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

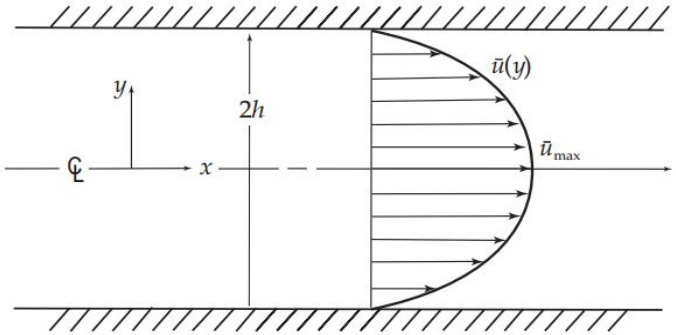
- Уравнения Навье-Стокса представляют из себя систему дифференциальных уравнений в частных производных. Именно с их помощью можно описать движение вязкой ньютоновской жидкости.

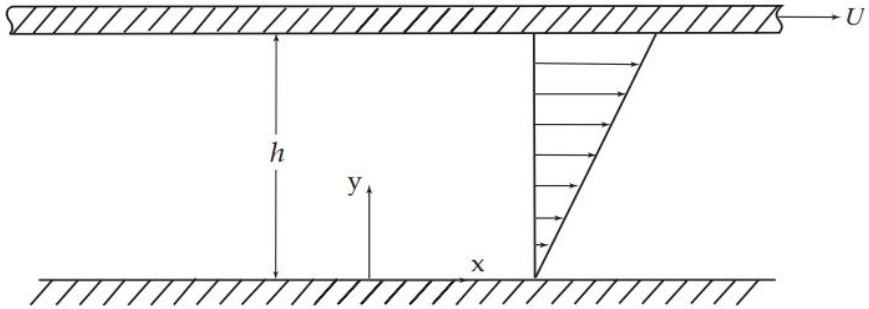
$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t} + V * \nabla V\right) = -\nabla p + \mu \Delta V + \left(\zeta + \frac{\mu}{3}\right)\nabla(\nabla * V) + f$$

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

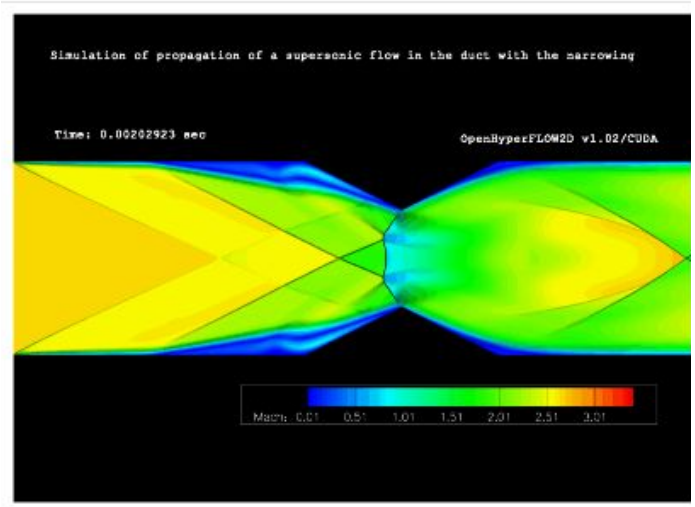
Проблема

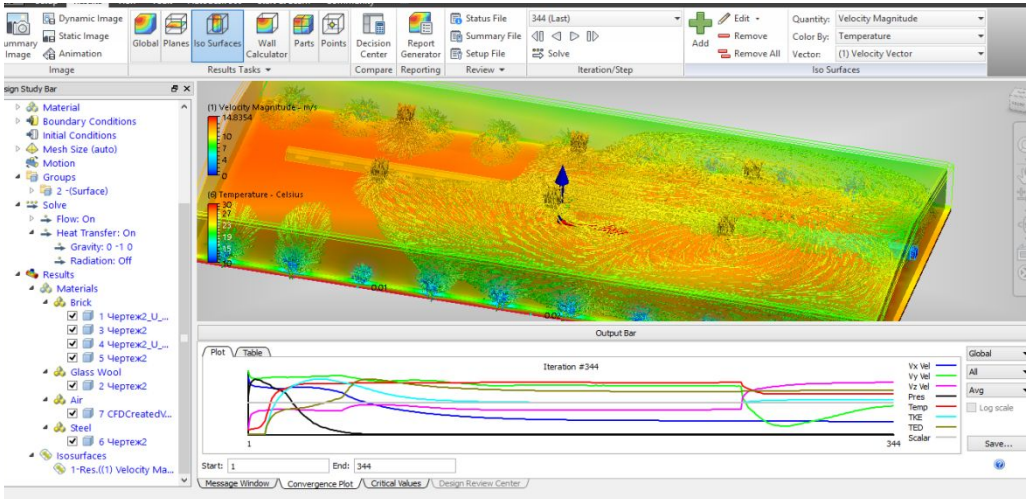
- Несмотря на широкую область применения уравнений Навье-Стокса, не существует аналитического решения этих уравнений в общем случае.
- На данный момент аналитические решение существуют только для нескольких частных случаев.



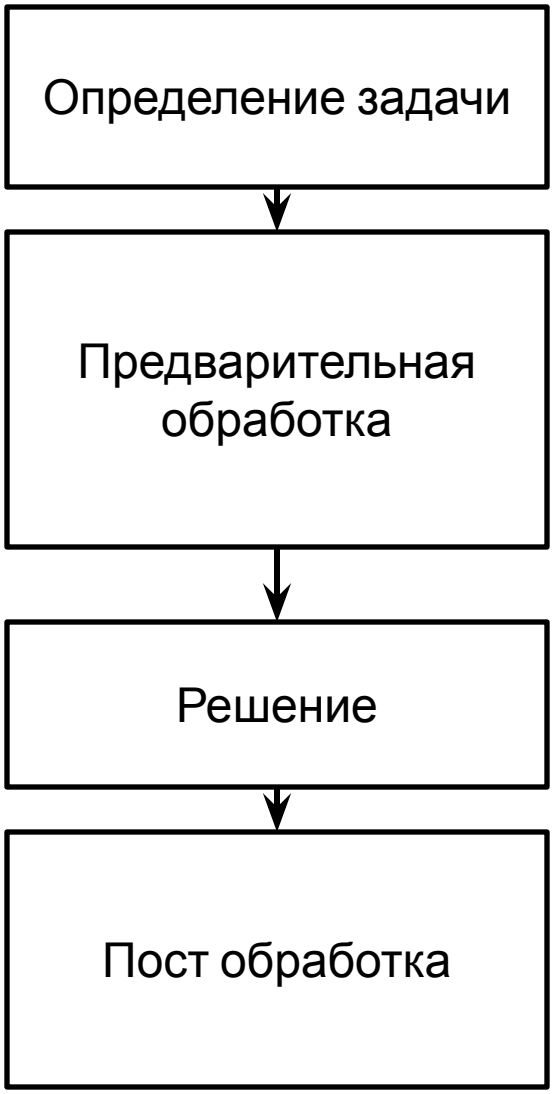


- На данный момент существует множество различных программ для гидродинамического моделирования.





CFD моделирование



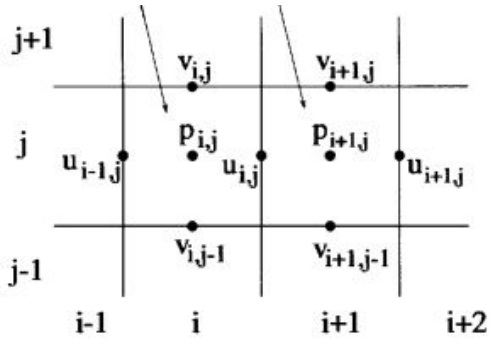
Задание геометрии объекта, построение сетки, определение начальных и граничных условий

Выполнение расчетов

Анализ расчетов, визуализация

Метод конечных разностей

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



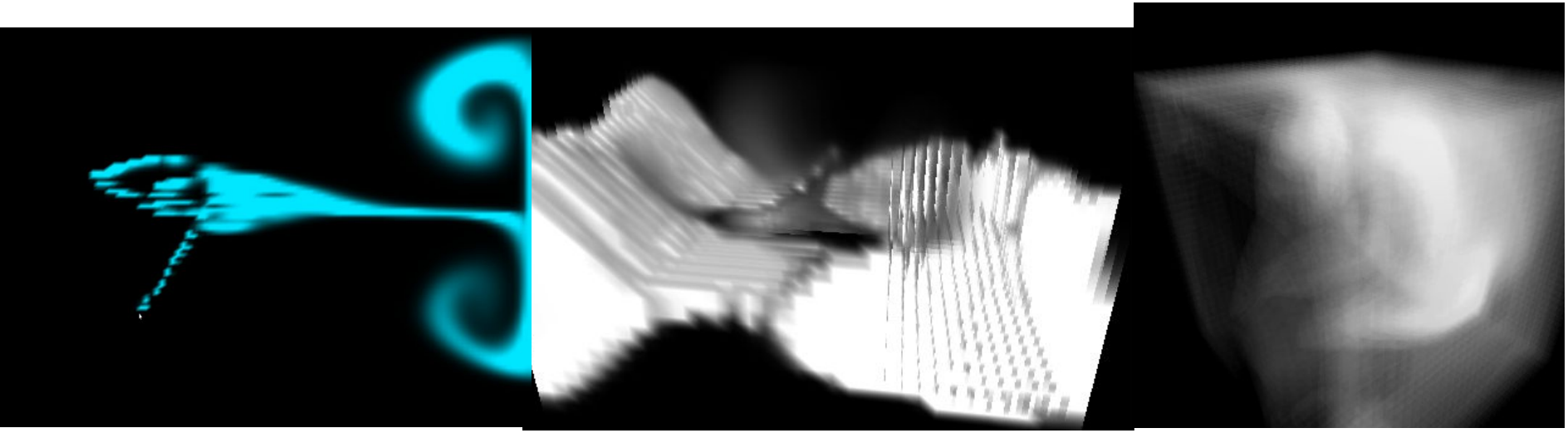
$$\left[\frac{\partial u}{\partial x}\right]_{i,j} = \frac{u_{i,j} - u_{i-1,j}}{\delta x}$$

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