

Разработка инструментария для  
решения задачи вычислительной  
гидродинамики при моделировании  
воздушных потоков

Студент БПИ-16 М.И. Федина

Руководитель П.В. Юдин

# Цели и задачи

Цель работы – разработать инструментарий для решения задачи вычислительной гидродинамики при моделировании воздушных потоков

Задачи :

- Изучение теории применяемой для решения задач гидродинамики
- Изучение программных продуктов решающих задачи гидродинамики
- Изучение методов решения дифференциальных уравнений;
- Реализация алгоритма численного решения дифференциальных уравнений;
- Реализация численного метода моделирования воздушной среды

# Актуальность работы

- Производственные и общественные помещения нуждаются в поддержании заданного микроклимата
- Сложность предсказания поведения потоков воздуха в помещении приводит к ошибкам проектирования и перерасходу ресурсов

# Определение

- Вычислительная гидродинамика (CFD) – подраздел механики сплошных сред, включающий в себя совокупность численных, математических и физических численных методов, для вычисления характеристик потоковых процессов.
- Уравнения Навье-Стокса является важной частью гидродинамики.

# Уравнения Навье-Стокса

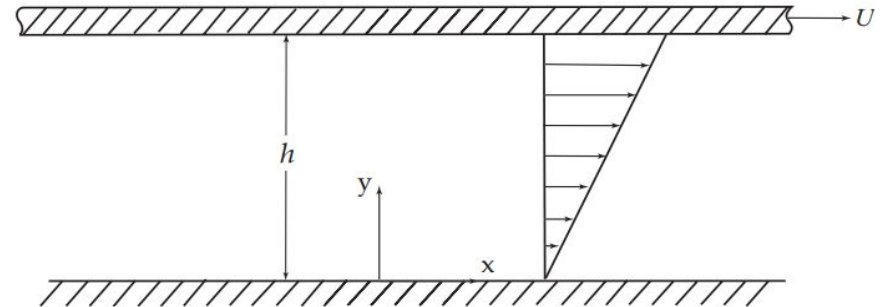
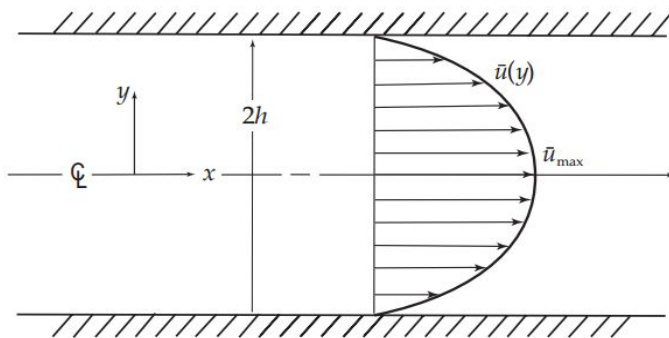
- Уравнения Навье-Стокса представляют из себя систему дифференциальных уравнений в частных производных. Именно с их помощью можно описать движение вязкой ньютоновской жидкости.

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + V * \nabla V \right) = -\nabla p + \mu \Delta V + \left( \zeta + \frac{\mu}{3} \right) \nabla (\nabla * V) + f$$

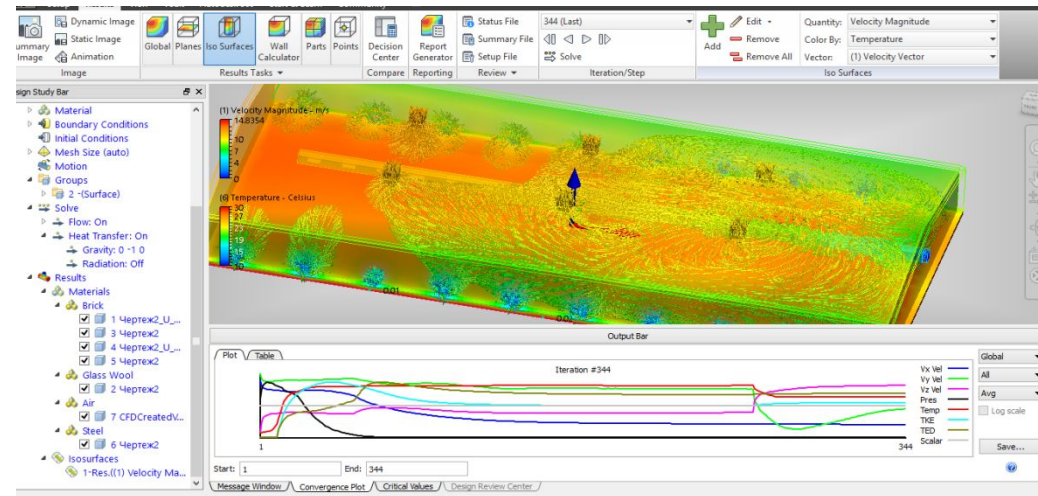
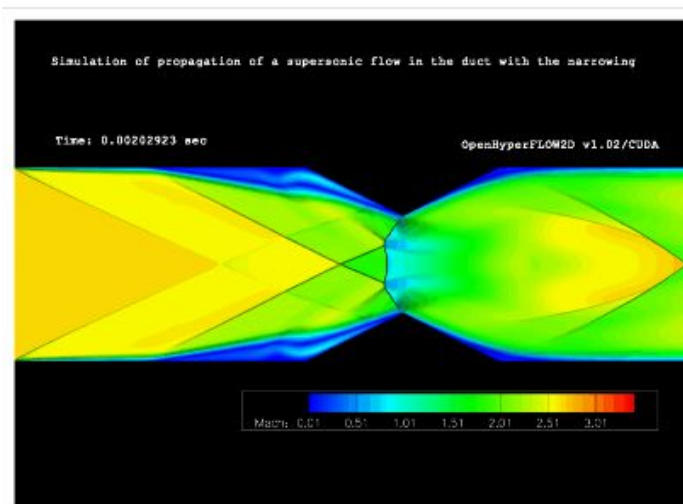
$$\frac{\partial p}{\partial t} + \nabla * (\rho V) = 0$$

# Проблема

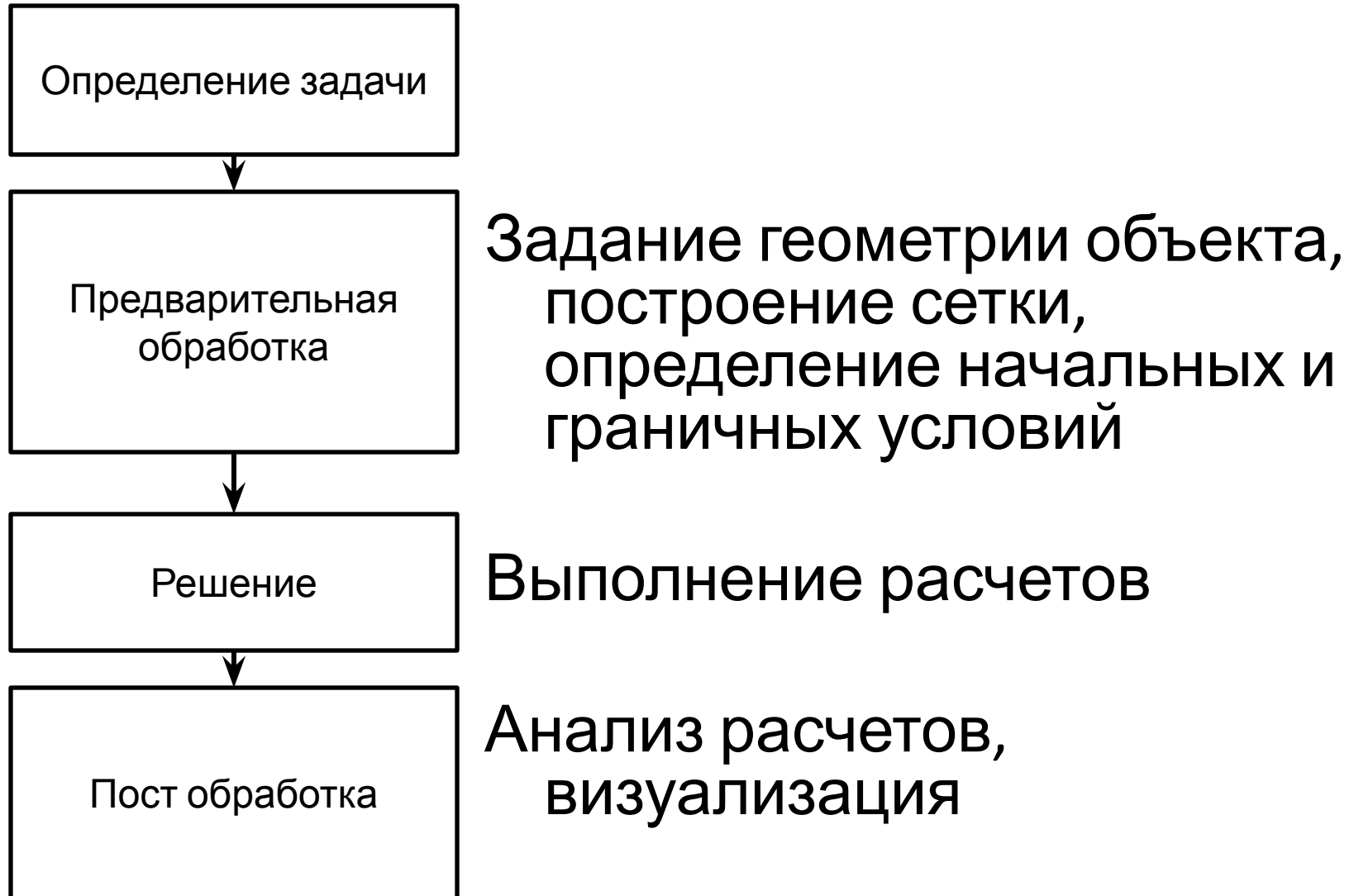
- Несмотря на широкую область применения уравнений Навье-Стокса, не существует аналитического решения этих уравнений в общем случае.
- На данный момент аналитические решение существуют только для нескольких частных случаев.



- На данный момент существует множество различных программ для гидродинамического моделирования.



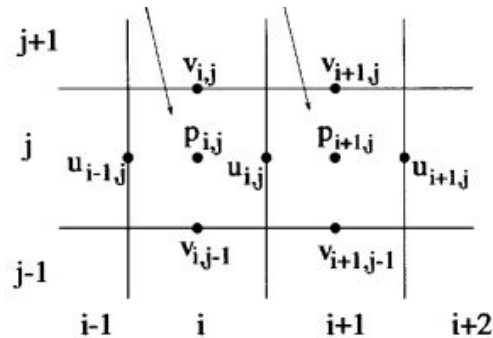
# CFD моделирование





# Метод конечных разностей

- Численный метод решения дифференциальных уравнений, основанный на замене производных разностными схемами. Является сеточным методом.



$$\left[ \frac{\partial u}{\partial x} \right]_{i,j} = \frac{u_{i,j} - u_{i-1,j}}{\delta x}$$

# Метод решения уравнения Навье-Стокса

Semi-Implicit Method for pressure-Linked Equations

1. Установить граничные условия.
2. Определить начальные значения.
3. Рассчитать поля скоростей
4. Решить уравнение давления
5. Пересчитать поля скоростей с учетом давления

```

}

void Cube::advectu(float * u, float * u0, float * v0, float * w0, float dt)
{
    int i, j, k;
    FOR_EACH_CELL
        u[IX3(i, j, k)] = -(pow(u0[IX3(i, j, k)] + u0[IX3(i+1, j, k)], 2) - pow(u0[IX3(i-1, j, k)] + u0[IX3(i, j, k)], 2)) / 4;
        u[IX3(i, j, k)] -= (v0[IX3(i, j, k)] + v0[IX3(i+1, j, k)] * u0[IX3(i, j, k)] + u0[IX3(i, j+1, k)] -
            v0[IX3(i, j-1, k)] + v0[IX3(i+1, j-1, k)] * u0[IX3(i, j-1, k)] + u0[IX3(i, j, k)]) / 4;
        u[IX3(i, j, k)] -= (w0[IX3(i, j, k)] + w0[IX3(i+1, j, k)] * u0[IX3(i, j, k)] + u0[IX3(i, j, k+1)] -
            w0[IX3(i, j, k-1)] + w0[IX3(i+1, j, k-1)] * u0[IX3(i, j, k-1)] + u0[IX3(i, j, k)]) / 4;
    END_FOR
    set_bnd (1, u);
}

void Cube::advectv(float * v, float * u0, float * v0, float * w0, float dt)
{
    int i, j, k;
    FOR_EACH_CELL
        v[IX3(i, j, k)] = -(pow(v0[IX3(i, j, k)] + v0[IX3(i, j+1, k)], 2) - pow(v0[IX3(i, j, k)] + v0[IX3(i, j-1, k)], 2)) / 4;
        v[IX3(i, j, k)] -= (u0[IX3(i, j, k)] + u0[IX3(i, j+1, k)] * v0[IX3(i, j, k)] + v0[IX3(i+1, j, k)] -
            u0[IX3(i-1, j, k)] + u0[IX3(i-1, j+1, k)] * v0[IX3(i-1, j, k)] + v0[IX3(i, j, k)]) / 4;
        v[IX3(i, j, k)] -= (w0[IX3(i, j, k)] + w0[IX3(i, j+1, k)] * v0[IX3(i, j, k)] + v0[IX3(i, j, k+1)] -

```

# Результат реализации алгоритма

