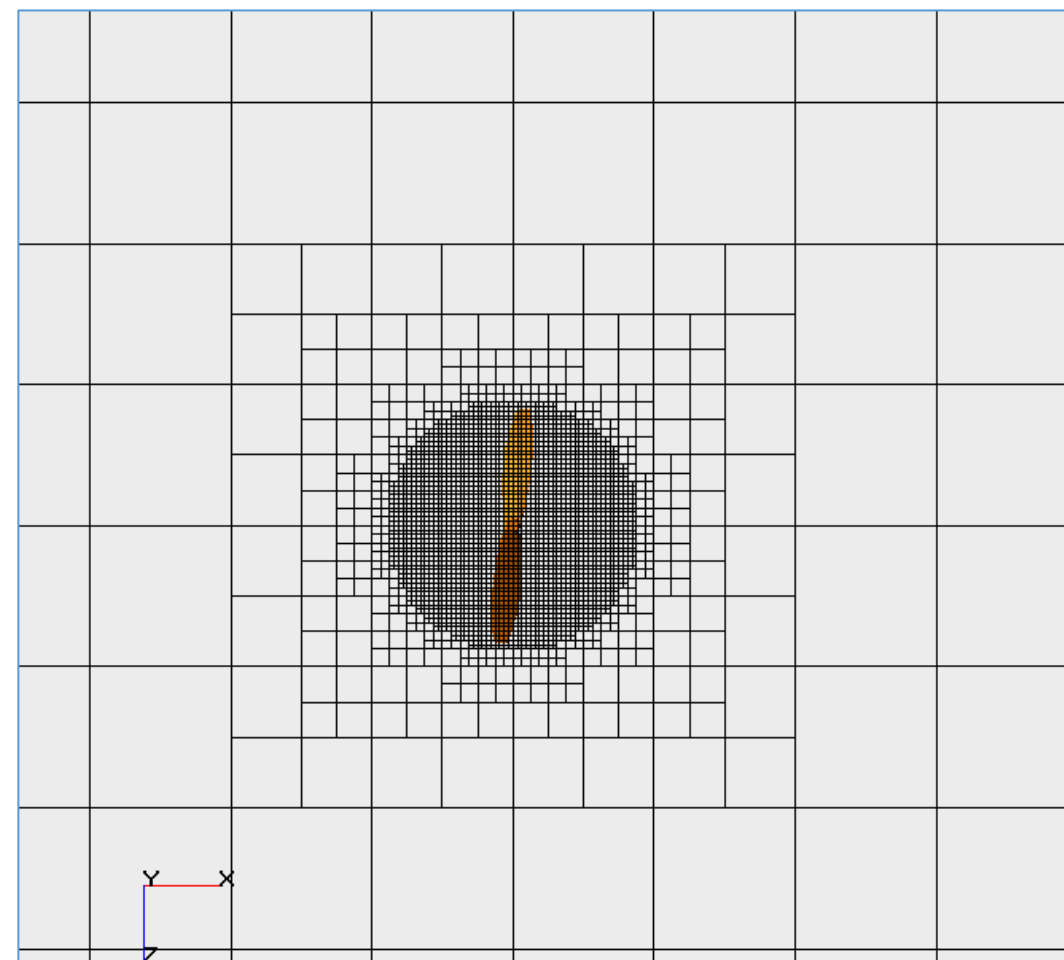
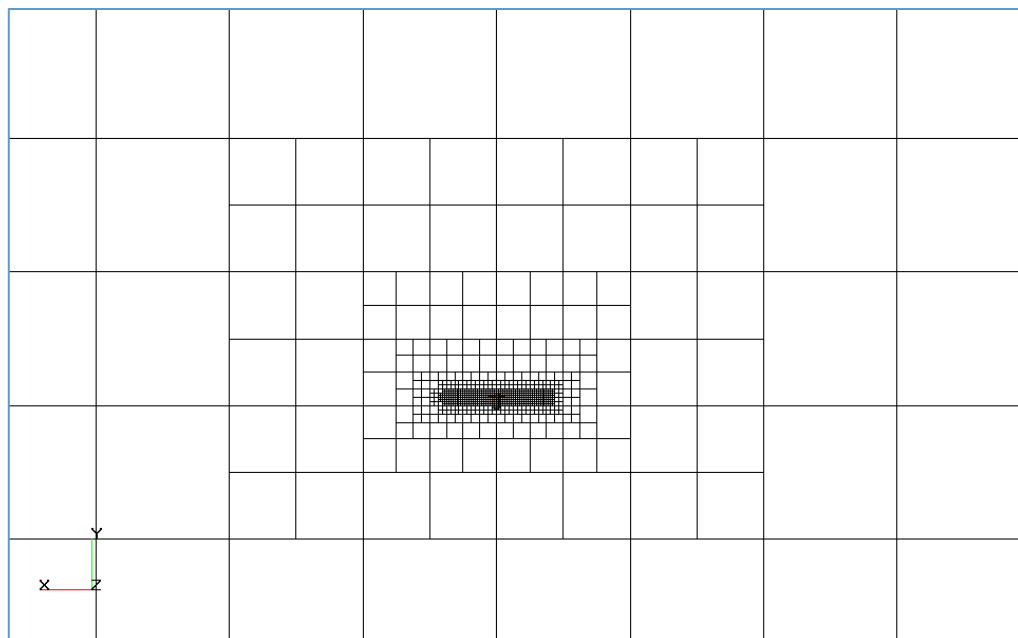


## Геометрия - винт



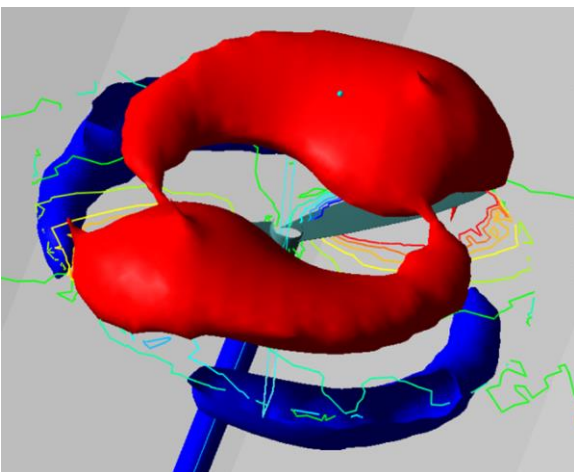
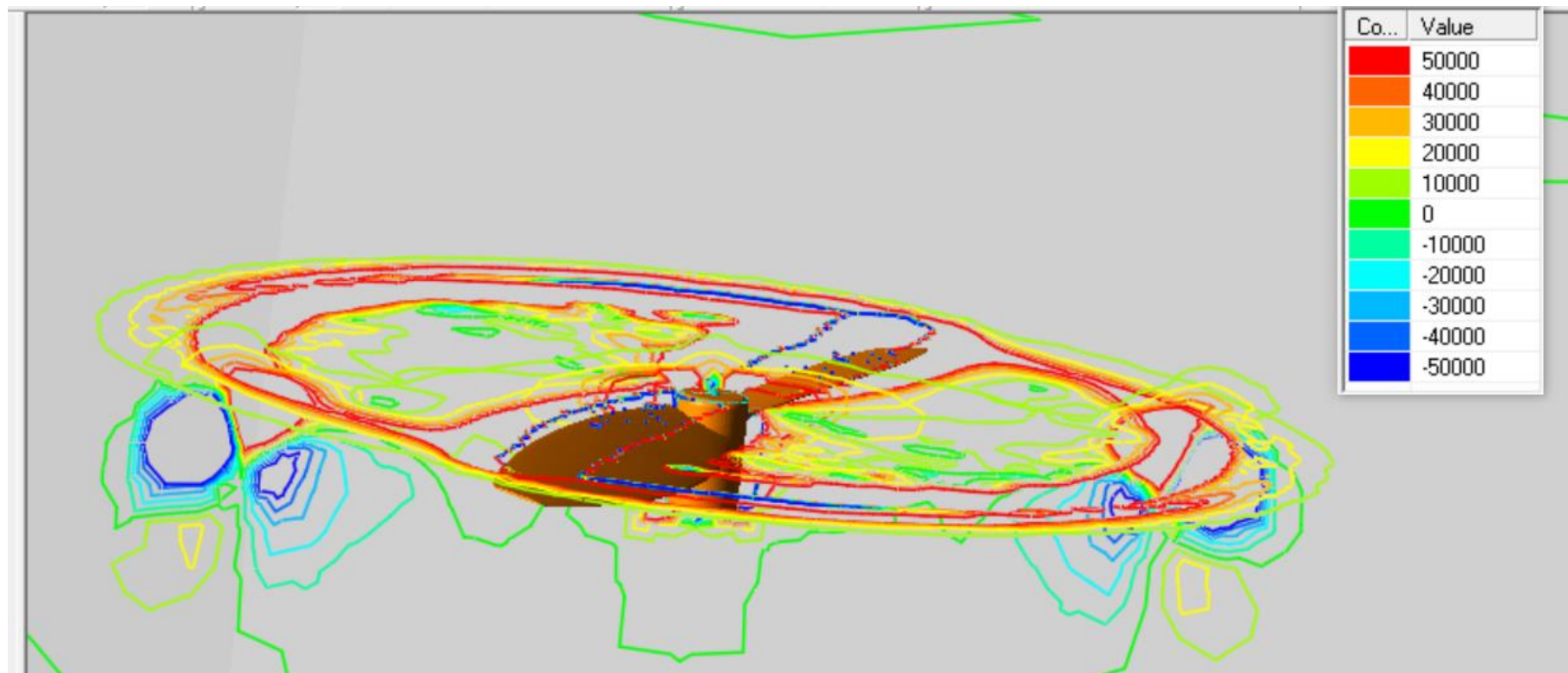


# Сетка -7й уровень адаптации

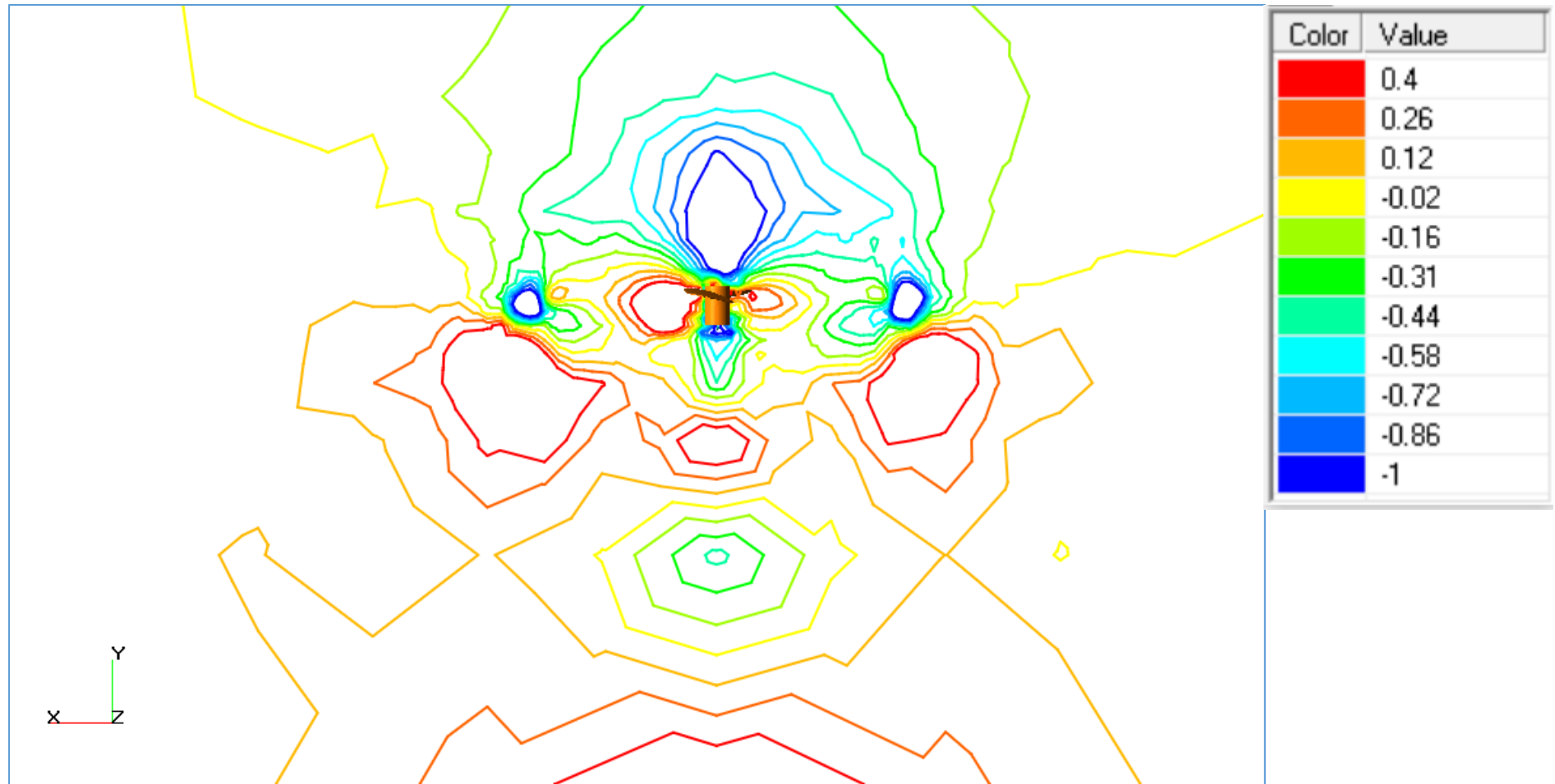




## Структура источника ЧСЛ

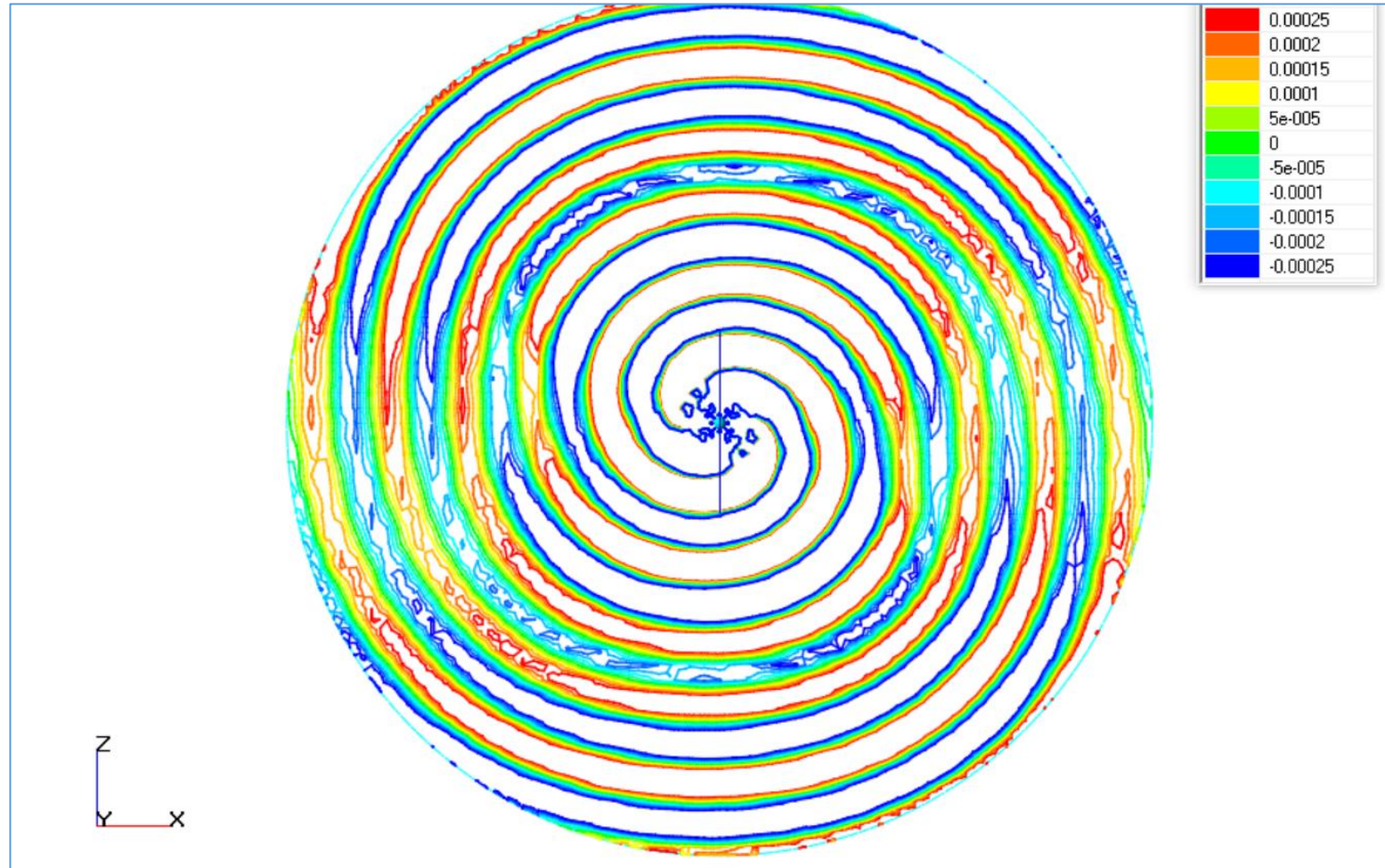


# Первый шаг расчета- давление в меридиональной плоскости



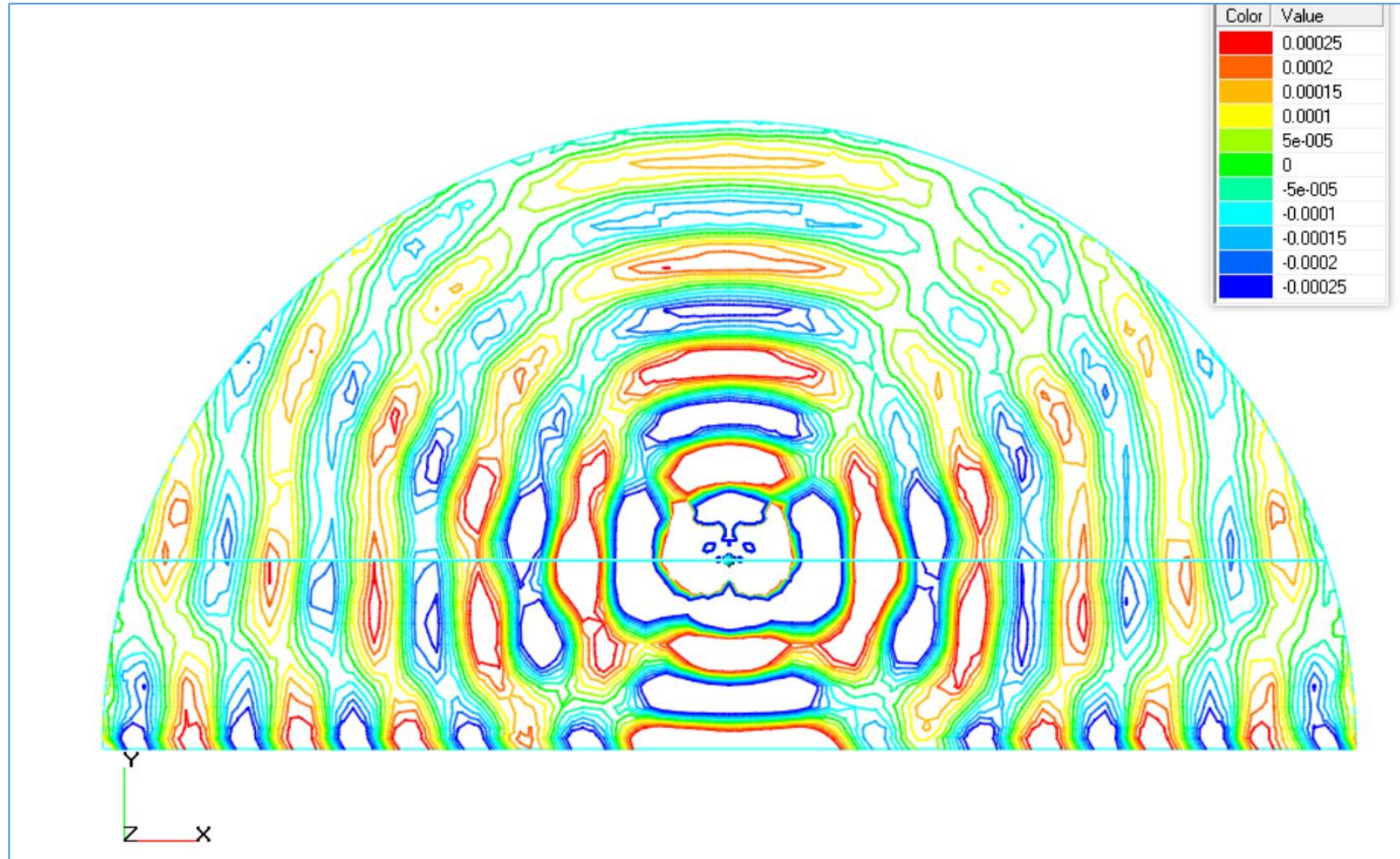


## Второй шаг – акустическое давление в плоскости вращения винта (первая гармоника ЧСЛ)





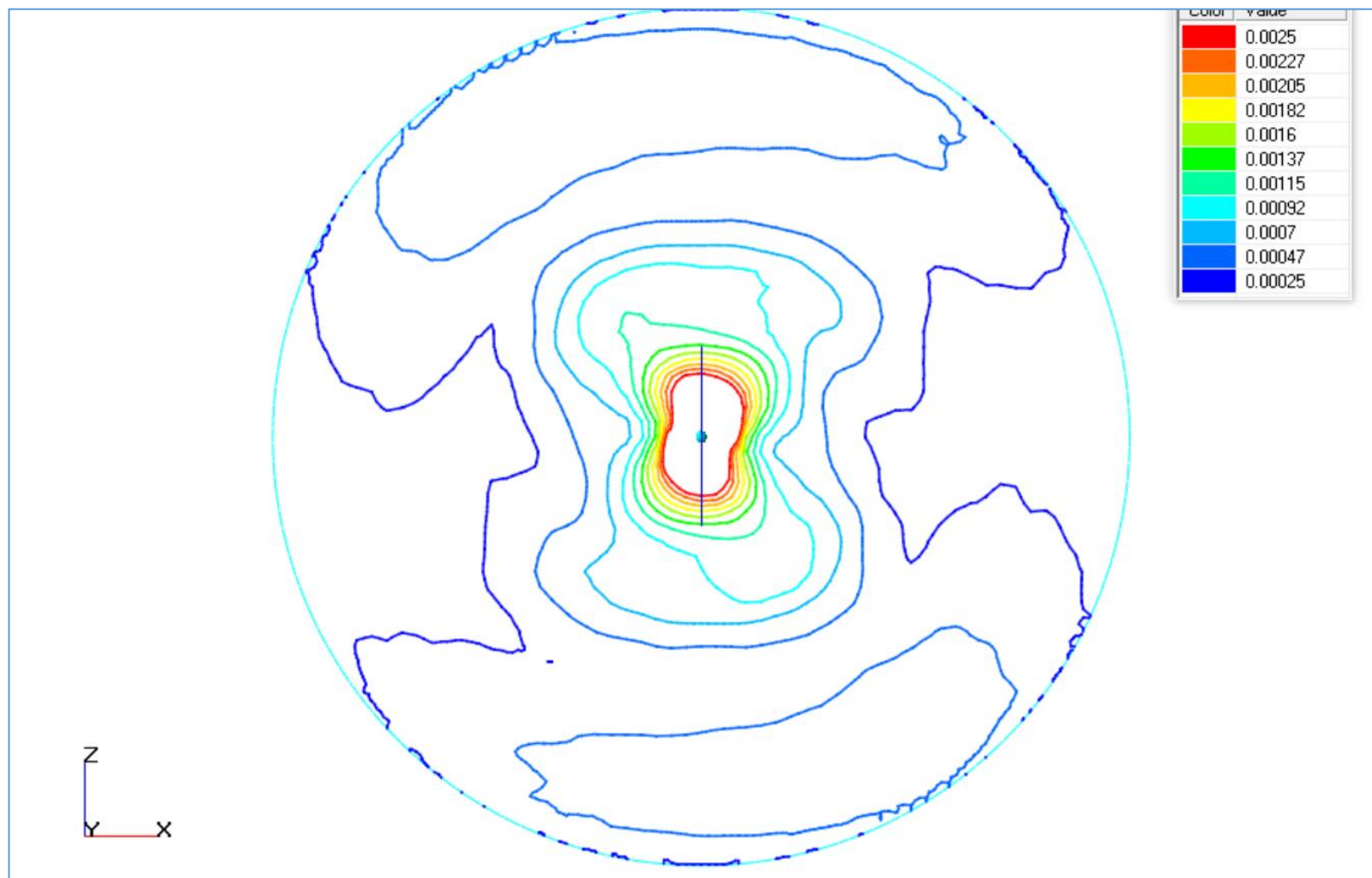
## Второй шаг – акустическое давление в меридиональной плоскости винта (первая гармоника ЧСЛ)





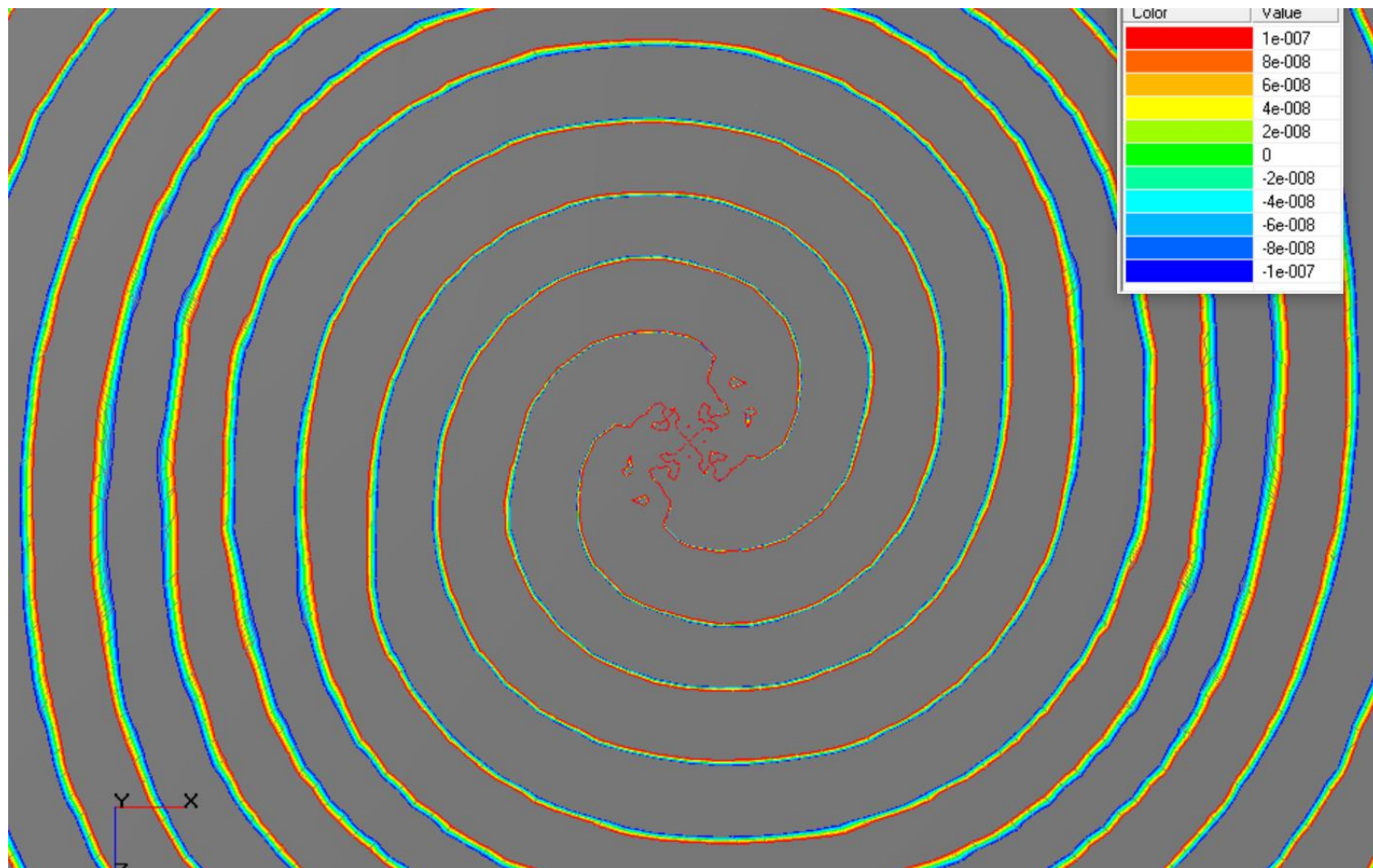


## Второй шаг – амплитуда первой гармоники ЧСЛ в плоскости вращения винта

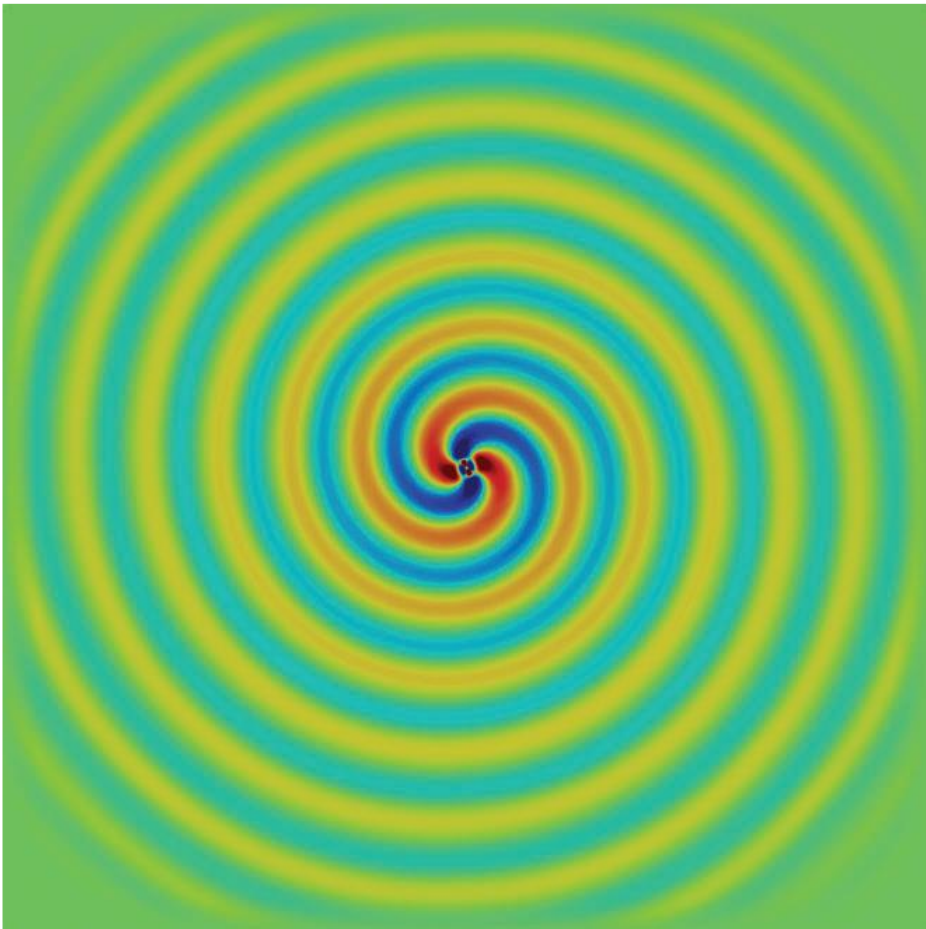




## Поле пульсаций давления (безразмерное)



## Поле пульсаций давления от пары вращающихся вихрей



DOI: 10.1002/nme.6298

Aeroacoustic source term computation based on radial basis functions

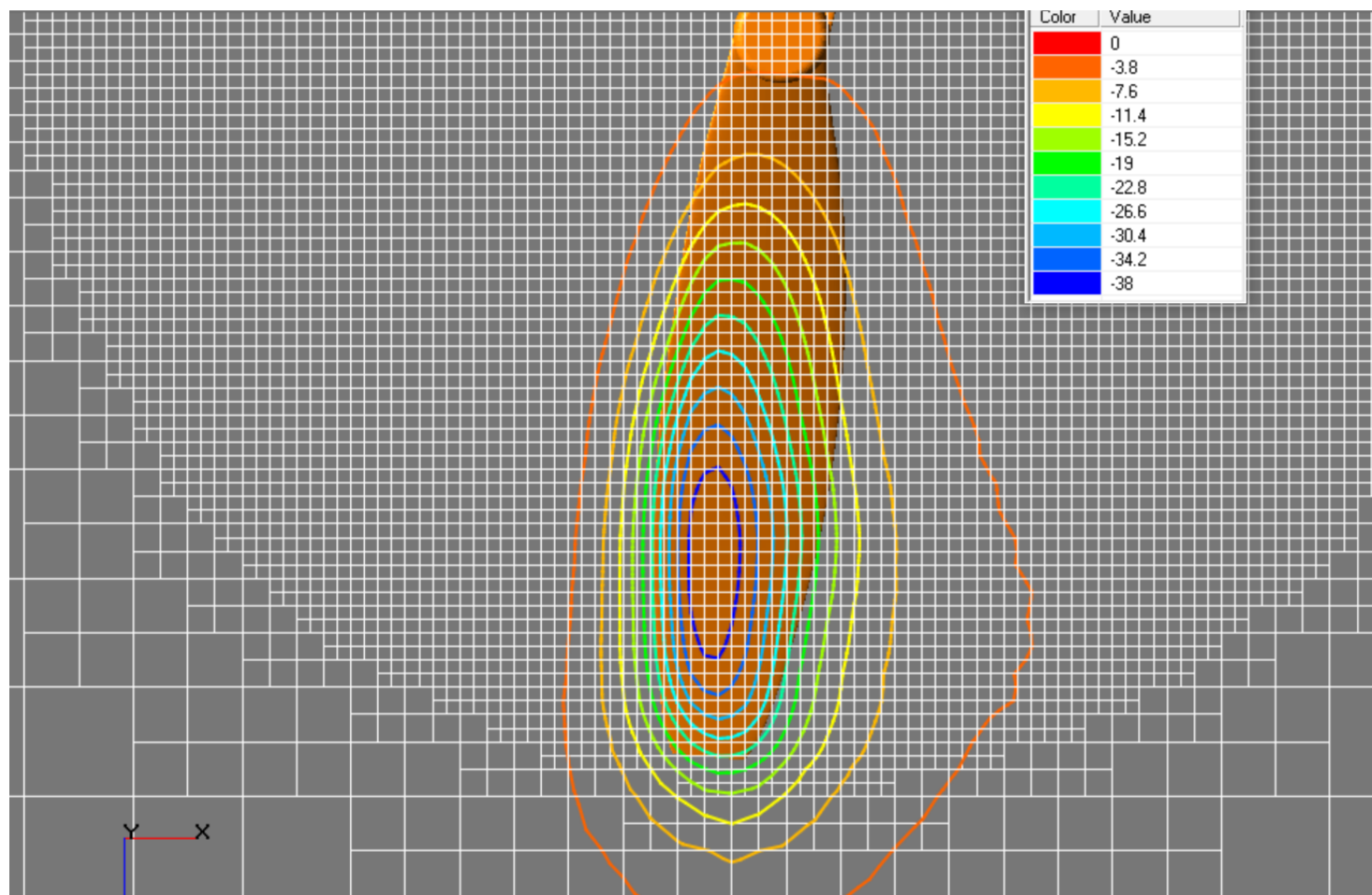
Stefan Schoder Klaus Roppert Michael Weitz Clemens Junger

Manfred Kaltenbacher

Müller E, Obermeier F. The spinning vortices as a source of sound. AGARD CP-22; 1967.



## Первый шаг расчета- положение эквивалентного вихря



## Оценка амплитуды

Потенциал скорости

$$\Phi(z, t) = \frac{\Gamma k^2 r_0^2}{8} H_2^{(2)}(kr) e^{-i2(\theta - \omega t)}$$

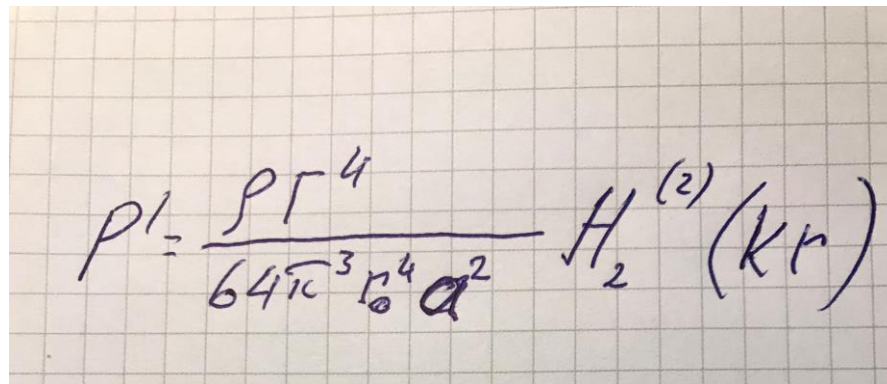
Акустическое давление

$$p'(z, t) = -\rho_0 \frac{\partial}{\partial t} \Phi(z, t)$$

$$\Omega = 1257 \text{ рад/с}$$

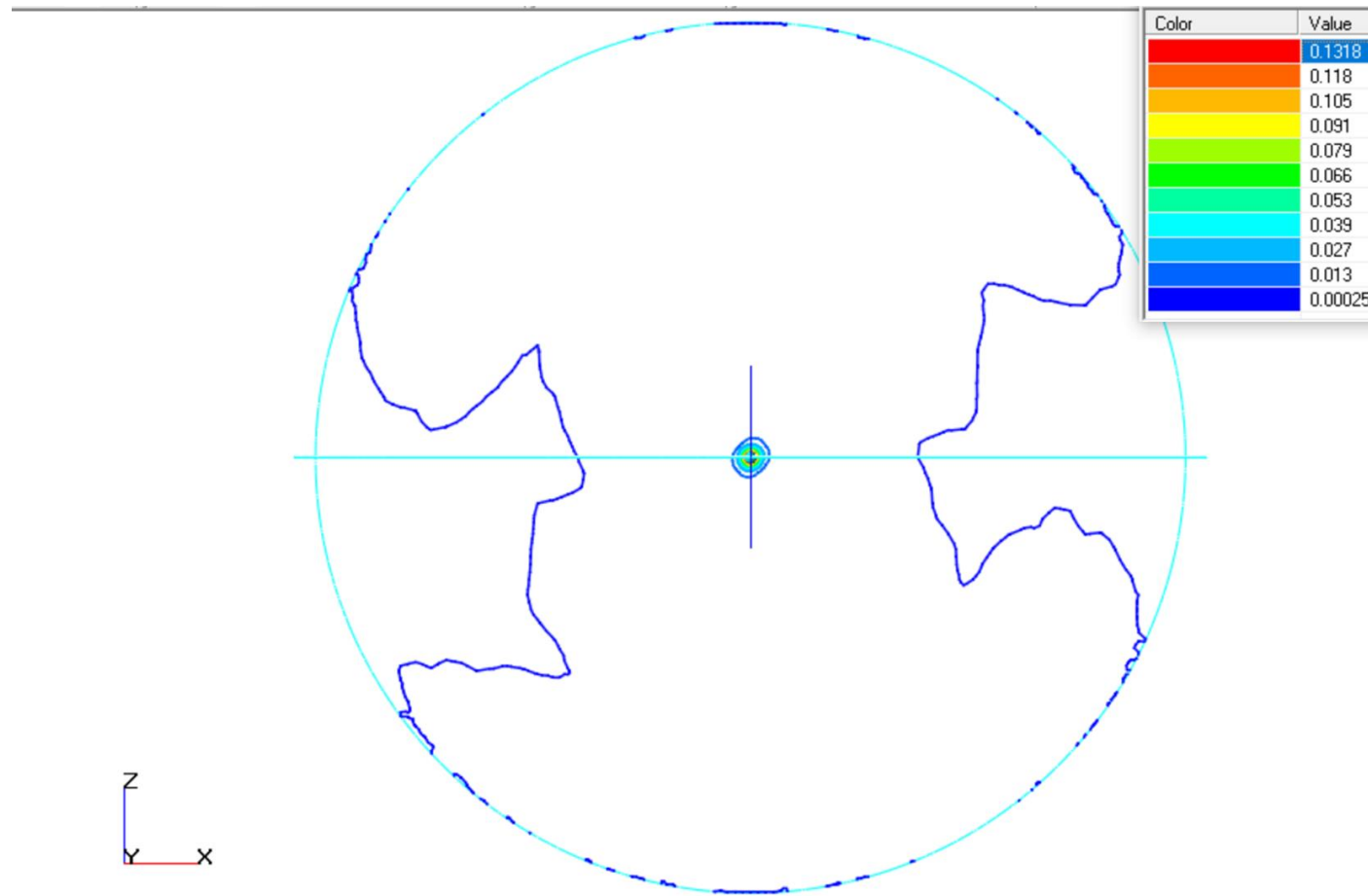
$$r_0 = 25 \text{ мм}$$

$$\Gamma = 9.872 \text{ м}^2/\text{с}$$

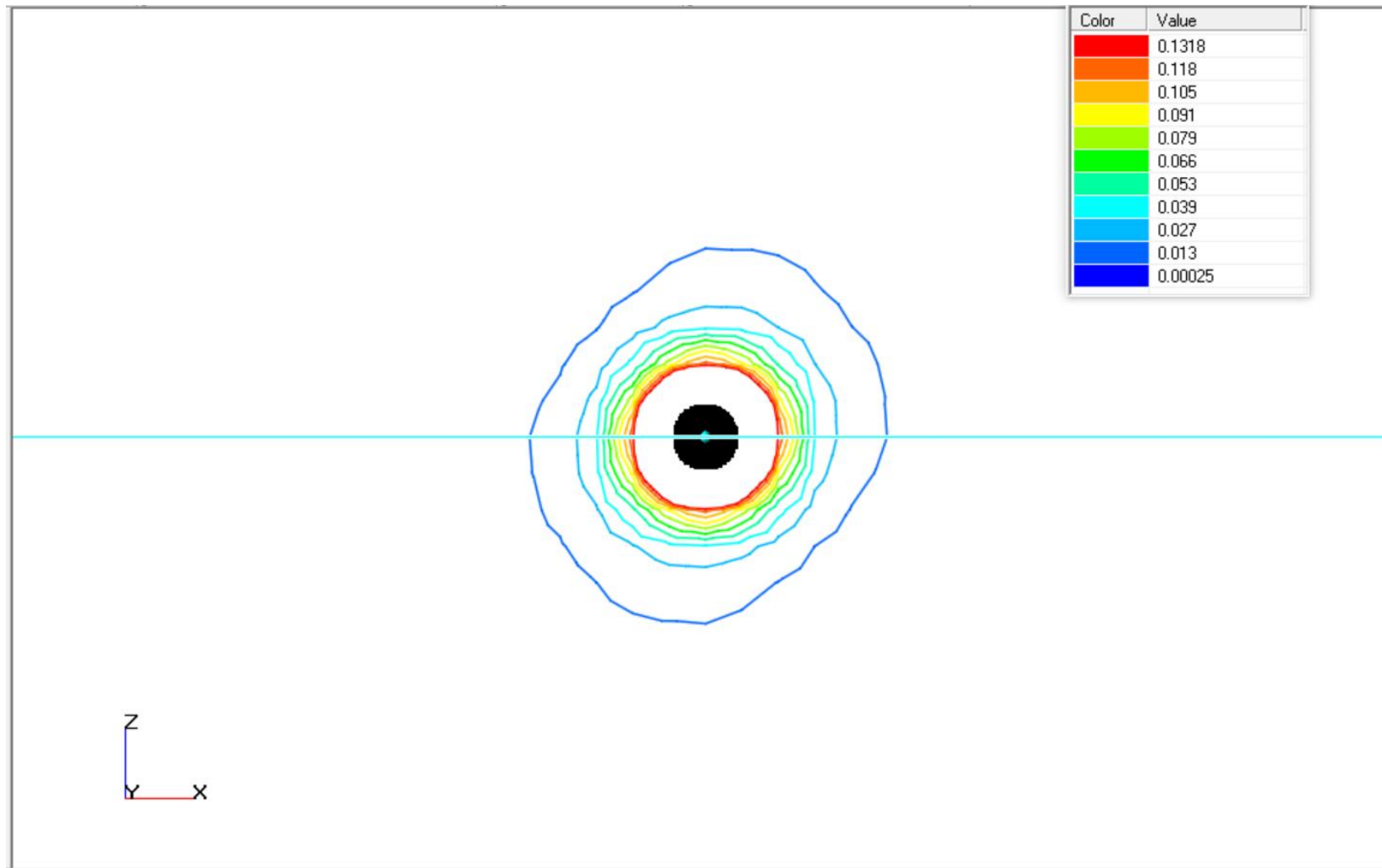

$$p' = \frac{\rho \Gamma^4}{64 \pi^3 r_0^4 a^2} H_2^{(2)}(kr)$$

$$A = 0.1318 \text{ Па}$$

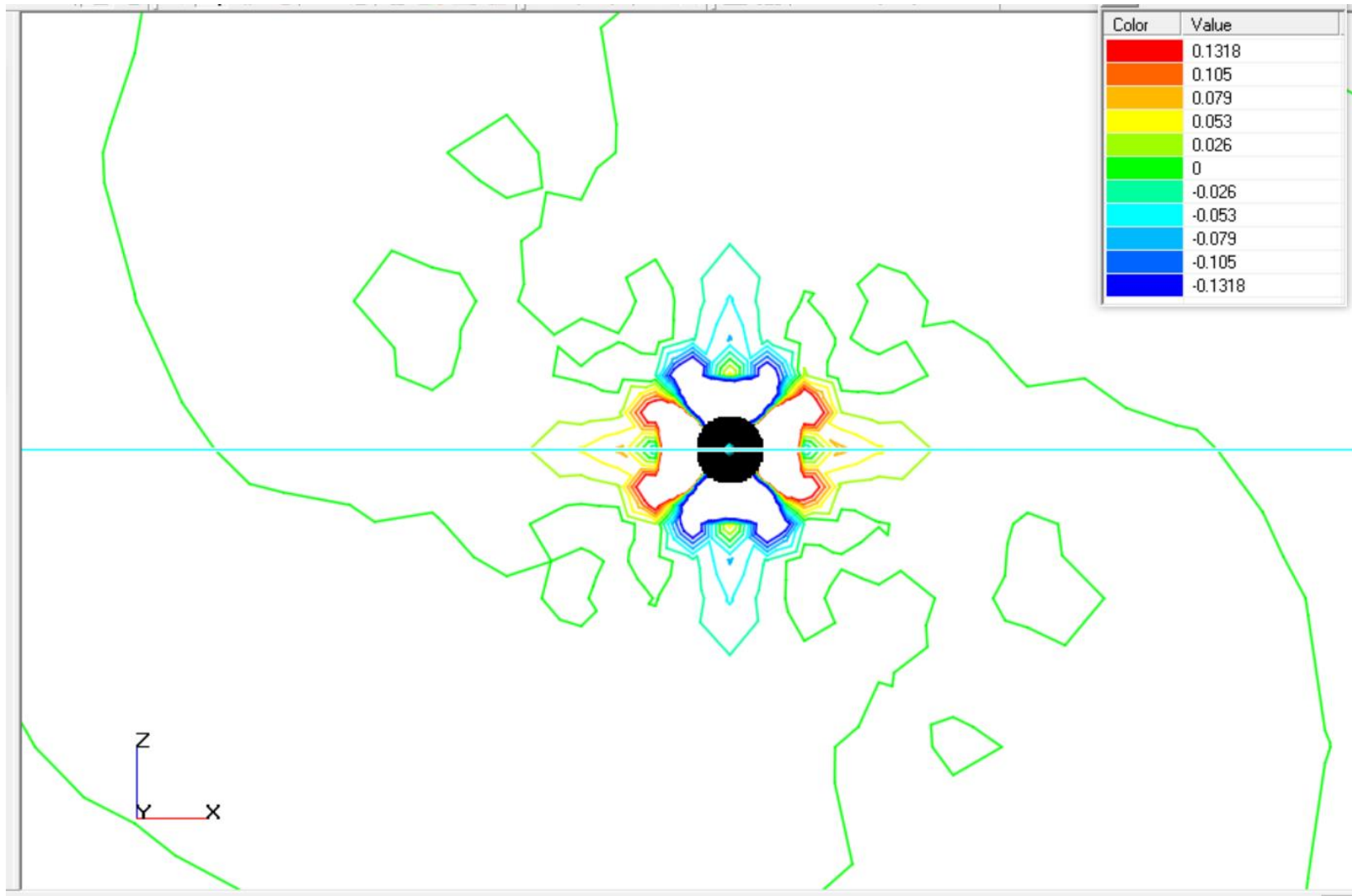
## Второй шаг – амплитуда (первая гармоника ЧСЛ)



## Второй шаг – амплитуда (первая гармоника ЧСЛ)



## Второй шаг – поле пульсаций давления (первая гармоника ЧСЛ)





## Заключение

- Продемонстрировано использование акустико-вихревой декомпозиции с решением волнового уравнения прямым методом для моделирования шума винта квадрокоптера на режиме висения
- Структура источника звука ЧСЛ представляет собой две соосные вихревые зоны
- Поле акустического давления в плоскости вращения винта выявляет квази-спиралевидную структуру источника квадрупольного типа
- Показана возможность оценки амплитуды пульсаций давления путем использования аналитического решения для поля пульсаций давления от пары вращающихся вихрей