

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АБЕРРАТОРОВ ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Студент: Куланов Александр Владимирович

Научный Руководитель: Беклемышева Катерина Алексеевна

Цель работы: исследование акустической левитации с применением аберраторов в воде с помощью математического моделирования и физического эксперимента

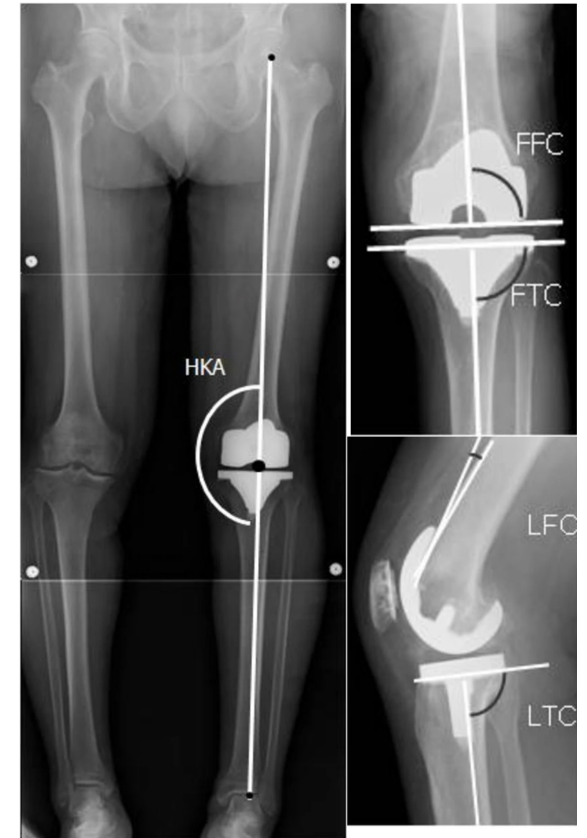
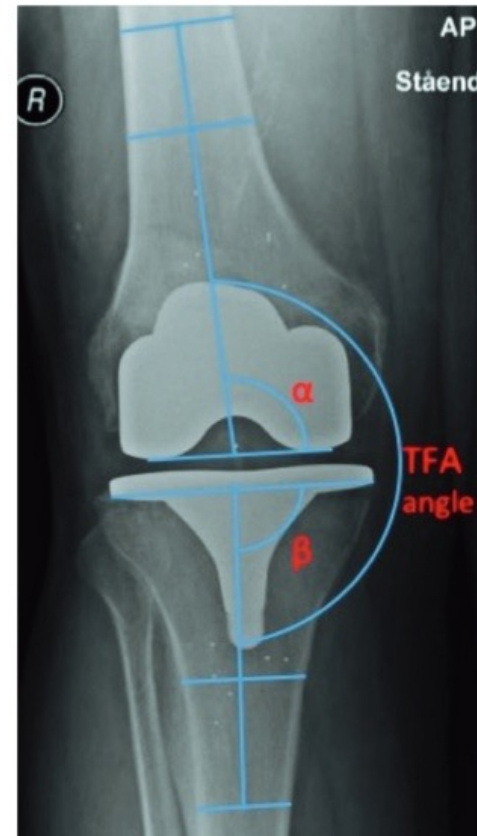
Задачи:

- Разработка и создание экспериментальной установки, позволяющей проводить физические эксперименты по акустической левитации в жидкости
- Разработка или выбор готового программного комплекса, с помощью которого проводится моделирование физического эксперимента

Актуальность работы

Области применения:

- Фармацевтика
- Робототехника
- Машиностроение
- Анализ материалов
- Биопечать

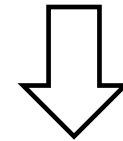


Математическая модель

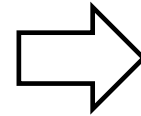
Система линейной упругости:

$$\rho \dot{\vec{v}} = \nabla \cdot \mathbb{T} + \vec{f}$$

$$\dot{\mathbb{T}} = \mathbf{q} : \dot{\varepsilon} + \mathbf{F}$$



- Нет вязких и массовых сил
- Изотропный материал
- Приближение акустики



$$\rho \dot{\vec{v}} = -\nabla(p\mathbb{I})$$

$$\dot{p} = -K(\nabla \cdot \vec{v})$$

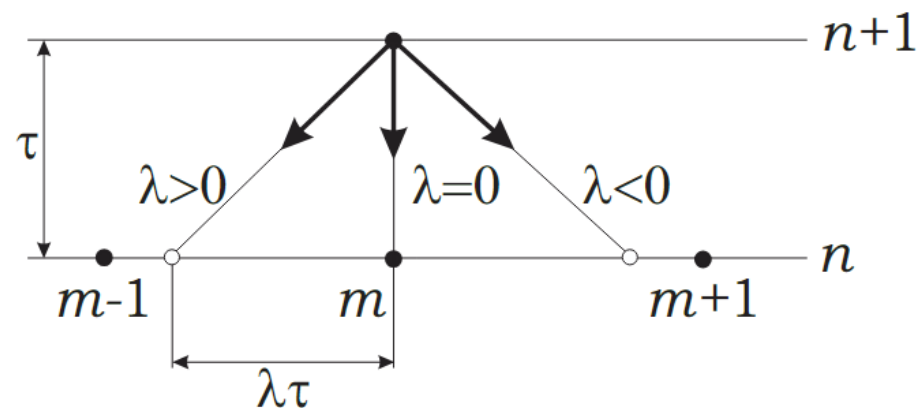
Численный метод: сеточно-характеристический метод на ортогональной сетке

Переход к одномерным
уравнениям переноса

$$\mathbf{A} = \mathbf{U}^{-1} \mathbf{\Lambda} \mathbf{U}$$

$$\frac{\partial \vec{r}}{\partial t} + \mathbf{\Lambda} \frac{\partial \vec{r}}{\partial x} = 0$$

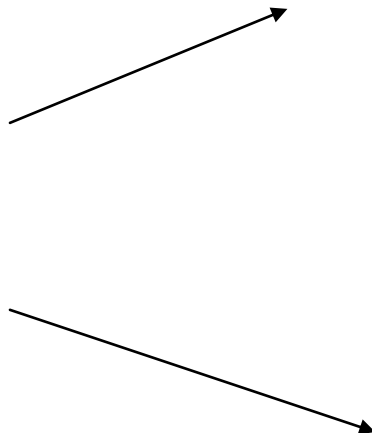
Перенос характеристик с
предыдущего временного
слоя



Постановка задачи

- Абберратор в качестве инструмента контроля акустического поля
- Один пьезоэлемент как излучатель
- Отражатель плоской формы
- Среда для левитации — вода

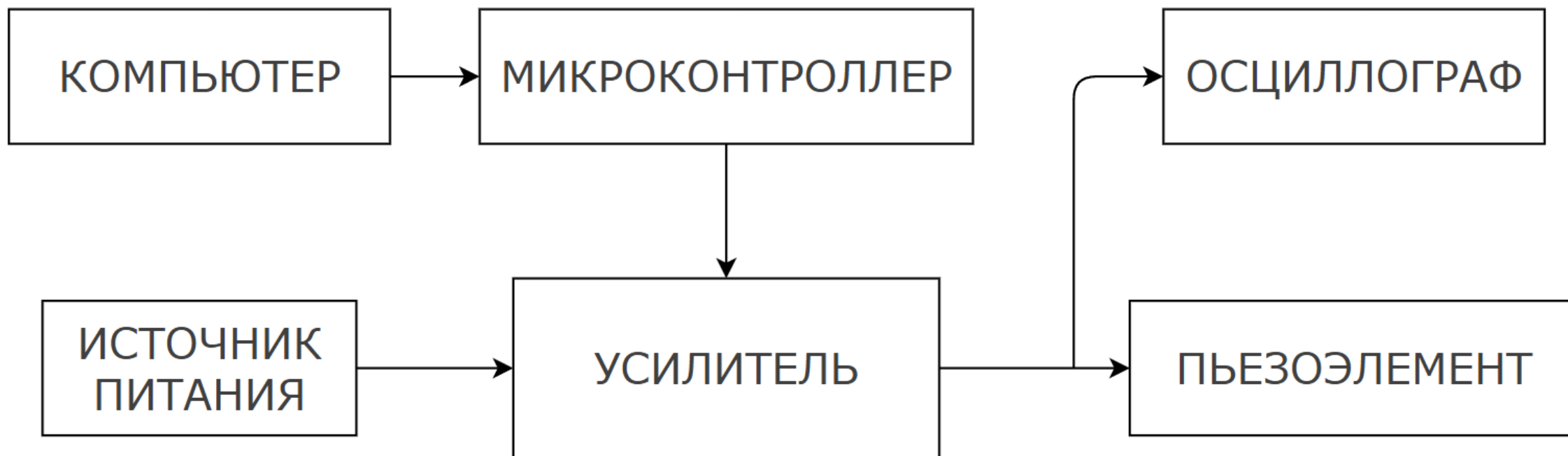
Расчет



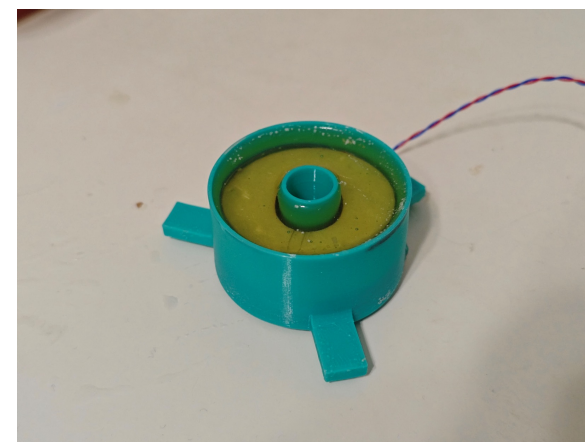
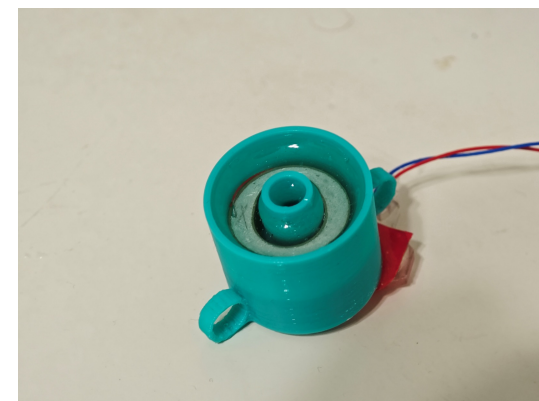
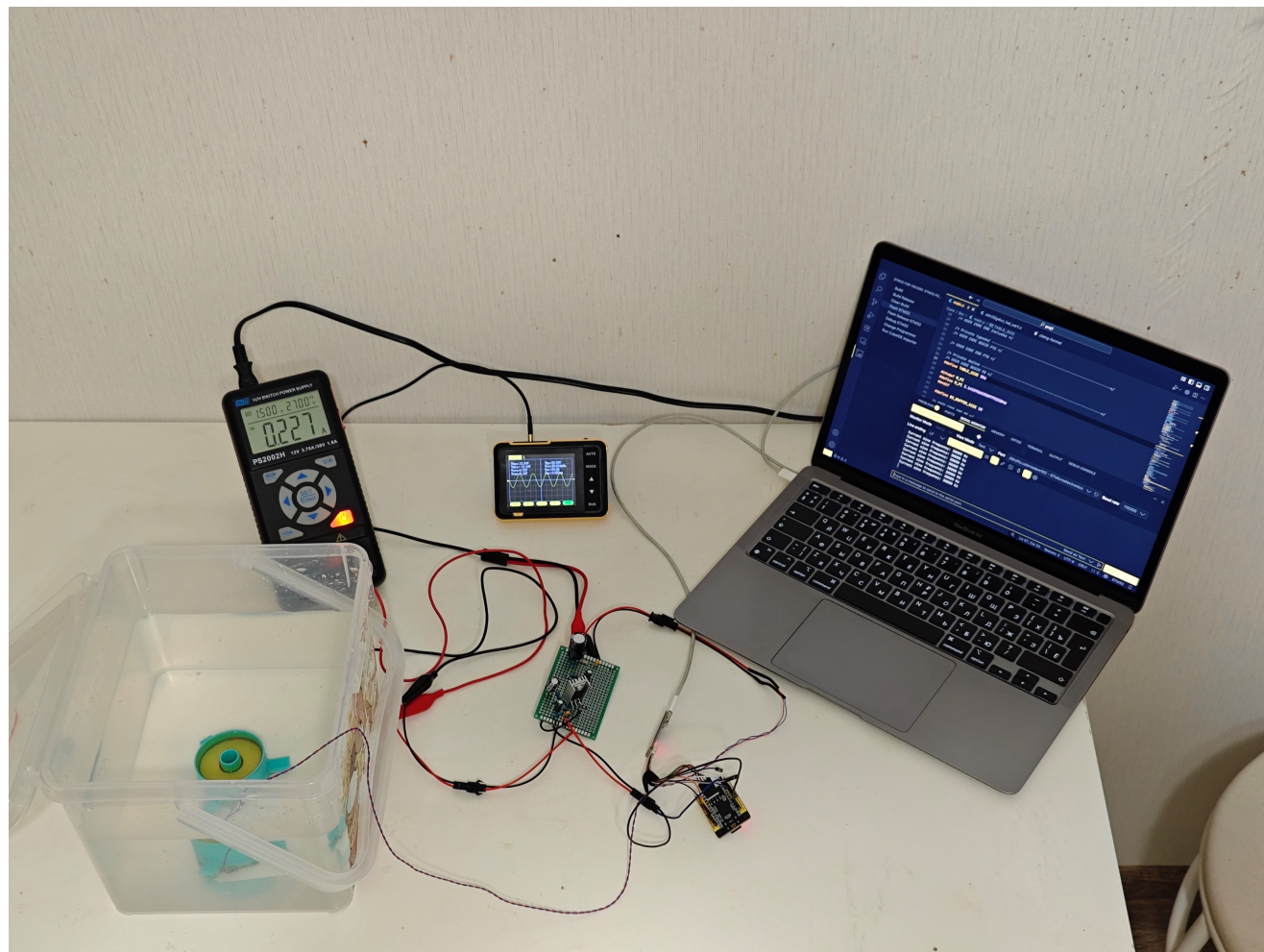
Материал	c , м/с	ρ , кг/м ³
Пластик	2200	1270
Вода	1500	1000

Эксперимент

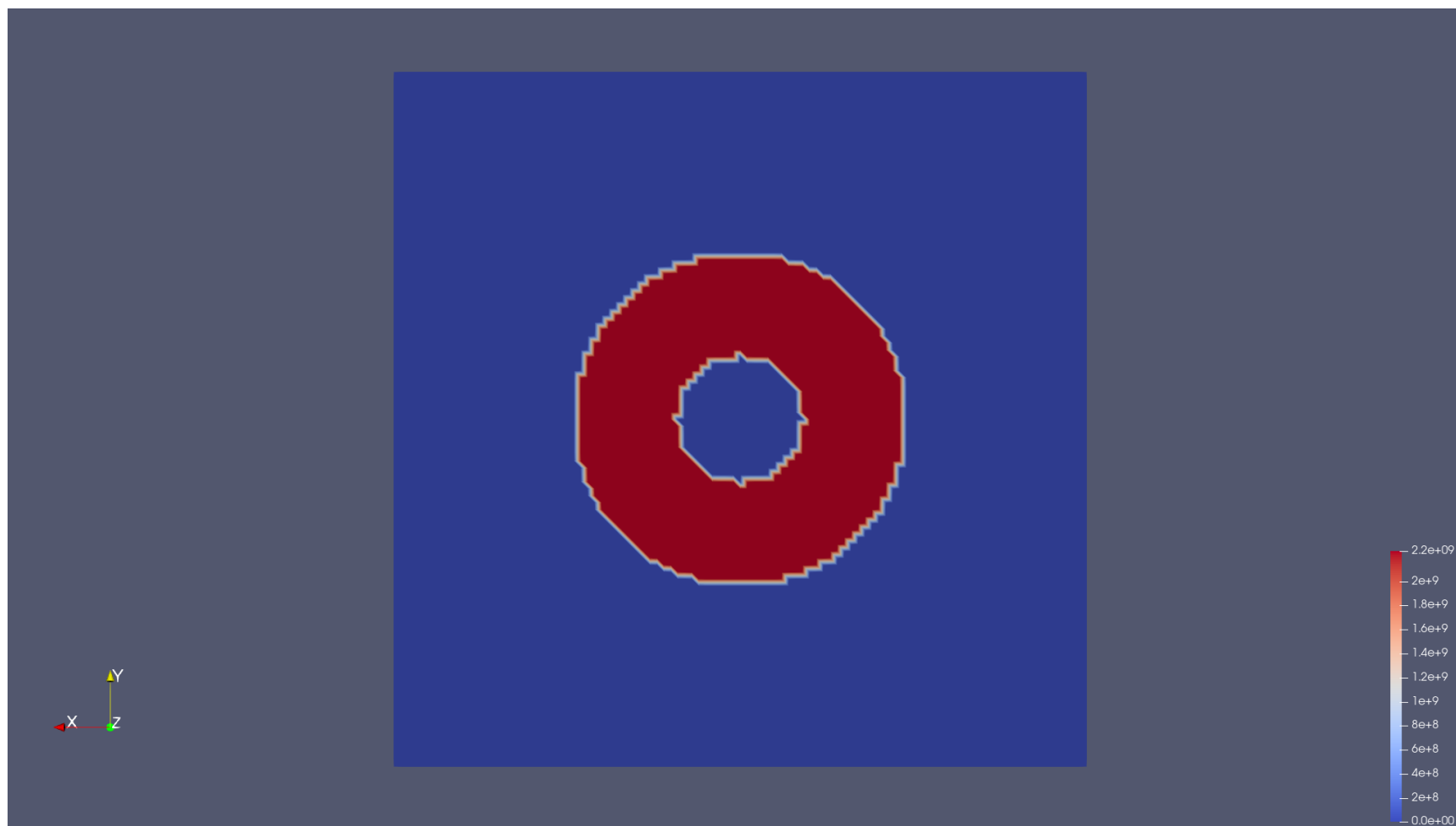
Экспериментальная установка



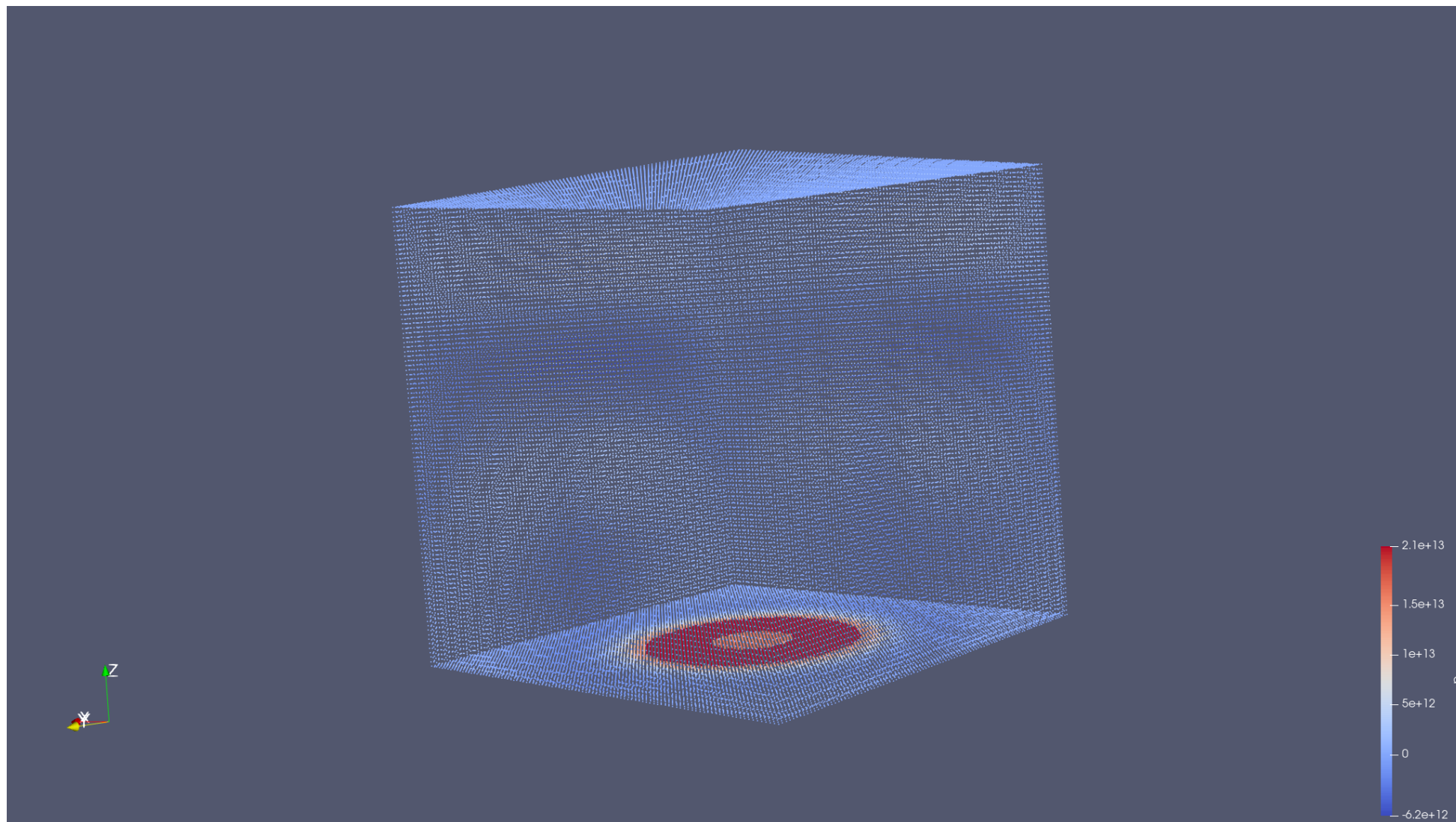
Экспериментальная установка



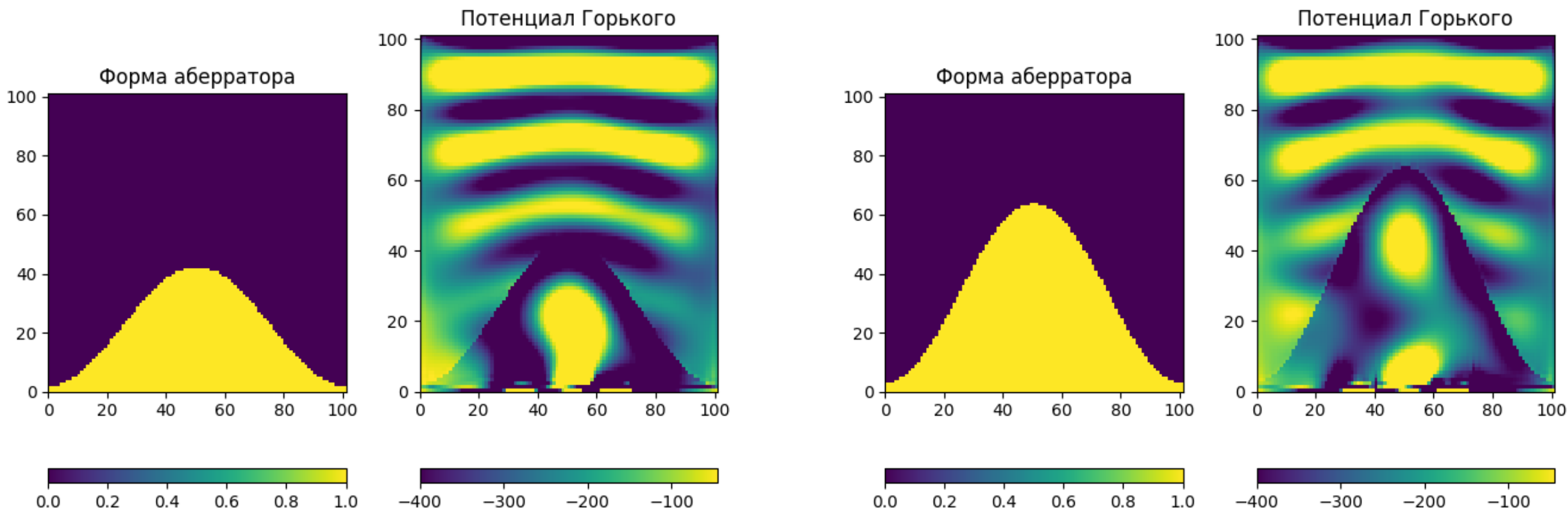
Результаты расчетов



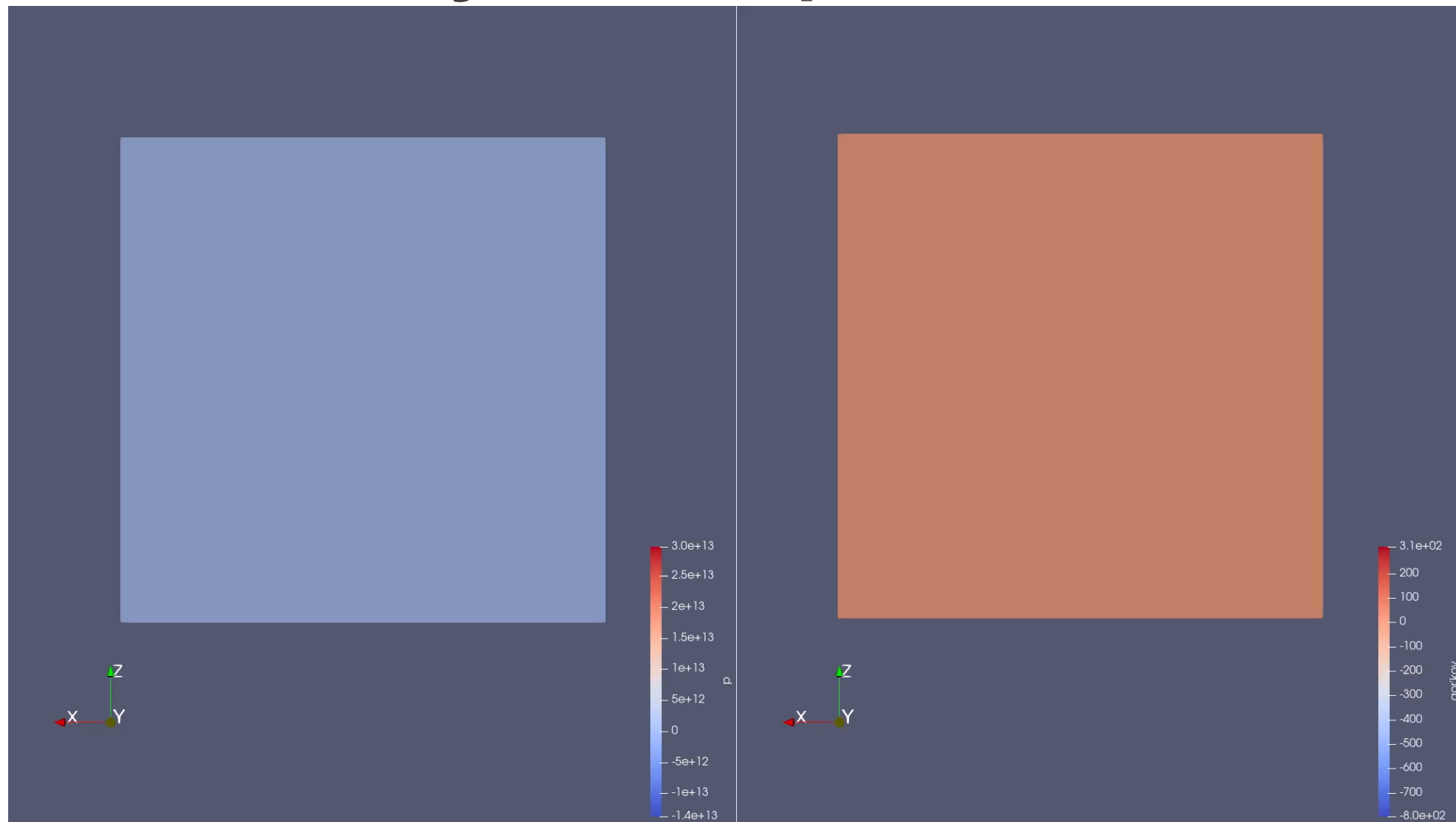
Результаты расчетов



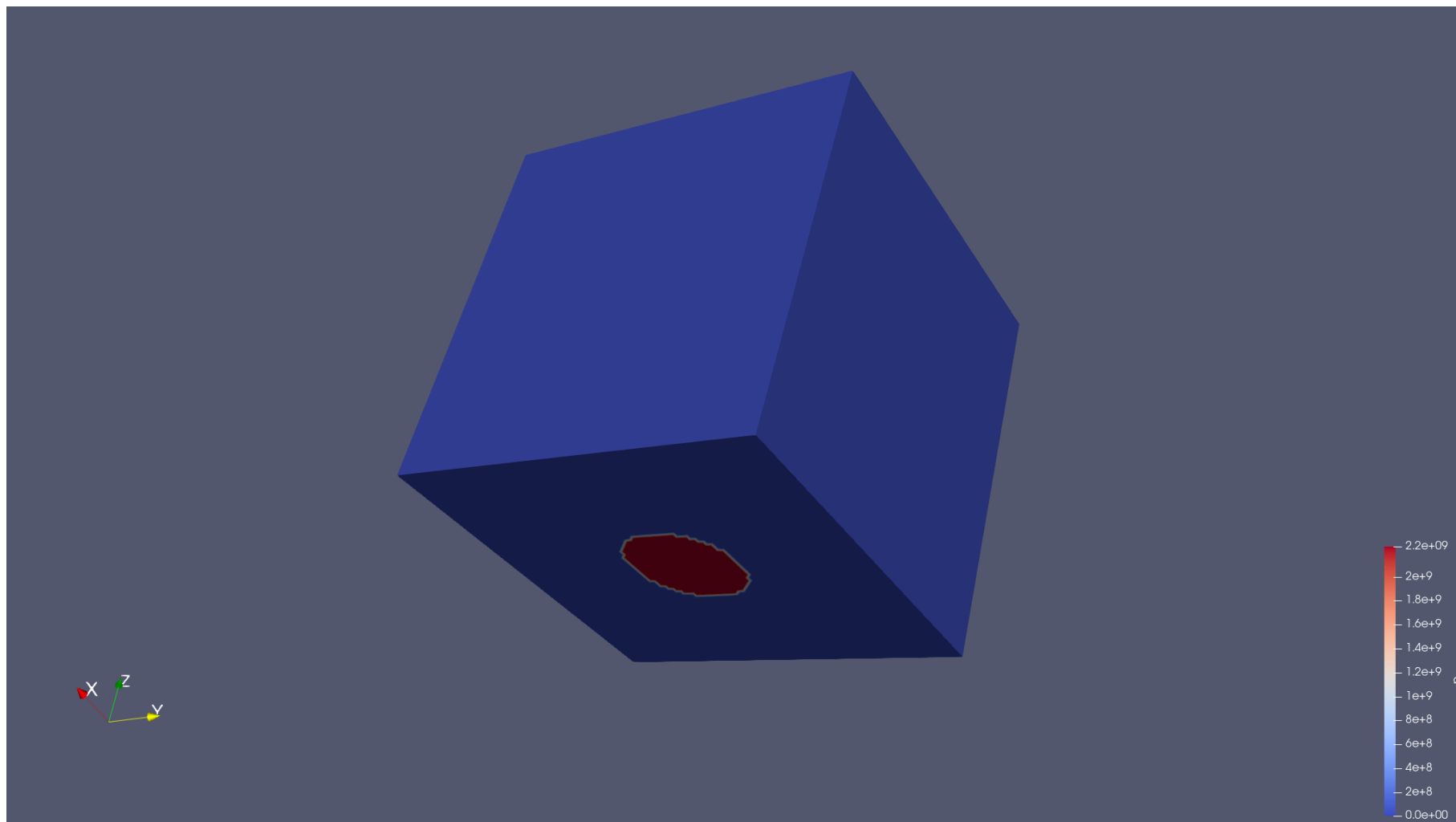
Результаты расчетов



Результаты расчетов

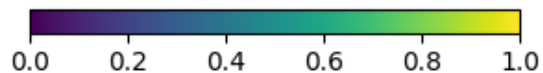
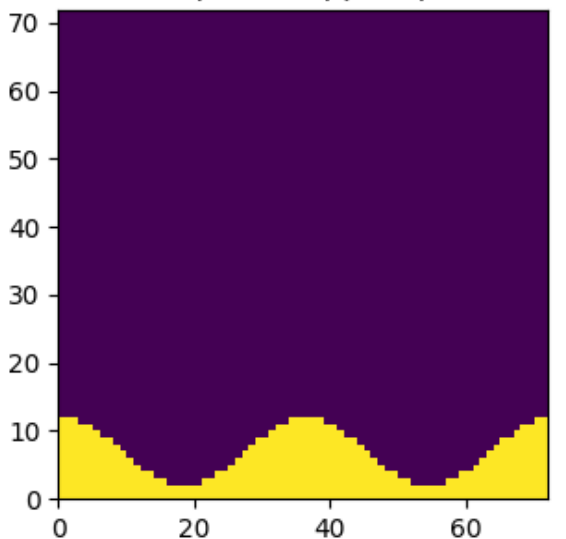


Результаты расчетов

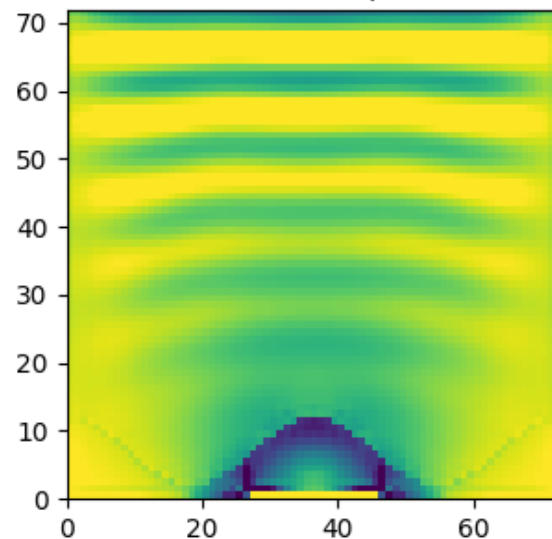


Результаты расчетов

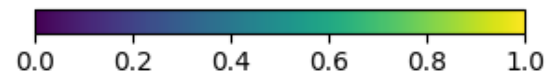
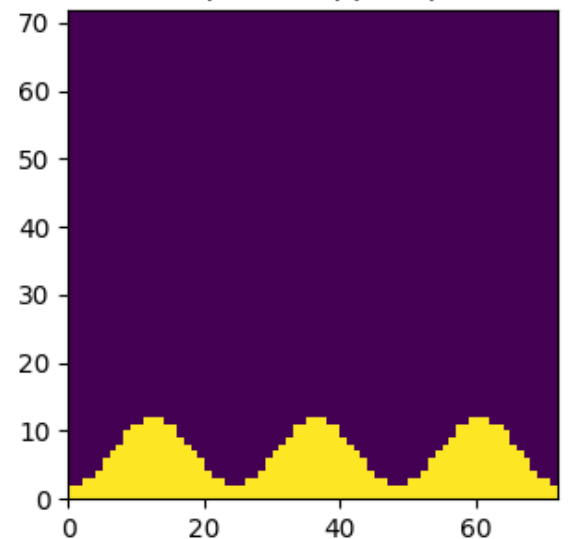
Форма аббератора



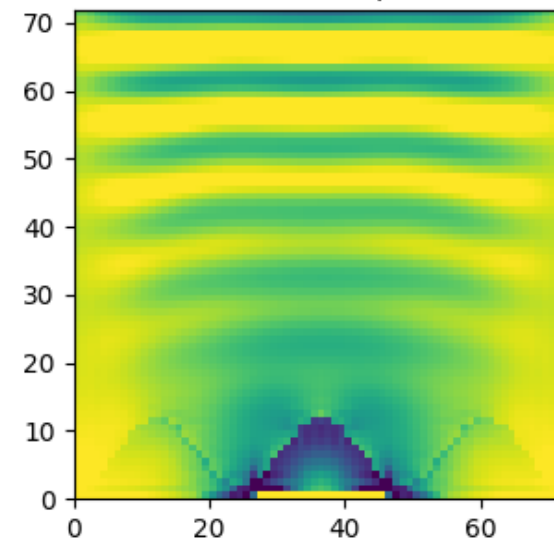
Потенциал Горького



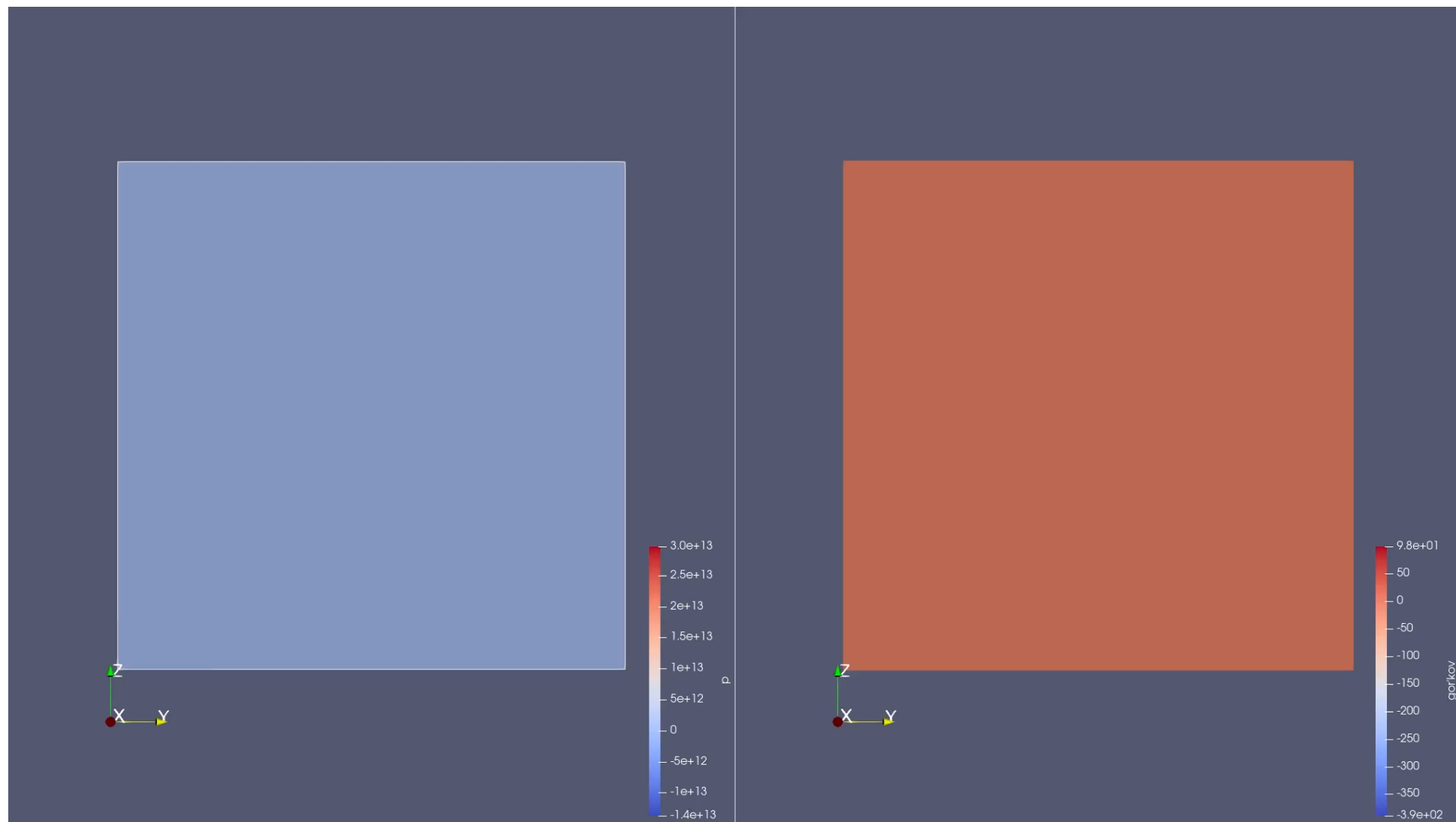
Форма аббератора



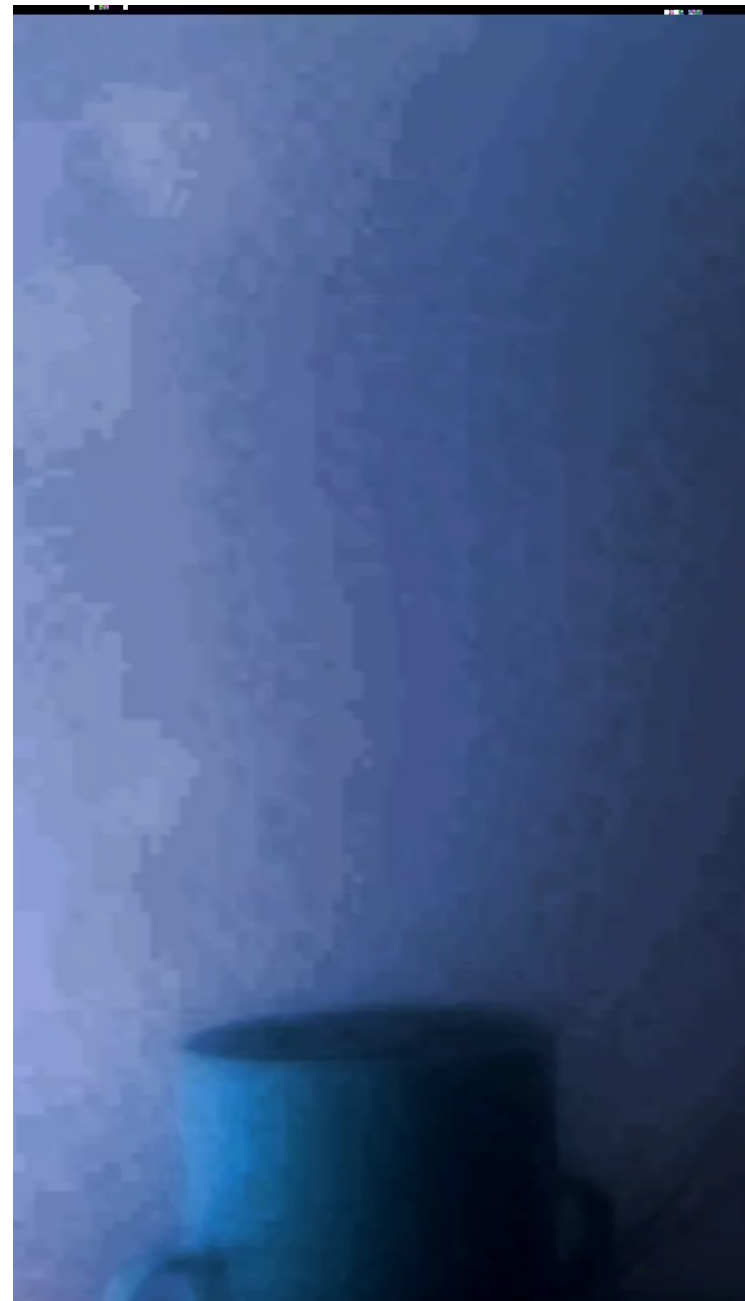
Потенциал Горького



Результаты расчетов



Результаты эксперимента



Результаты

- Численно получены различные картины акустического поля при разных аббераторах
- Создана экспериментальная установка для акустической левитации в воде

Планы

- Добавить отражатель другой формы
- Создать более мощный усилитель для пьезоэлемента
- Попробовать использовать другие согласующие слои и излучатели другой формы