

Лабораторная работа №6

«Течение в каверне»

Введение. Двумерное ламинарное течение несжимаемой жидкости описывается системой уравнений Навье-Стокса

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

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

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

с дополнительными начальными (при $t = 0$) и граничными условиями (на стенках: для вектора скорости – прилипания, для давления – обнуление нормальной производной).

Для численного решения (1) – (3) применяется, в частности, проекционный метод Чорина. В области течения создается равномерная сетка с шагами Δx и Δy . При известных u^n , v^n и p^n решение на верхнем временном слое $t = t_{n+1} = t_n + \Delta t$ находится по следующему алгоритму:

а) из уравнений (2) и (3) с обнуленным градиентом давления, вычисляются компоненты скорости u^* и v^* ;

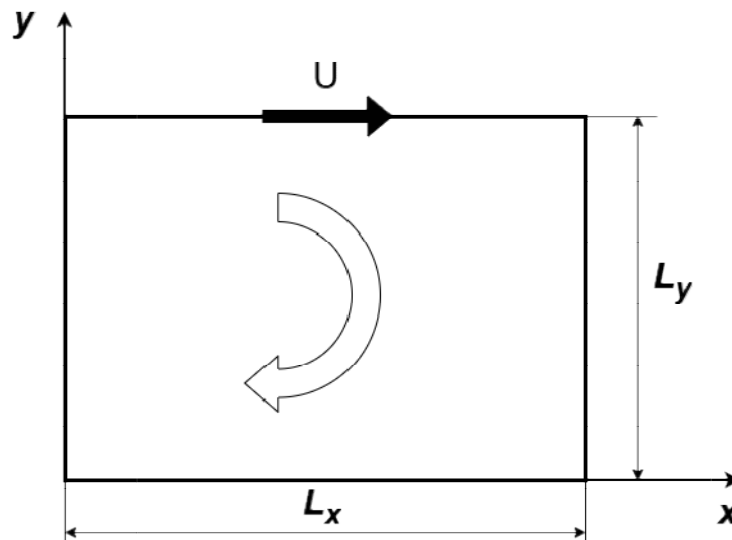
б) решается уравнение Пуассона для давления

$$\frac{\partial^2 p^{n+1}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p^{n+1}}{\partial y^2} = \frac{\rho}{\Delta t} \left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right);$$

в) проводится коррекция поля скоростей

$$u^{n+1} = u^* - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p^{n+1}}{\partial x}, \quad v^{n+1} = v^* - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p^{n+1}}{\partial y}.$$

Задание. С помощью методов конечных разностей (МКР) и конечных объемов (МКО) провести расчеты ламинарного течения несжимаемой жидкости в прямоугольной каверне с подвижной стенкой при числах Рейнольдса $Re = \frac{UL_x}{\nu} = 100$ и 400. Принять $L_{\max} = \max\{L_x, L_y\} = 1$ м.



Варианты исходных данных приведены в таблице:

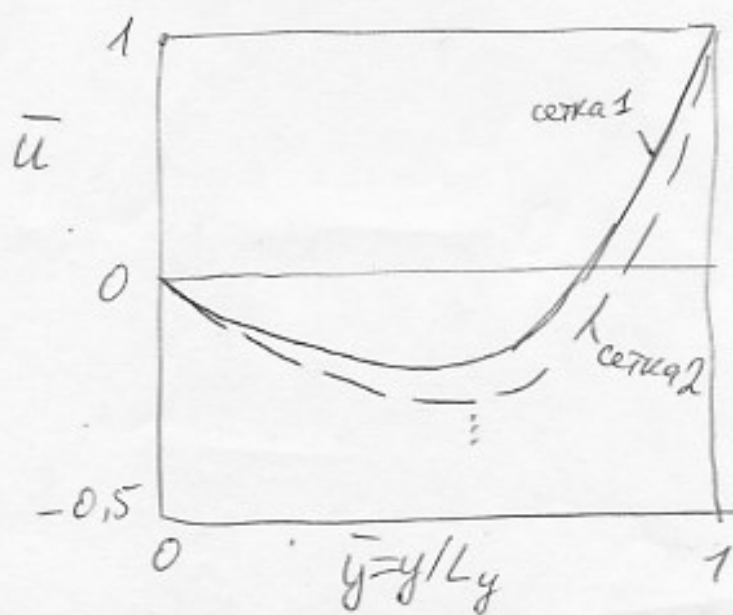
№ вар.	1	2	3	4	5	6	7
жидкость	вода	масло	спирт	азот	нефть	метан	кислород
L_y/L_x	5/9	8/5	5/8	7/5	5/7	2/3	3/2
стенка	нижняя	левая	правая	нижняя	левая	правая	нижняя
№ вар.	8	9	10	11	12	13	14
жидкость	вода	масло	спирт	азот	нефть	метан	кислород
L_y/L_x	1/2	2	3/5	5/3	3/7	7/3	3/4
стенка	левая	правая	нижняя	левая	правая	нижняя	левая
№ вар.	15	16	17	18	19	20	21
жидкость	вода	масло	спирт	азот	нефть	метан	кислород
L_y/L_x	4/3	2/5	5/2	4/5	5/4	6/5	5/6
стенка	правая	нижняя	левая	правая	нижняя	левая	правая

УКАЗАНИЯ

МКР

1) Внести необх. изменения в данную программу.

2) Для случая $Re = 10^2$ убедиться в наличии сходимости по сетке (при $\bar{h}_x = \bar{h}_y = h/L_x = \frac{1}{20}, \frac{1}{20}, \frac{1}{40}$ и $\frac{1}{80}$) график относительной продольной скорости $\bar{u} = u/U$ в среднем верт. сечении каверно $x = L_x/2$.



Дальнейшие расчеты проводить на сетке, обеспечившей са-еб рез-тов.

МКО

- 1) Сетка - структурированная с помощью "Face meshing", число слоев - по выбранной конформной сетке.
- 2) Решатель (Fluent) - настройки по умолчанию, за исключением "Materials" (внести из базы данных) и порядка точности схемы ("First" $\rightarrow$ "Second")

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1) Подготовка задачи: рисунок вашей каверы и наглядно - крайняя задача
- 2) В МКО
 - а) Текст Fortran-программы
 - б) Исследование ск-ти по сетке
 - в) Рез-т для $Re = 10^2$ и 400 на выбранной в п. б) сетке

3) В МК0

а) Процессинг:

- рабёйная сетка
- снимки Экрана с внесенными во Fluent настройками

б) Результаты для $Re = 10^2$ и 400:

- графики потерь
- векторное поле скоростей
- картина линий тока

4) Сравнение МКР и МК0

- графики $\bar{u}(\bar{x} = \frac{1}{2}, \bar{y})$ и $\bar{v}(\bar{x} = \frac{1}{2}, \bar{y})$

Сравнение результатов расчета по программе «sav_uvr3.ru» и опытных данных для квадратной каверны:

