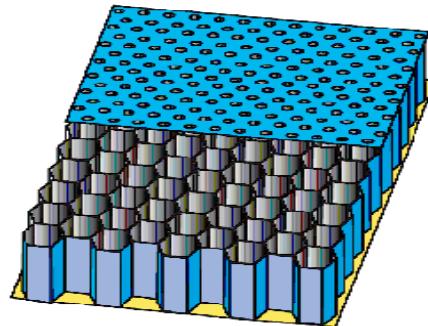


# **Оценка влияния взаимного расположения отверстий перфорации ЗПК на пульсации скорости в горле резонатора**

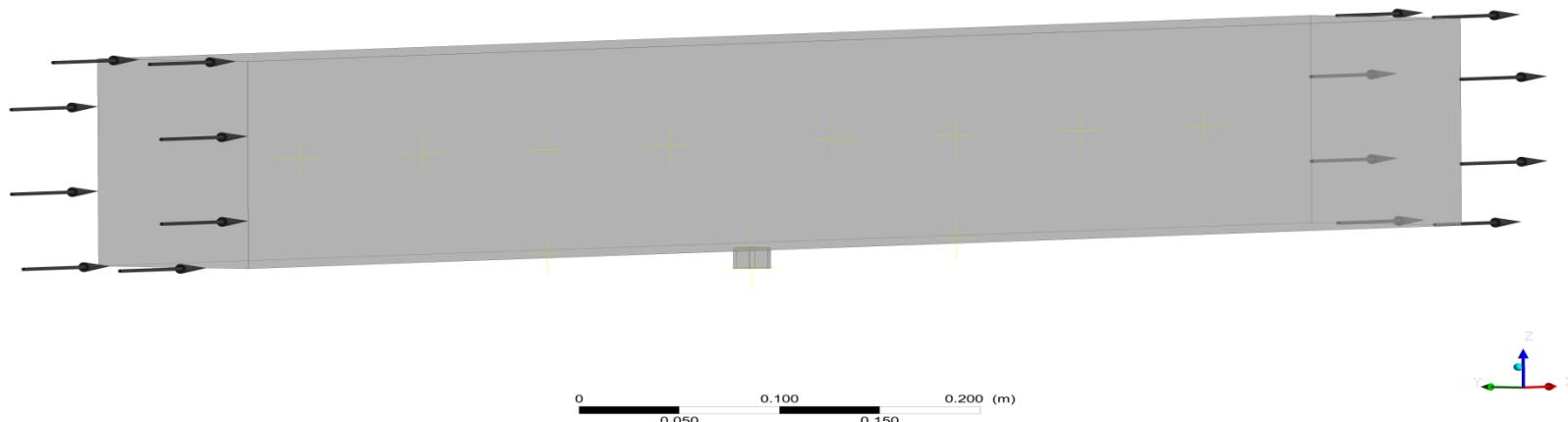
**Р.Н. Колегов, А.А. Синер, К., Т.П. Любимова**

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

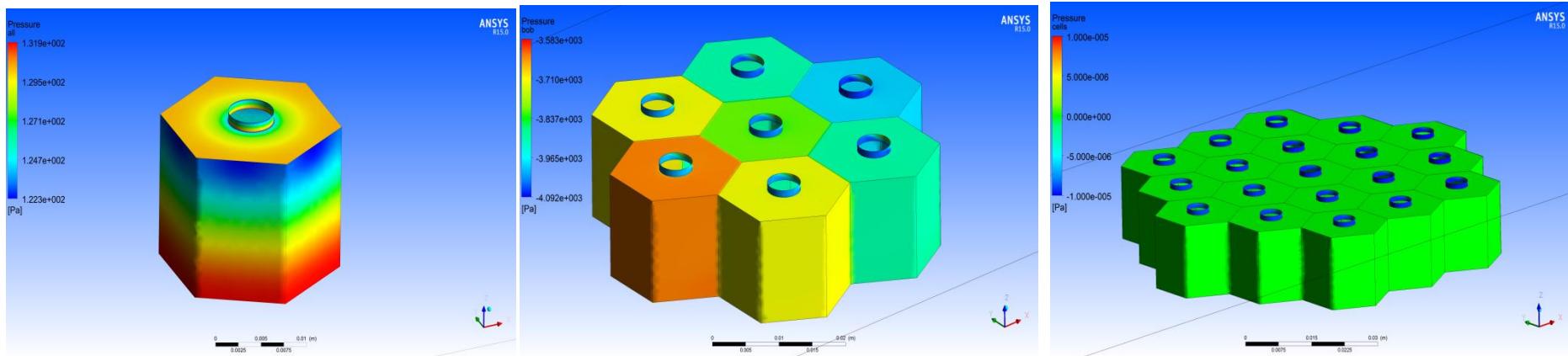
- Сравнить спектры пульсации скорости для одиночной ячейки и групп ячеек
- Оценить процентное отклонение спектра пульсации скорости в зависимости от количества ячеек



- 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:

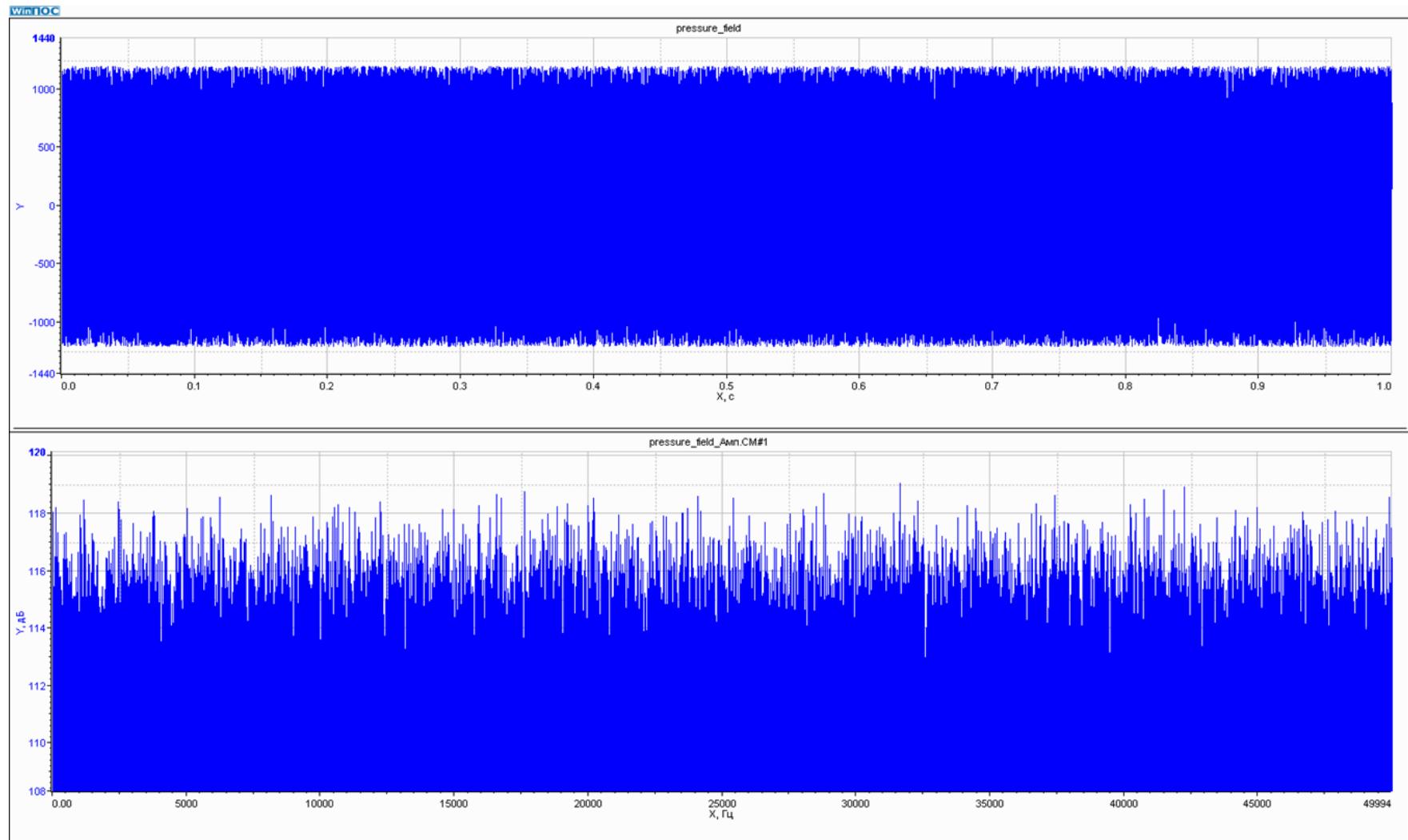
$$E = h - \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$

- 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

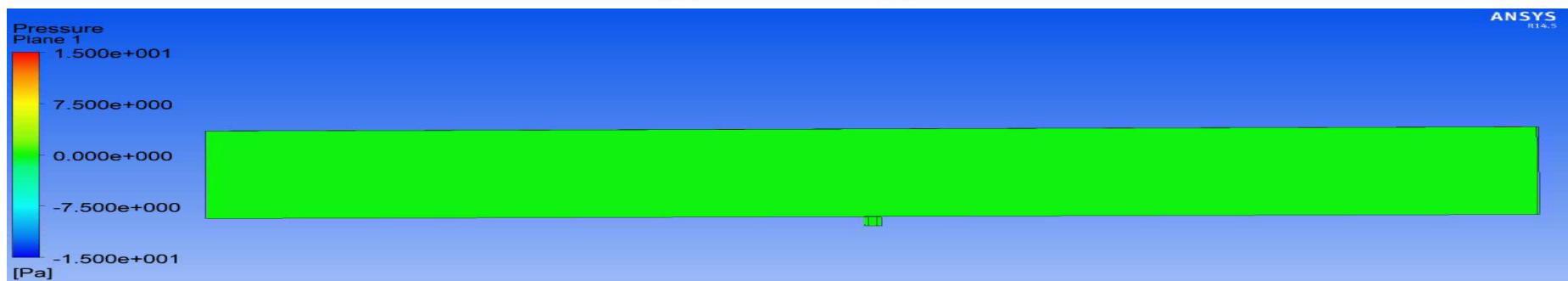
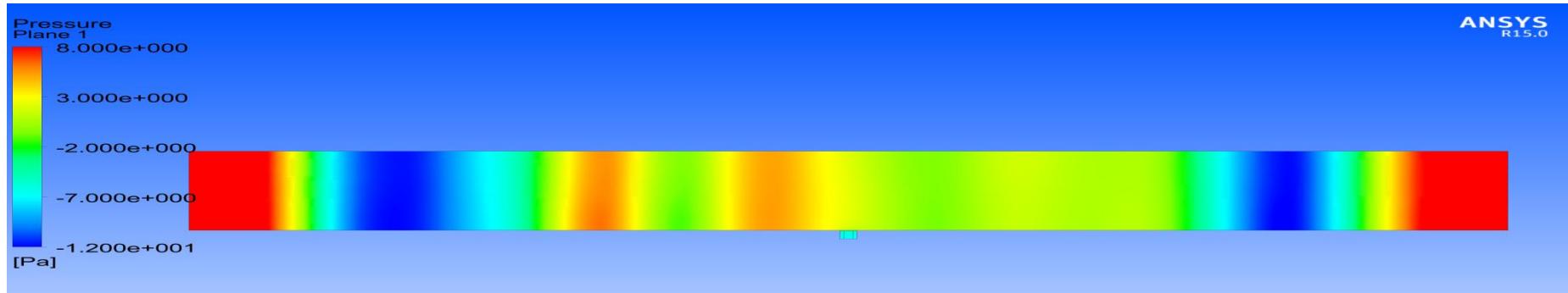
- **Чтобы решить поставленную задачу во Fluent использовался метод контрольного объема. Уравнения неразрывности, движения и энергии записываются в общем интегральном виде:**

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

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

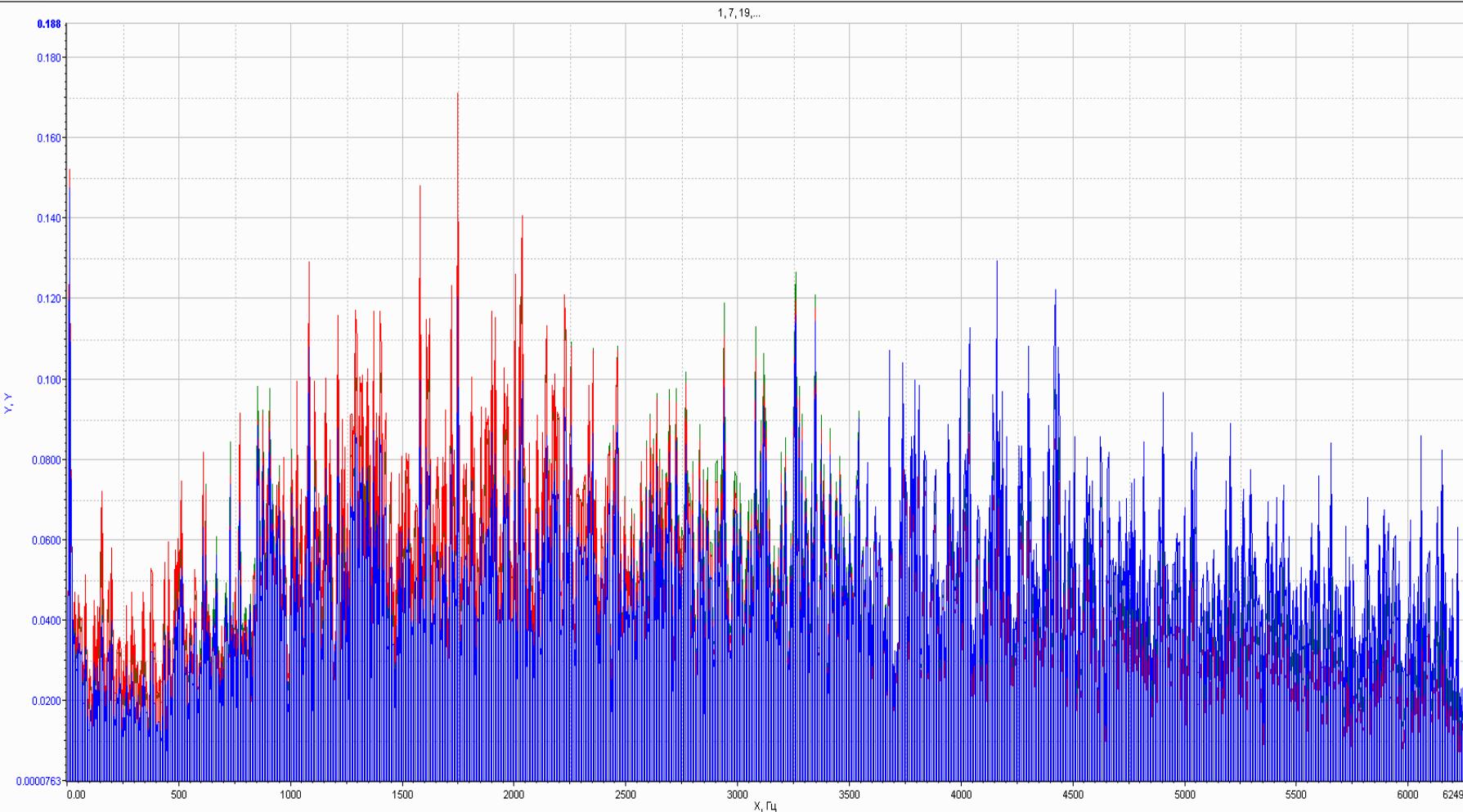
- **Для дискретизации по времени использовалась неявная схема второго порядка точности**
- **Для вычисления значений на границах между ячейками использовалась схема второго порядка точности**

# Распространение звуковой волны вдоль канала

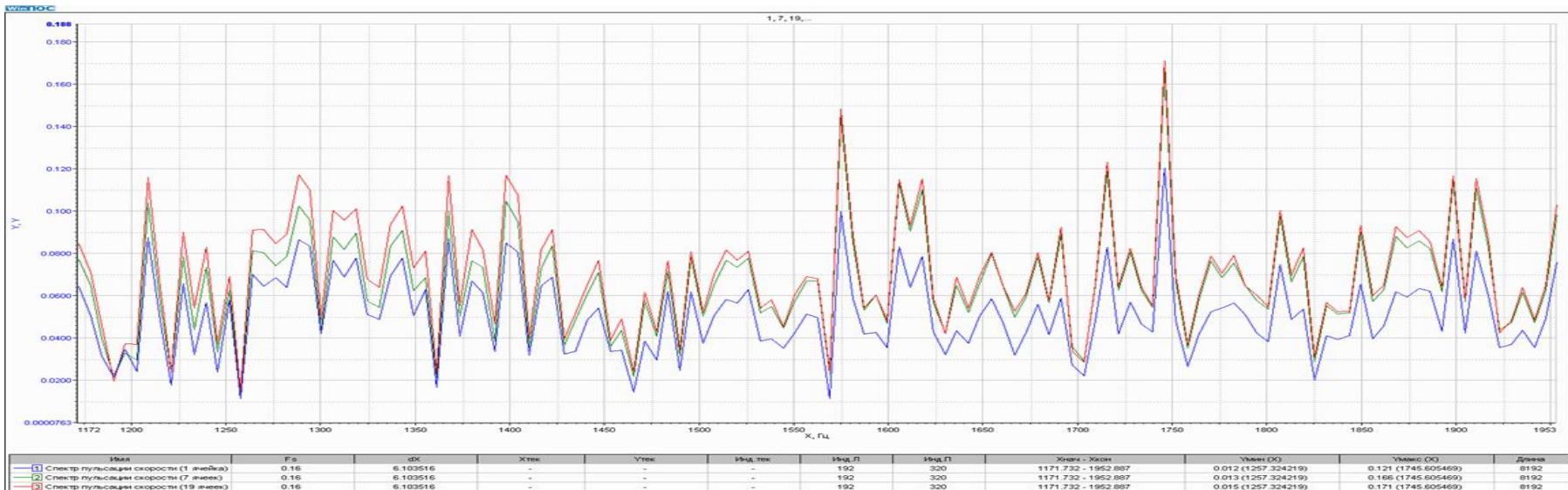
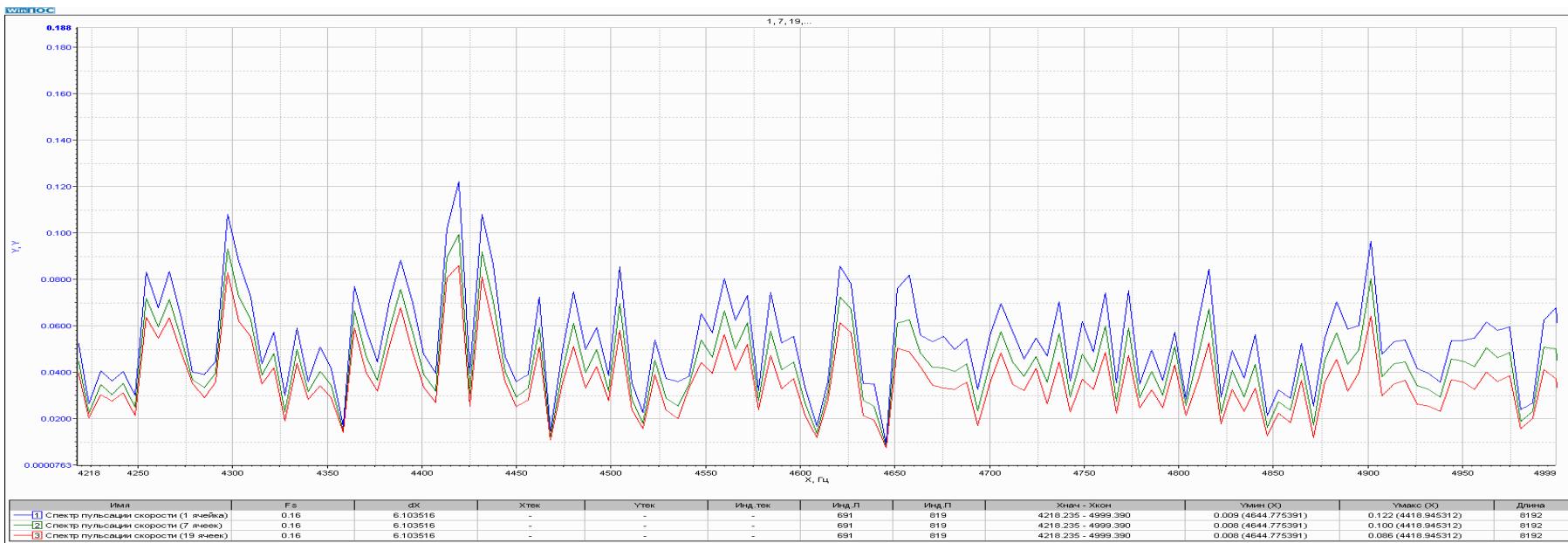


# Спектры пульсации скорости (A=200)

winpos

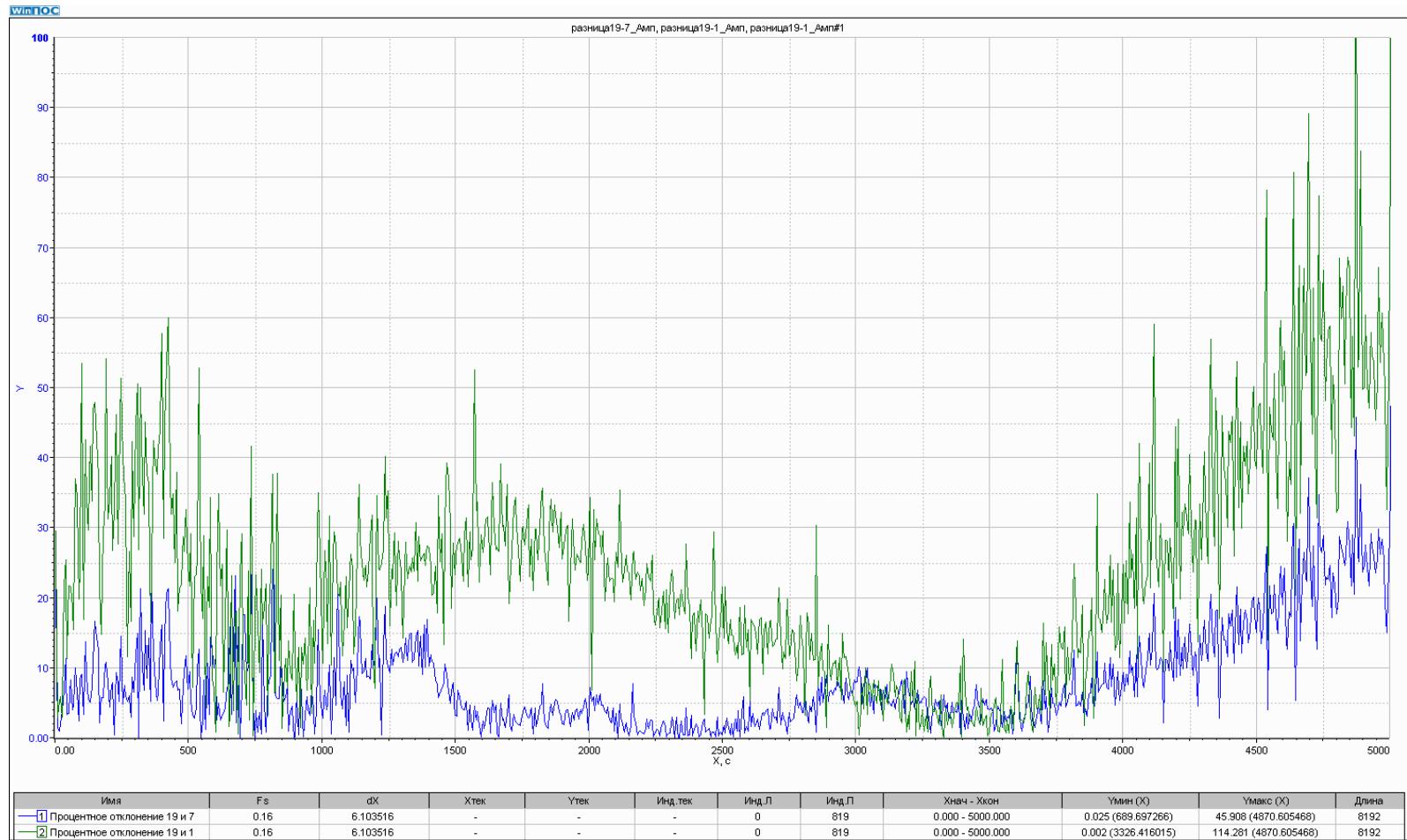


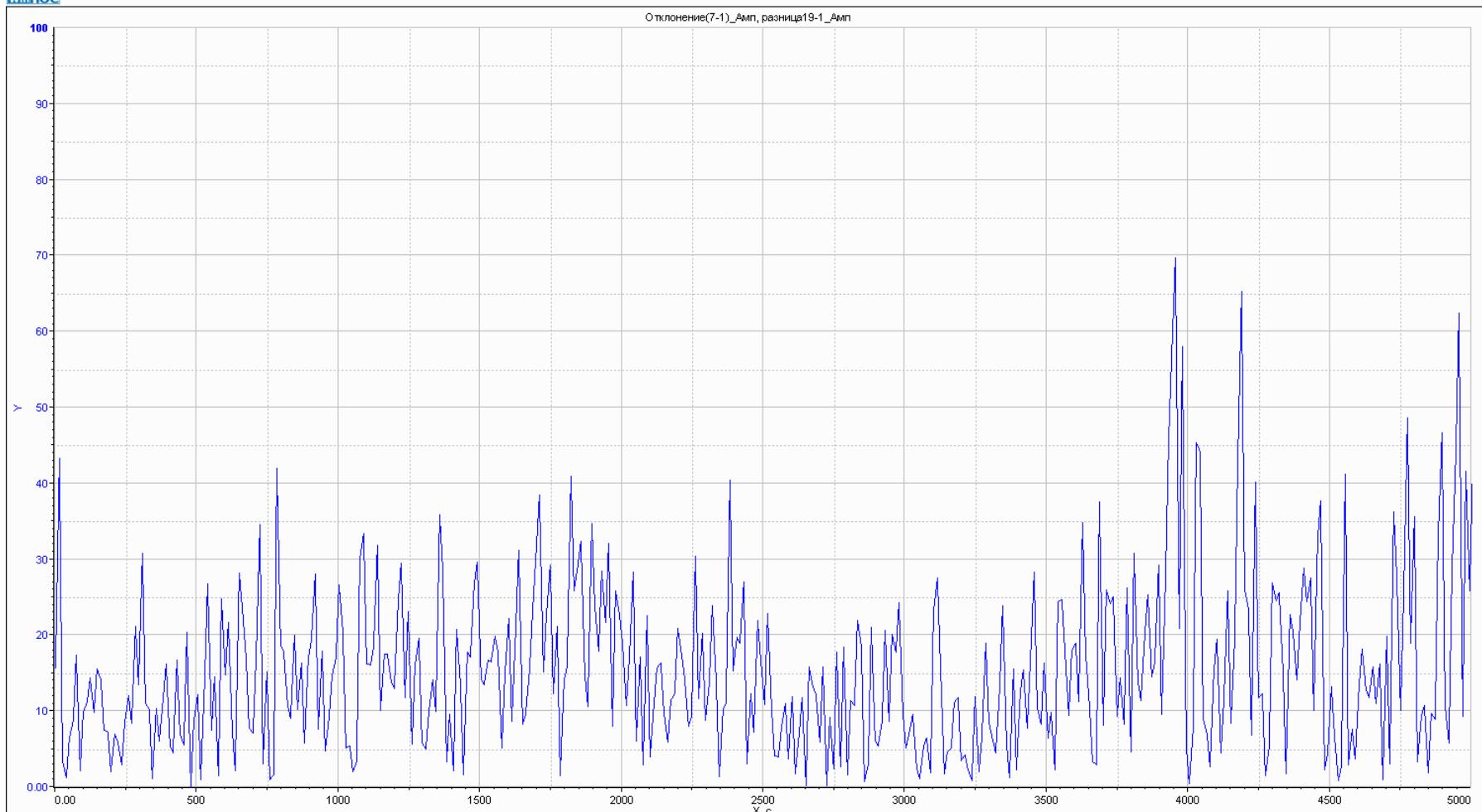
Имя	Fs	dX	Хтек	Утек	Инд.тек	Инд.л	Инд.п	Хнач - Хкон	Умин (Х)	Умакс (Х)	Длина
Спектр пульсации скорости (1 ячейка)	0.16	6.103516	-	-	-	0	1024	0.000 - 6249.237	0.000 (0.000000)	0.148 (6.103516)	8192
Спектр пульсации скорости (7 ячеек)	0.16	6.103516	-	-	-	0	1024	0.000 - 6249.237	0.000 (0.000000)	0.166 (1745.605469)	8192
Спектр пульсации скорости (19 ячеек)	0.16	6.103516	-	-	-	0	1024	0.000 - 6249.237	0.000 (0.000000)	0.171 (1745.605469)	8192


**>3000 Гц**


# Процентное отклонение спектров пульсации скорости в зависимости от количества ячеек

## A=200



**A=1200**
**WinPOS**


Имя	Fs	dX	Xтек	Утек	Инд.тек	Инд.л	Инд.п	Хнач - Хкон	Умин (Х)	Умакс (Х)	Длина
Процентное отклонение 7 и 1	0.08	12.207031	-	-	-	0	410	0.000 - 5000.000	0.024 (476.074219)	69.805 (3955.078125)	4096

- 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