

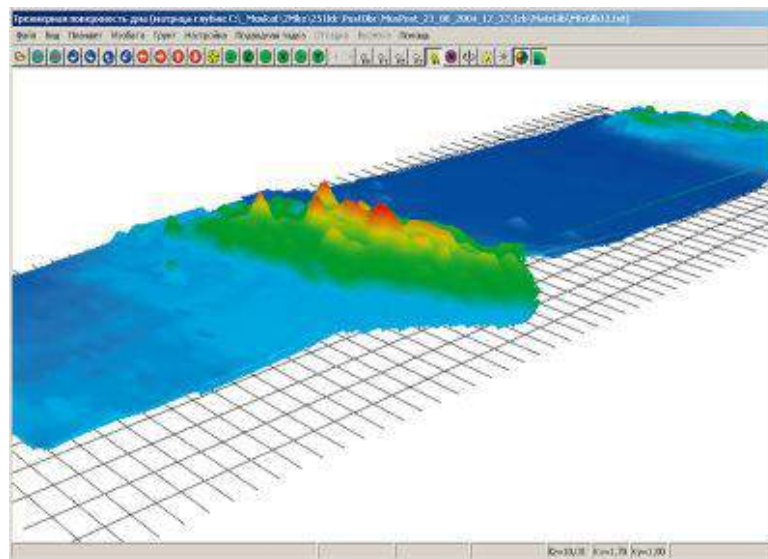
# **Расчет характеристики направленности водозаполненной цилиндрической антенны, излучающей внутренней полостью**

Пантелеева Ольга Викторовна  
ведущий инженер  
ОАО «Концерн «Океанприбор»  
Санкт-Петербург, Россия



# ОАО «Концерн «Океанприбор»

- Гидроакустические комплексы и станции для кораблестроения
- Разнообразная гидроакустическая техника для нужд народного хозяйства



# Методы оценки электроакустических параметров преобразователей и антенн

- Аналитический
- Экспериментальный
- Численный
  - Программы, разработанные сотрудниками  
ОАО «Концерн «Океанприбор»
  - Программы на основе метода конечных элементов

## Требования, предъявляемые к блоку ПИ-А

- Рабочая частота 10 кГц
- Ширина осесимметричной характеристики направленности  $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$
- Рабочая глубина погружения до 15 м
- Минимальная себестоимость

# Блок элементов

Акустические развязки  
(резина С-572)

Пьезокерамические  
кольца

Герметизация  
(резина С-572)

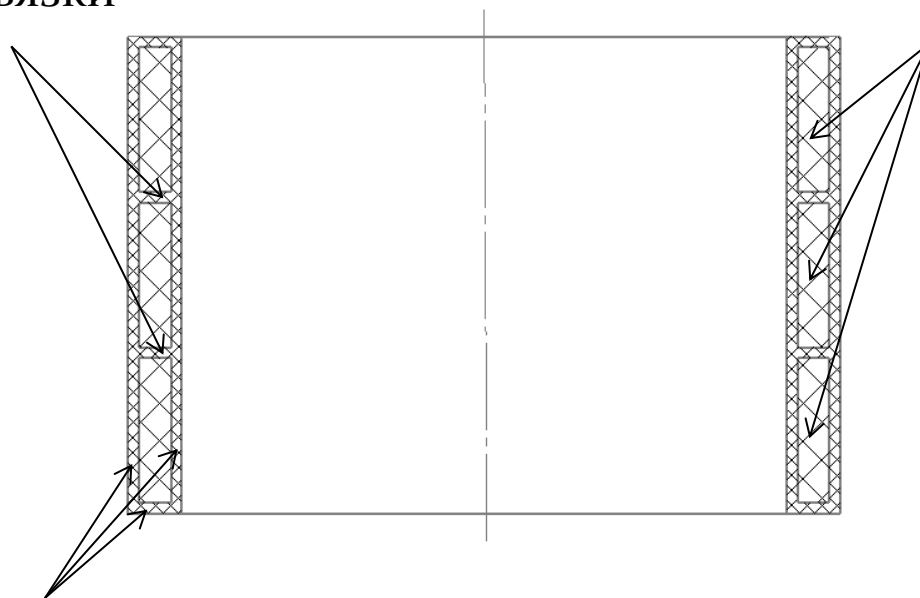
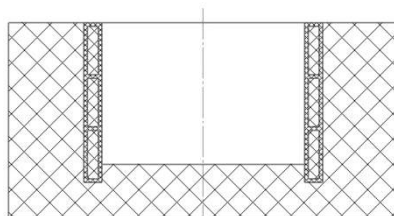


Рисунок 1.

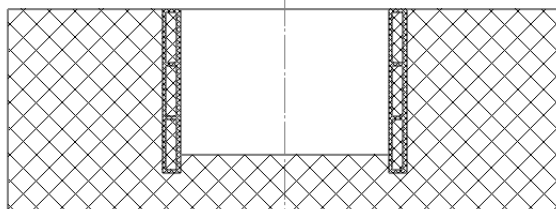
# Основные этапы макетирования блока ПИ-А

Первый этап



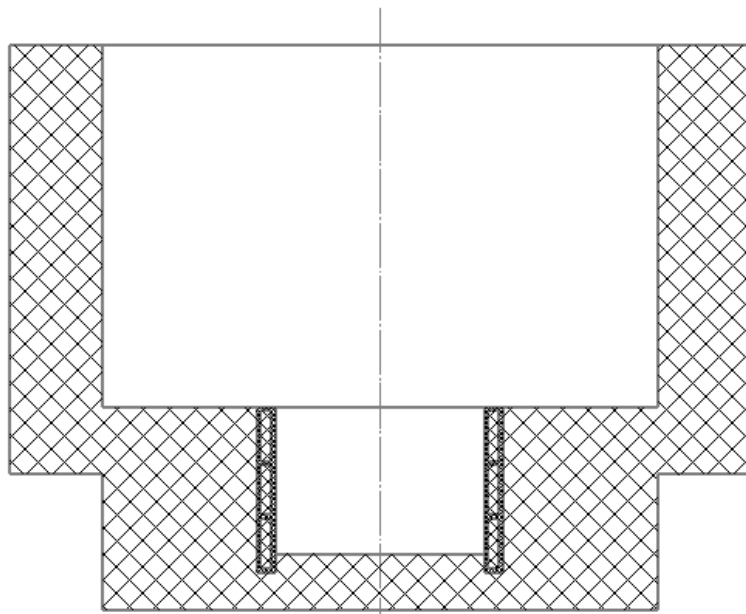
Внешний радиус экрана  $\lambda/2$   
Ширина ХН  $120^\circ$

Второй этап



Внешний радиус экрана  $\lambda$   
Ширина ХН  $60^\circ$

Третий этап



Внутренний радиус раструба  $\lambda$   
Внешний радиус раструба  $1,5\lambda$   
Высота раструба  $2,3\lambda$   
Ширина ХН  $32^\circ$

Рисунок 2.

# Схематичное изображение блока ПИ-А

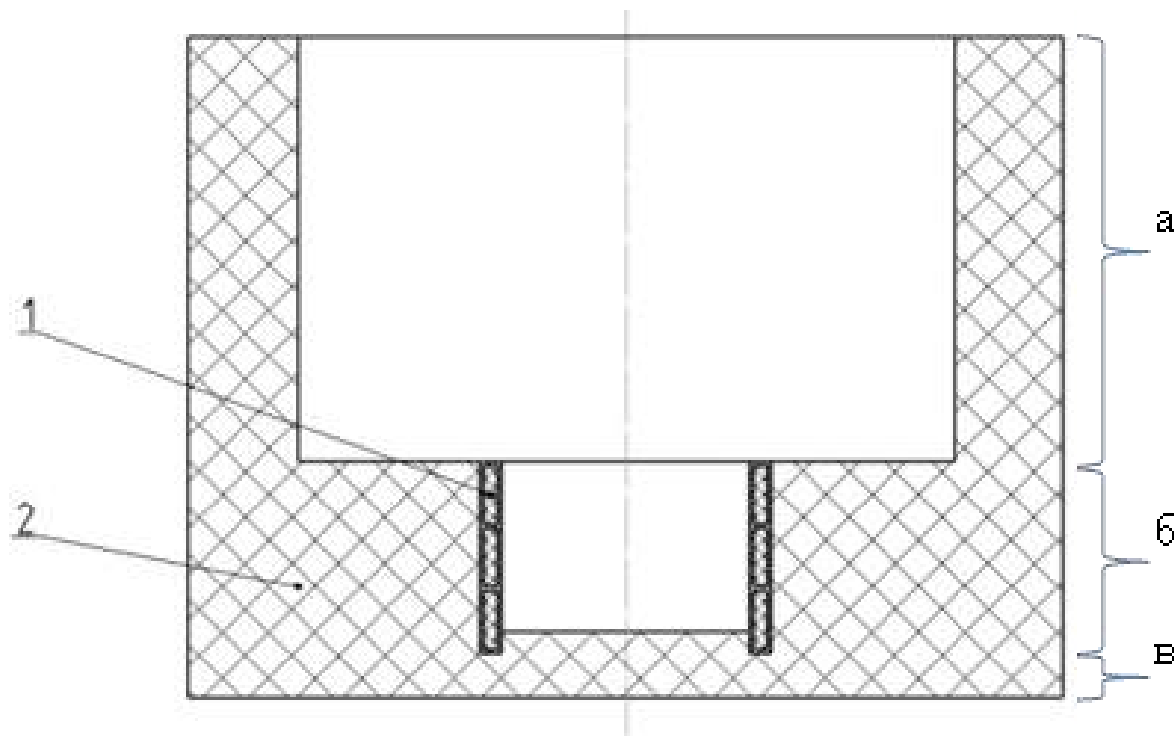


Рисунок 3.

1 – блок элементов

2 – экран:

а – раструб; б – боковой экран; в – тыльный экран

# Определение размеров экрана для формирования ХН шириной $25^\circ$

## ➤ Экспериментально

Высота раструба  $2,3\lambda$

Внешний диаметр раструба  $3\lambda$

## ➤ Аналитически

Ширина ХН круглого поршня

$$\theta \approx \frac{58,5\lambda}{D},$$

где  $\lambda$  – длина волны в среде,

$D$  – диаметр поршня.



Внутренний диаметр раструба  $2,3\lambda$

## ➤ Численно

Моделирование  
в OOFELIE UI



Внутренний диаметр раструба  $2,4\lambda$



# Моделирование в OOFELIE UI

1. Типы поведения объемов
2. Материалы
3. Механическая склейка объемов разной геометрии
4. Разность потенциалов
5. Ограничение перемещений на плоскостях симметрии
6. Согласование со средой
7. Поверхность визуализации

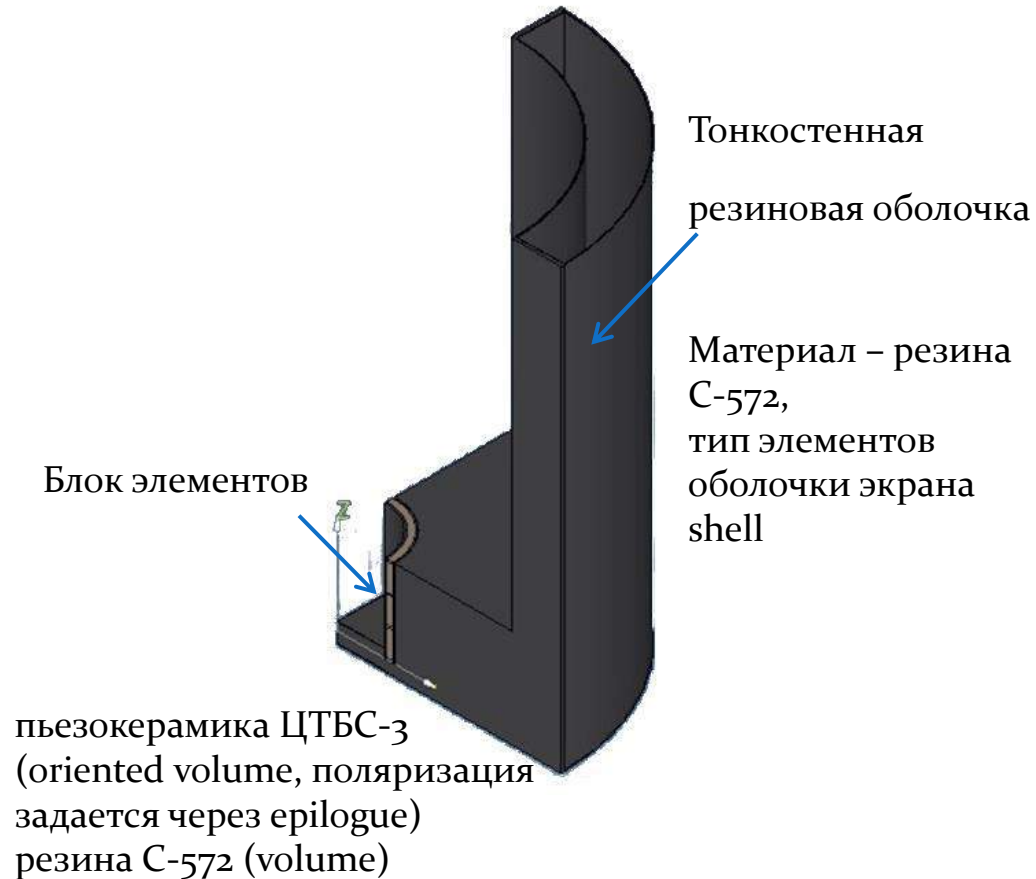
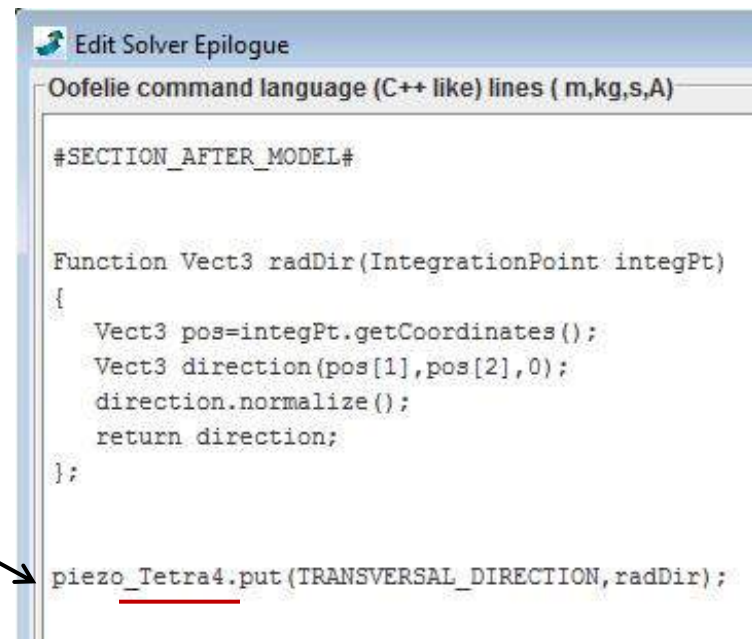


Рисунок 4.  
1/4 модели блока ПИ-А

# Задание круговой поляризации пьезокерамического кольца

3D-элементы сетки:

- Гексаэдры
  - первого порядка – Hexa8
  - второго порядка – Hexa20
- Призмы
  - первого порядка – Penta6
  - второго порядка – Penta15
- Тетраэдры
  - первого порядка – Tetra4
  - второго порядка – Tetra10



```
Edit Solver Epilogue
Oofielie command language (C++ like) lines ( m,kg,s,A)

#SECTION_AFTER_MODEL#

Function Vect3 radDir(IntegrationPoint integPt)
{
    Vect3 pos=integPt.getCoordinates();
    Vect3 direction(pos[1],pos[2],0);
    direction.normalize();
    return direction;
};

piezo_Tetra4.put (TRANSVERSAL_DIRECTION, radDir);
```

# Результаты расчета в OOFELIE UI

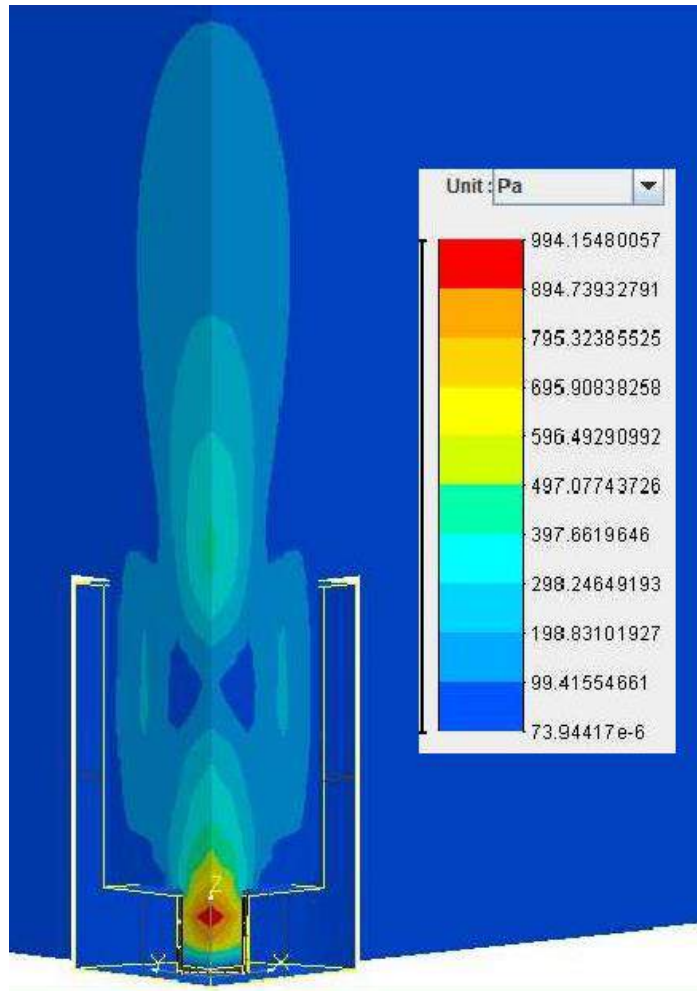


Рисунок 5. Распределение давления в воде

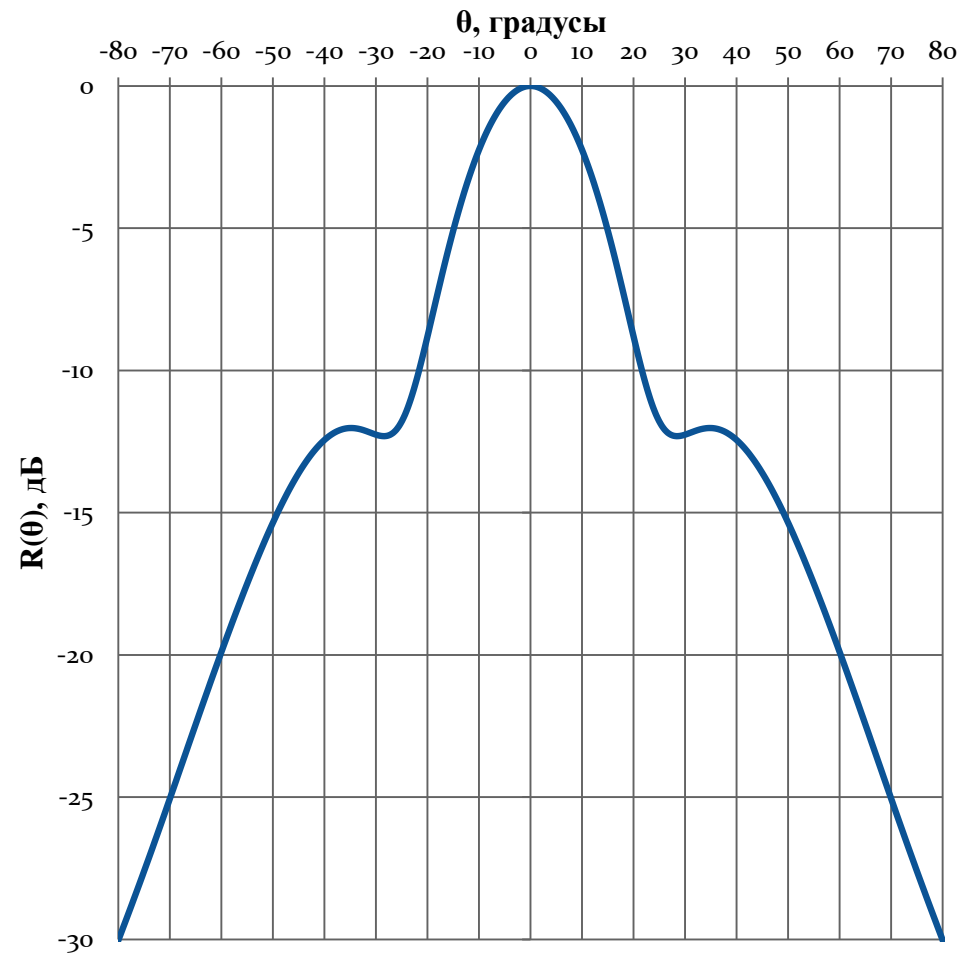


Рисунок 6. Характеристика направленности (постобработка – Excel)

# Основные электроакустические параметры блока ПИ-А

Параметр, размерность	Значение параметра	
	эксперимент	расчет в OOFELIE UI
Резонансная частота, кГц	10	9,2
Чувствительность в режиме излучения при рабочем напряжении 100 В, Па·м	$0,7 \cdot 10^4$	$0,73 \cdot 10^4$
Ширина характеристики направленности, град.	24,4	23
Уровень добавочных максимумов, %	23	25

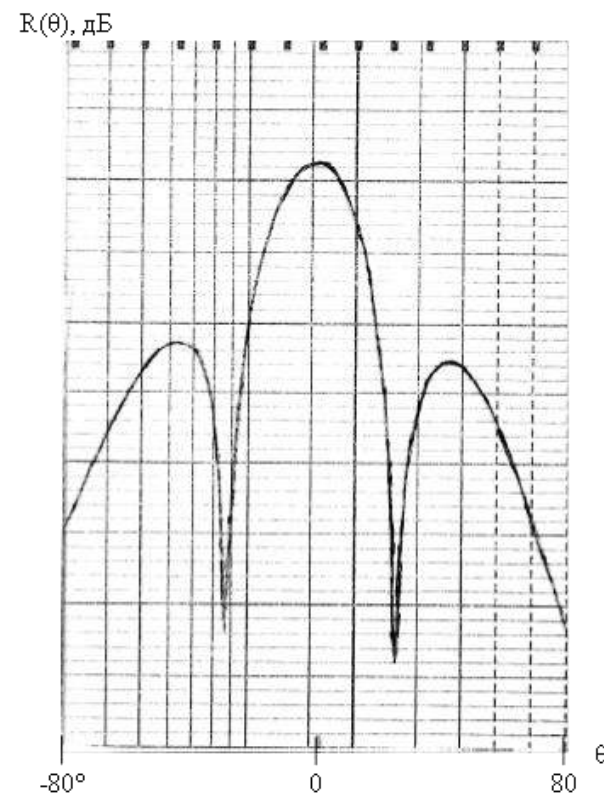


Рисунок 7.  
Характеристика направленности блока ПИ-А,  
изготовленного в опытном производстве

## Характеристики расчета

- Количество элементов 193679
- Количество степеней свободы 154025
- Количество шагов по частоте 41
- Параметры сервера оперативная память 98 Гб,  
2 процессора по 4 ядра на каждом с частотой 3,3 ГГц
- Время расчета 3 ч

## Внешний вид блока ПИ-А



# Спасибо за внимание!

