

# Программа для расчёта поля давления в тепловом насосе

Рамазанова А.Ш.

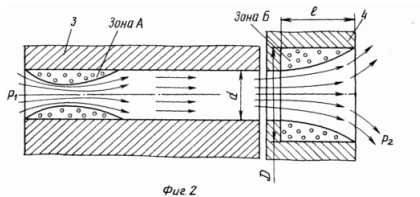
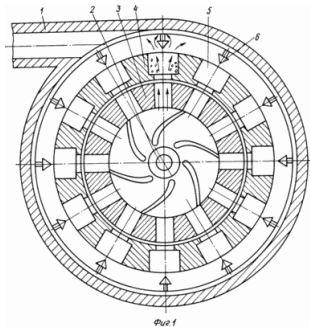
руководитель: д.х.н., проф. Бажанов В.И.

Московский государственный индустриальный университет  
Кафедра «Информационные системы и технологии»

# Слайд 1: Цель работы

Целью работы является расчет давления вязкой несжимаемой жидкости в пространстве кавитационного насоса с последующим выявлением зон пониженного давления

## Слайд 2: Тепловой насос



## Слайд 3: Постановка задачи

Система уравнений Навье-Стокса:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial y} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{-1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial y} + v \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{-1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

Уравнение неразрывности:

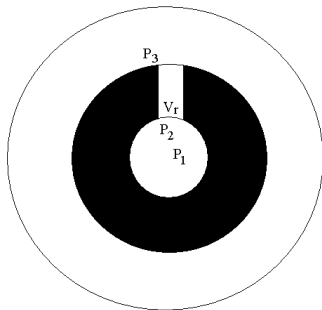
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

## Слайд 4: Начальные и граничные условия

Начальные условия:  $p_0 = P_2$ ,  $p_\infty = P_3$ ,  $u_0 = \omega R$ ,  $v_0 = V_r$

Граничные условия1: для кольца ротора: условия прилипания и непротекания  $V = 0$ ,  $U = \omega R$

Граничные условия2: для кольца статора: условия прилипания и непротекания  $V = 0$ ,  $U = \omega R$



## Слайд 5: Численный метод

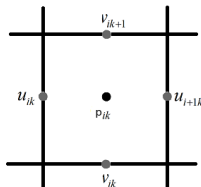
Метод расщепления по физическим факторам:

$$1. \frac{\tilde{\vec{V}} - \vec{V}^n}{\tau} = -(\vec{V}^n \cdot \nabla) \vec{V}^n - \nu \nabla \times \vec{\omega}^n,$$

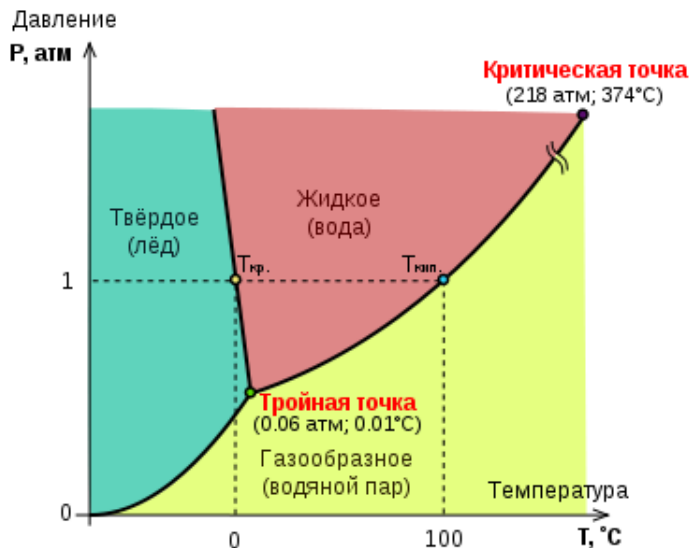
$$2. \Delta p = \frac{\tilde{D}}{\tau},$$

$$3. \frac{\vec{V}^{n+1} - \tilde{\vec{V}}}{\tau} = -\nabla p,$$

где  $\vec{\omega} = \nabla \times \vec{V}$ ,  $\tilde{D} = \nabla \cdot \tilde{\vec{V}}$

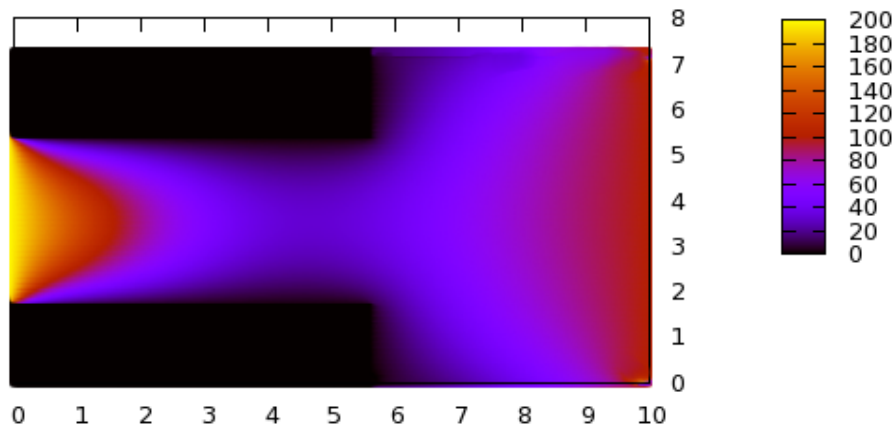


## Слайд 6: Фазовая диаграмма воды



# Слайд 7: Результаты - распределение

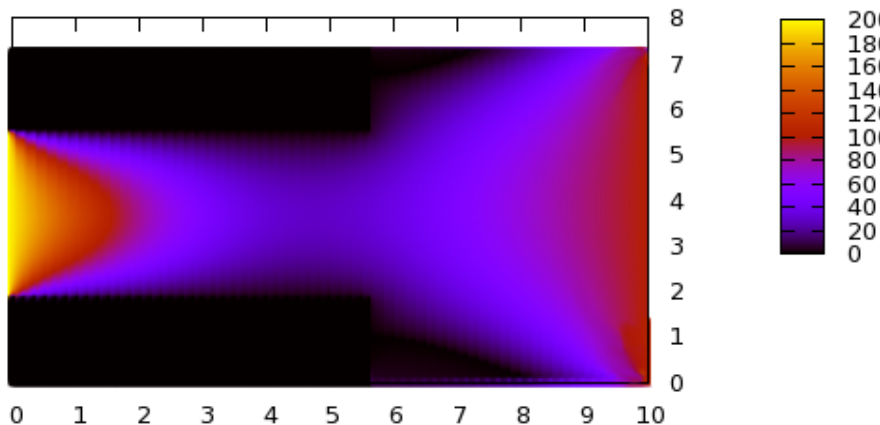
Поле давления при  $\omega = 11.0$





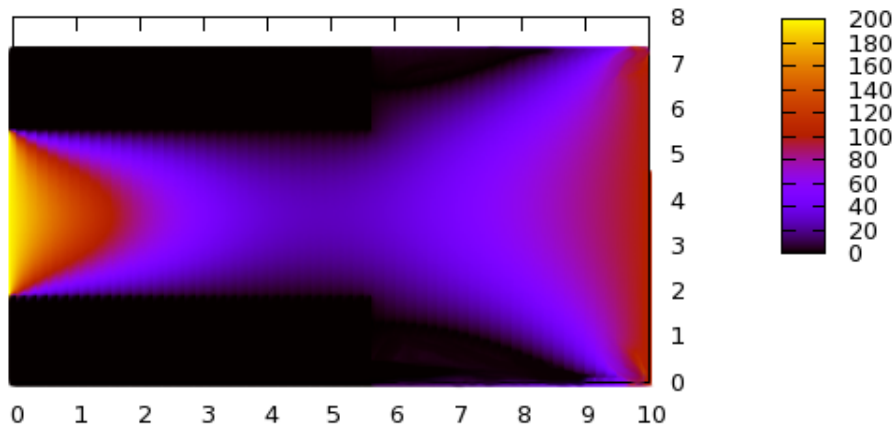
## Слайд 8: Результаты - распределение

Поле давления при  $\omega = 50.0$



## Слайд 9: Результаты - распределение

Поле давления при  $\omega = 75.0$



## Слайд 10: Результаты - объем зоны низкого давления

Объем при  $\omega = 11.0$

```
[ras11@ice11 Diplom1]$ ./a.out
t=0
-----I-----
Шаг по времени = 0.000078
-----II-----
Проведено итераций = 4190
-----III-----
t=1
-----I-----
Шаг по времени = 0.000078
-----II-----
Проведено итераций = 3454
-----III-----
Объем зоны низкого давления = 1027.006273
```

# Слайд 11: Результаты - объем зоны низкого давления

Объем при  $\omega = 50.0$

```
[ras11@ice11 Diplom1]$ ./a.out
t=0
-----I-----
Лаг по времени = 0.000078
-----II-----
Проведено итераций = 4085
-----III-----
t=1
-----I-----
Лаг по времени = 0.000078
-----II-----
Проведено итераций = 3095
-----III-----
Объем зоны низкого давления = 1722.633427
```

## Слайд 12: Результаты - объем зоны низкого давления

Объем при  $\omega = 75.0$

```
lras11@ice11 Diplom1]$ ./a.out
t=0
-----I-----
Шаг по времени = 0.000078
-----II-----
Проведено итераций = 4012
-----III-----
t=1
-----I-----
Шаг по времени = 0.000078
-----II-----
Проведено итераций = 2729
-----III-----
Объем зоны низкого давления = 1733.008536
```

## Слайд 13: Выводы

- Приведен литературный обзор методов численного решения гидродинамических задач и выбран метод SOR для решения дифференциальных уравнений в частных производных и используется метод расщепления по физическим параметрам для решения системы уравнений.
- Произведен аналитический расчет поля давлений в полости кавитационного насоса.
- Написана программа на языке C++ для расчета с помощью методов расщепления и SOR давления в сопле теплового насоса.
- Рассчитан объем зоны давления, где давление ниже давления насыщенного пара.