

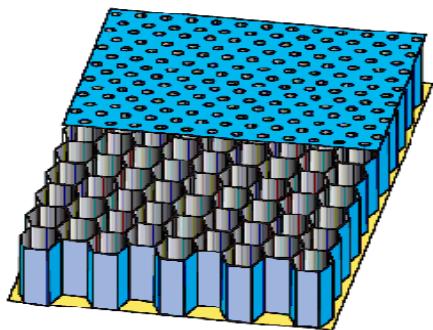


Оценка влияния взаимного расположения отверстий перфорации ЗПК на пульсации скорости в горле резонатора

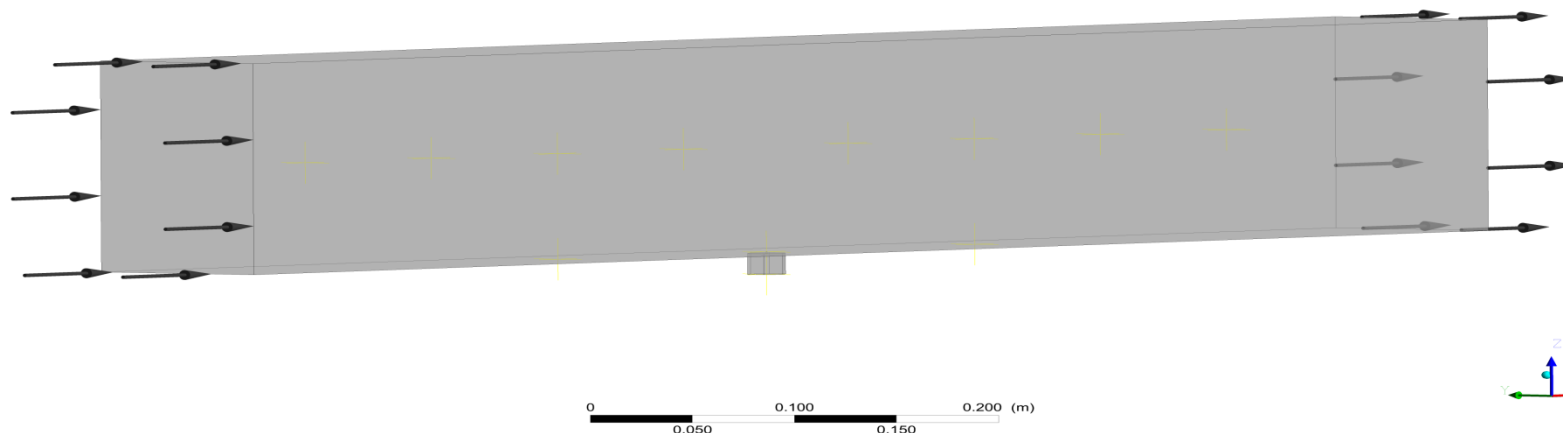
Р.Н. Колегов, А.А. Синер, К., Т.П. Любимова

Цель: Численно оценить влияние соседних ячеек ЗПК на пульсации скорости в горле исследуемого резонатора

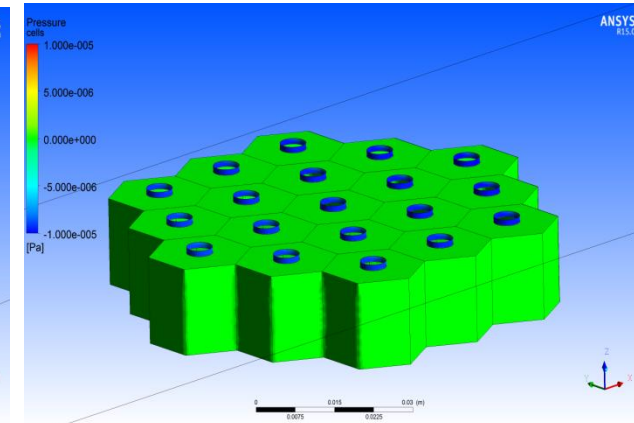
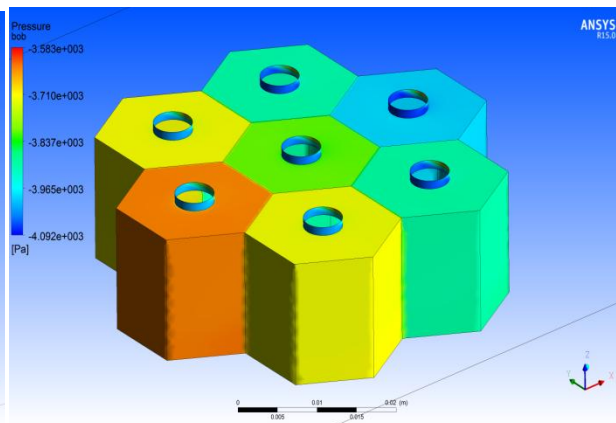
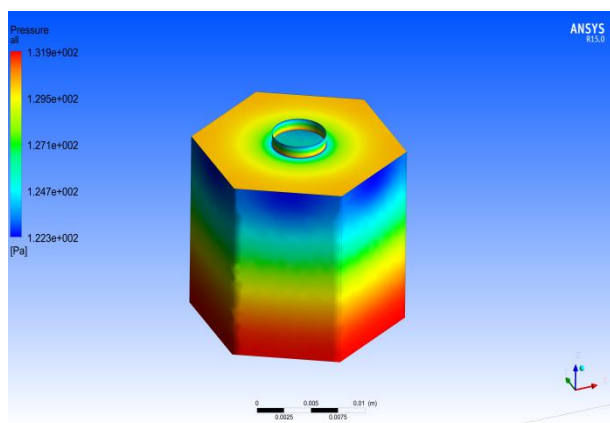
- Сравнить спектры пульсации скорости для одиночной ячейки и групп ячеек
- Оценить процентное отклонение спектра пульсации скорости в зависимости от количества ячеек



- Проведено численное моделирование распространения звука в установке “Канал с потоком”



- Расчеты проводились с 1, 7 и 19 ячейками ЗПК



Уравнения и граничные условия

- Для расчета используется система уравнений Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau,$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla \cdot (\chi \nabla T + \tau \cdot \vec{v}).$$

- Тензор вязких напряжений определяется выражением:

$$\tau = \eta \left[(\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}^T) - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v} I \right]$$

- Полная энергия имеет вид:

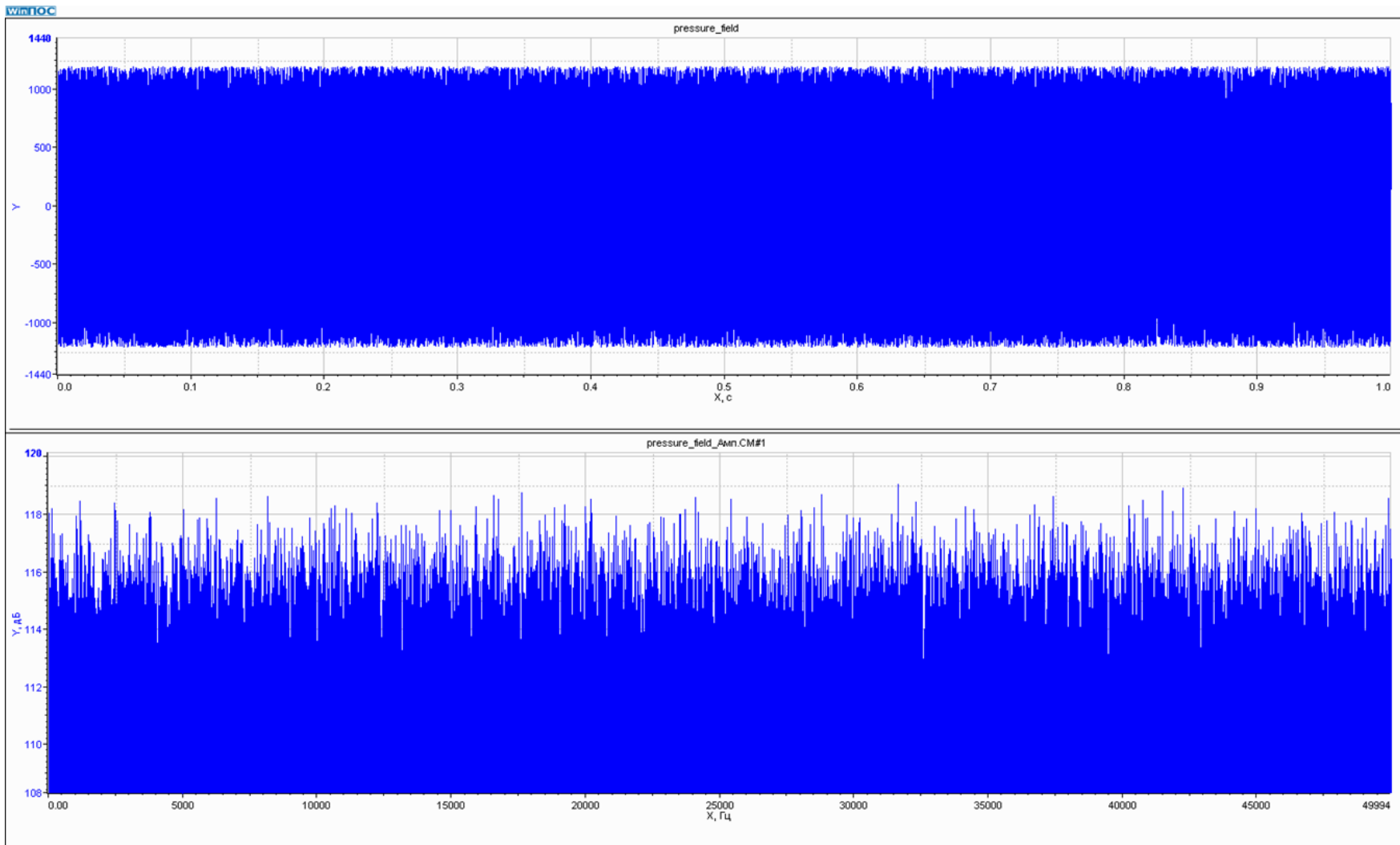
$$E = h - \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$

- На стенках трубы выполняется условие прилипания

$$\vec{v} |_{S_2} = \vec{0}$$

Входное граничное условие

Расчеты проводились для двух амплитуд возбуждающего сигнала 200 Па (100 дБ) и 1200 Па (115 дБ)



Численная схема Fluent

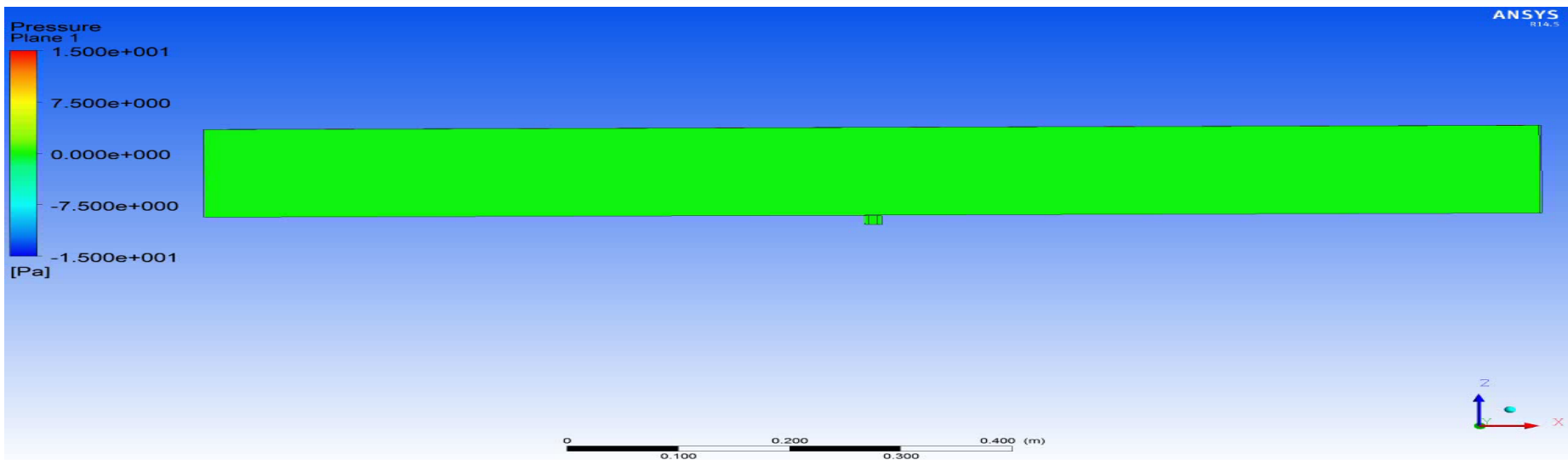
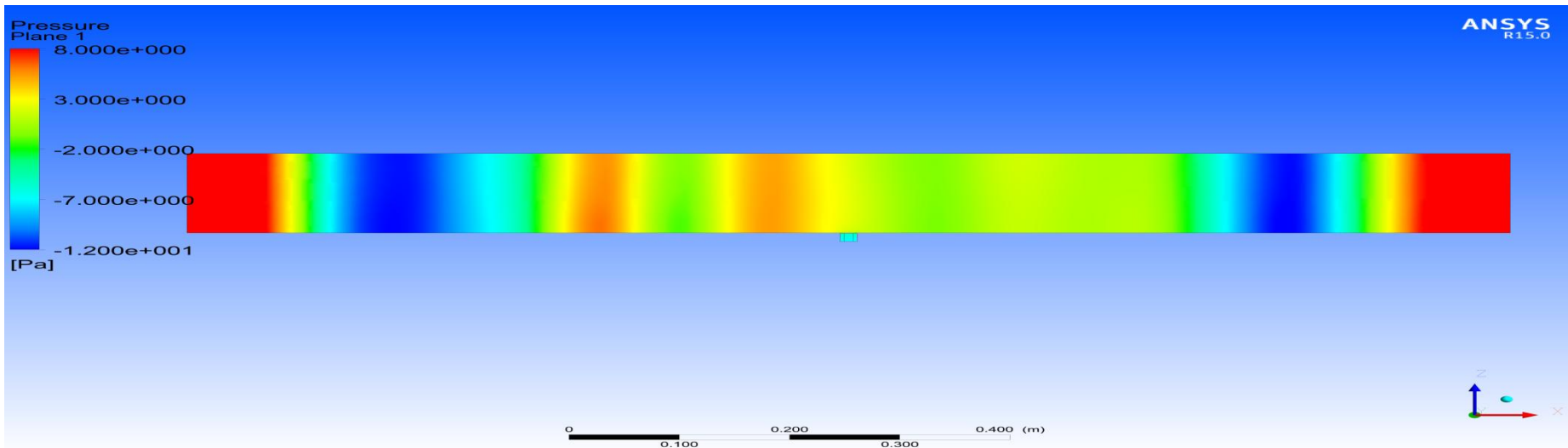
- Чтобы решить поставленную задачу во Fluent использовался метод контрольного объема. Уравнения неразрывности, движения и энергии записываются в общем интегральном виде:

$$\int_V \frac{\partial \rho \phi}{\partial t} dV + \oint_S \rho \phi \vec{v} \cdot d\vec{A} = \oint_S \Gamma_\phi \nabla \phi \cdot d\vec{A} + \int_V S_\phi dV$$

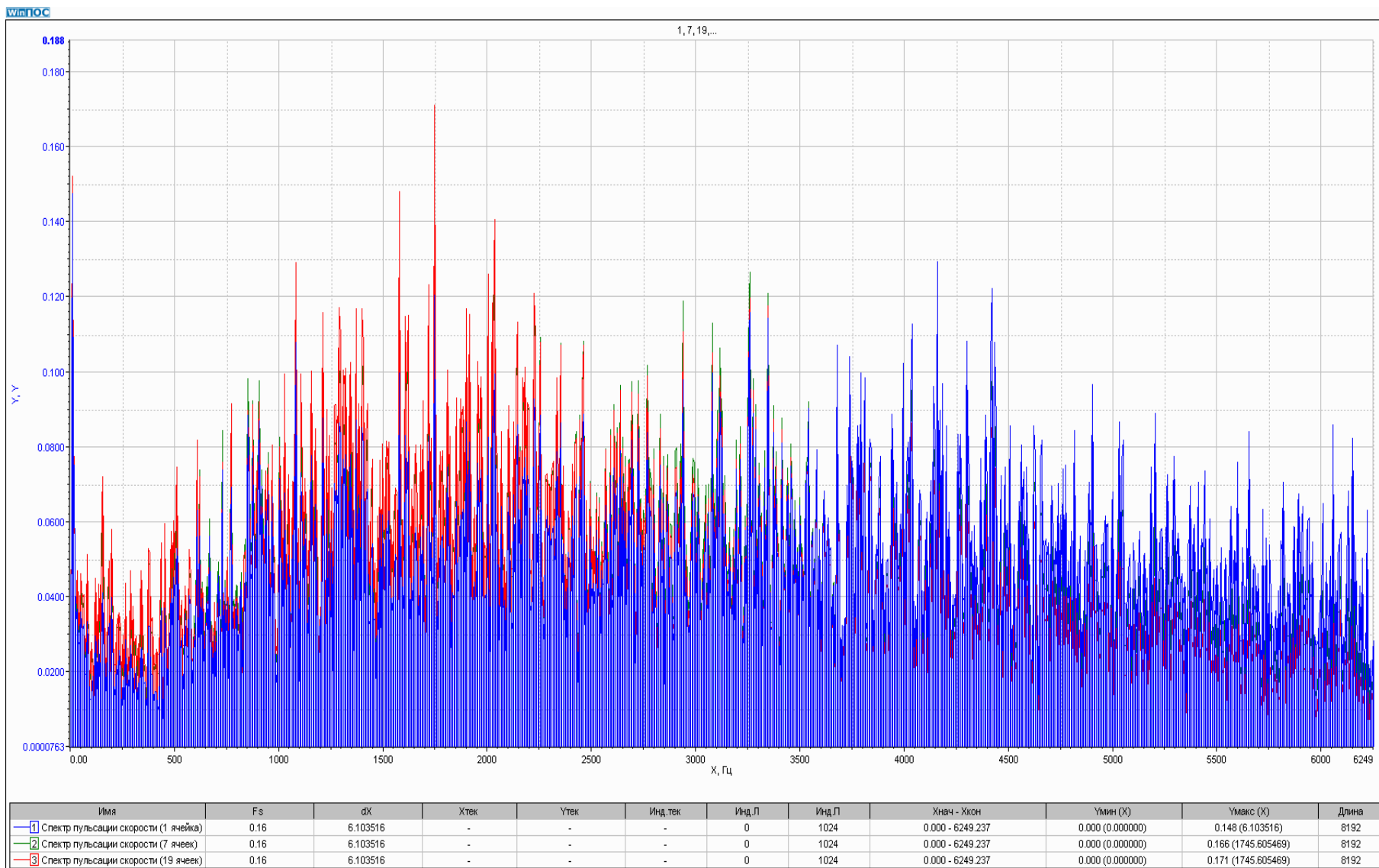
Здесь ϕ скалярная величина, зависящая от решаемого уравнения. Для уравнения неразрывности $\phi = 1$, для уравнения движения $\phi = \rho \vec{v}$, для уравнения энергии $\phi = \rho E$.

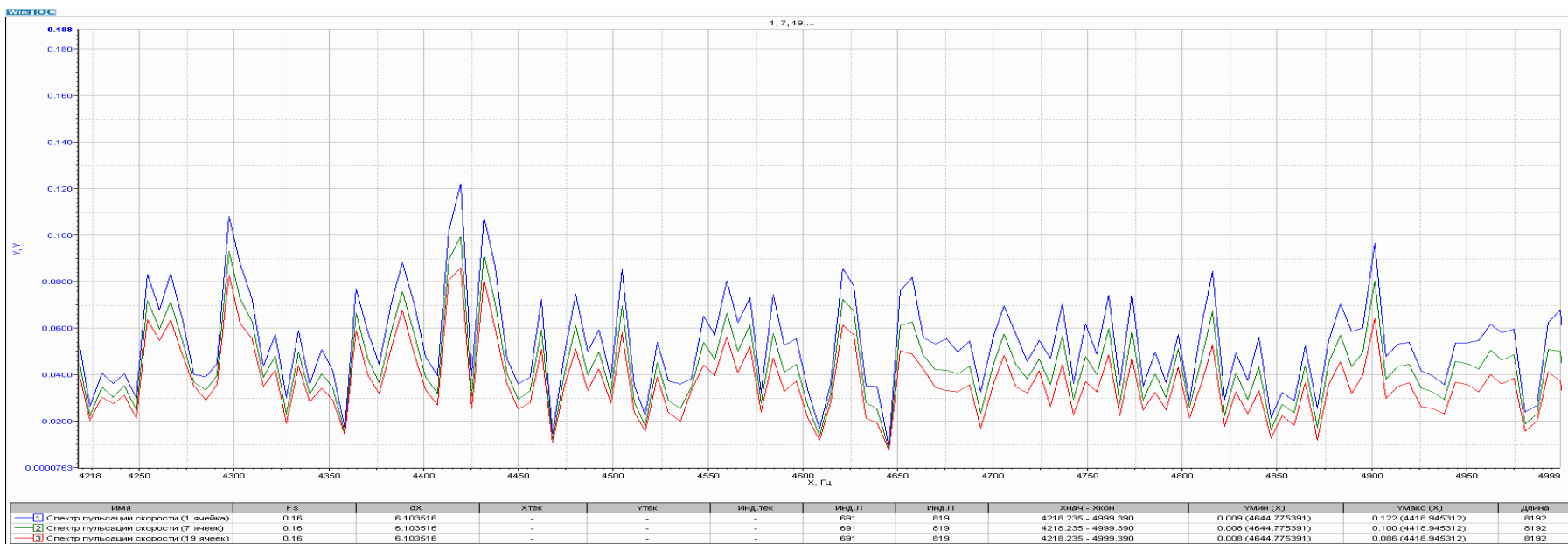
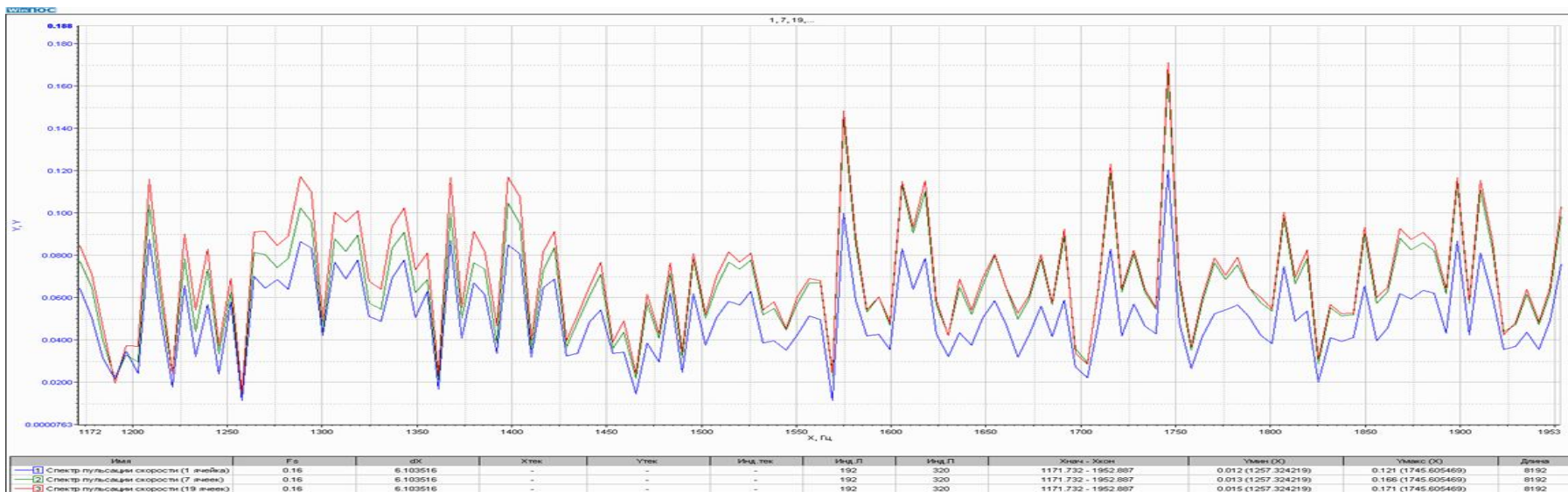
- Для дискретизации по времени использовалась неявная схема второго порядка точности
- Для вычисления значений на границах между ячейками использовалась схема второго порядка точности

Результаты: Распространение звуковой волны вдоль канала

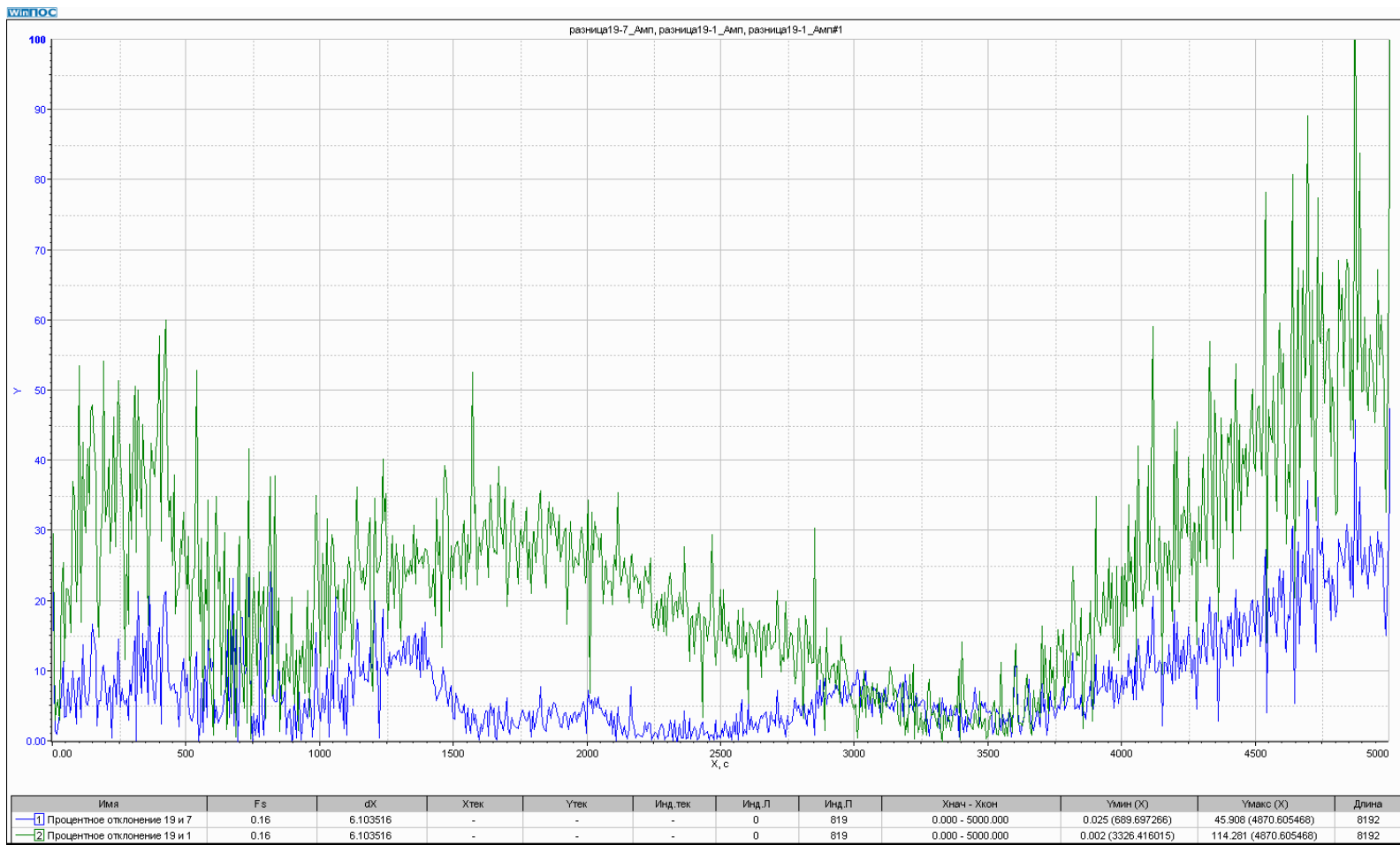


Спектры пульсации скорости (А=200)

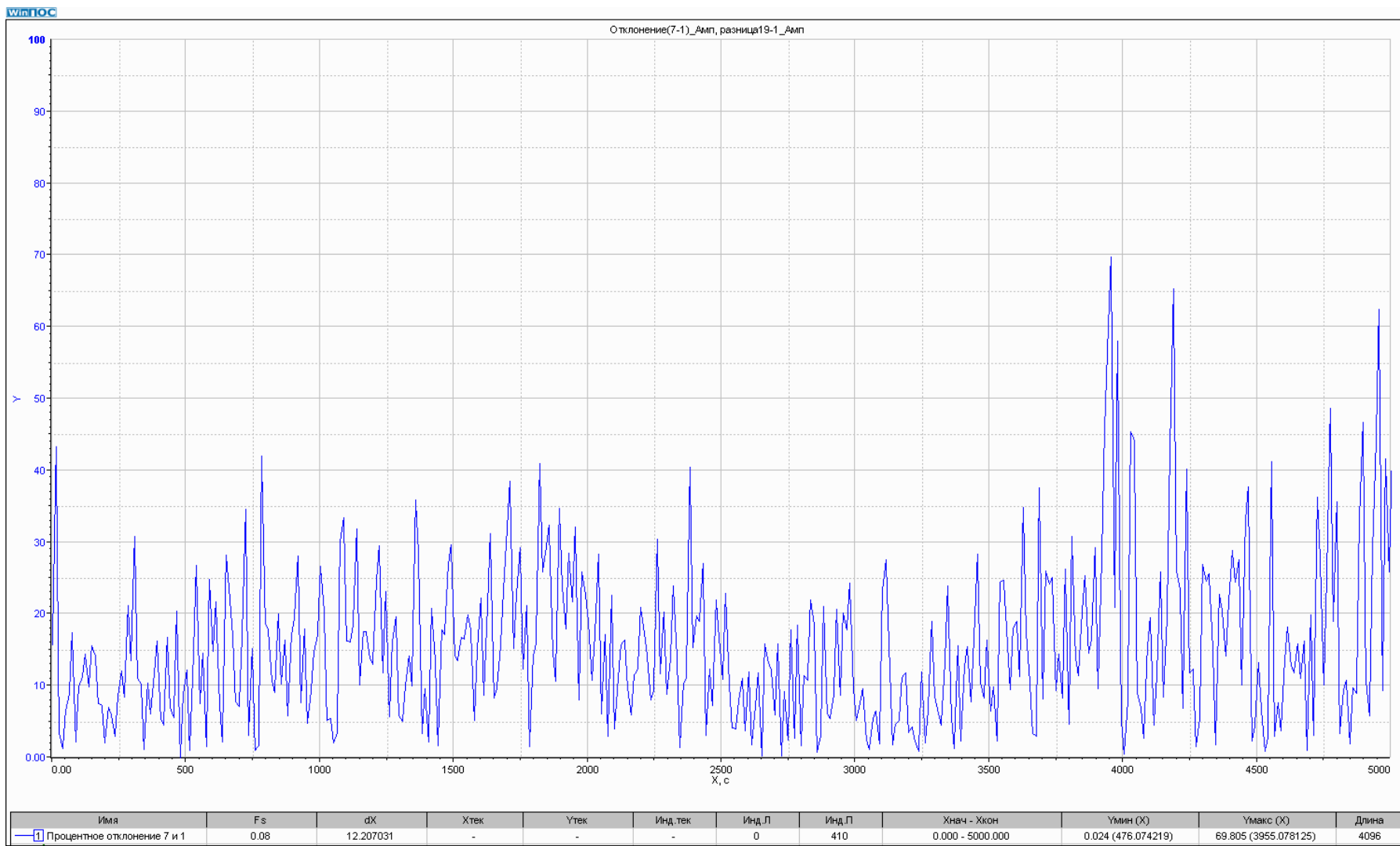




Процентное отклонение спектров пульсации скорости в зависимости от количества ячеек $A=200$



A=1200



- Выявлены зависимости пульсации скорости от количества ячеек в расчете для малых уровней возбуждающего сигнала
- На частотах от 3000 Гц до 4000 Гц увеличение ячеек не влияет на пульсации скорости

Планы на будущее

- Оценить влияние взаимодействия отверстий на величину импеданса
- Провести верификацию результатов расчета с экспериментом
- Оценить влияние ориентации ячеек к потоку
- Провести расчеты с большими уровнями возбуждающего сигнала