

Метод SIMPLE

1 Задача

Исследовать параметры, влияющие на решение задачи Стокса для круглой области использованием метода **SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations, Patankar & Spalding, 1972)**.

Течение несжимаемой вязкой жидкости в единичном квадрате Ω описывается нестационарными уравнениями Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} - \nu \Delta \mathbf{u} + \nabla p = 0 \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \text{ в } \Omega \quad (2)$$

Нормальные компоненты скорости на границе равны нулю. На верхней границе области задана постоянная скорость $\mathbf{u} = (1, 0)$. В начальный момент времени $\mathbf{u} = 0$.

В качестве дискретизации использовалась явная схема метода конечных объемов.

2 Изменяемые параметры

В процессе анализа подходящих параметров, изменялся шаг по времени (τ), количество узлов в дискретизации сетки (N) и кинематическая вязкость (ν).

```
L = 1 # length of the square
N = 32 # amount of nodes along axis
tau = 0.1 # step by time [s]
T = 1 # full time [s]
h = L / N # step by axis
nu = 0.01 # viscosity [m^2 / s]
eps = 0.01 # epsilon (const)
```

Кинематическая вязкость в свою очередь связана с числом Рейнольдса и поэтому влияет на турбулентность потока:

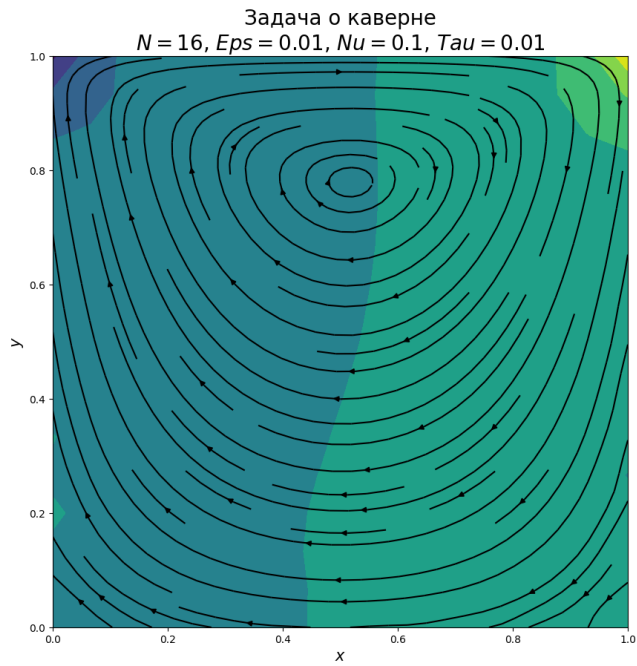
$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{\omega \cdot d}{\nu} \quad (3)$$

3 Результаты на сетке 16x16

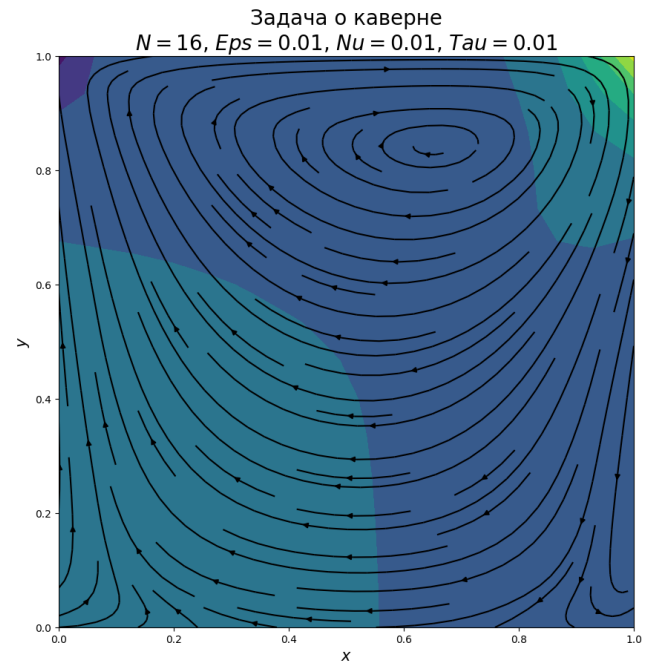
При увеличении вязкости число Рейнольдса падает, поэтому поток переходит из турбулентного состояния в ламинарное.

Из литературы [Bruneau C. H., Saad M. The 2D lid-driven cavity problem revisited //Computers & fluids. – 2006. – Т. 35. – №. 3. – С. 326-348.]:

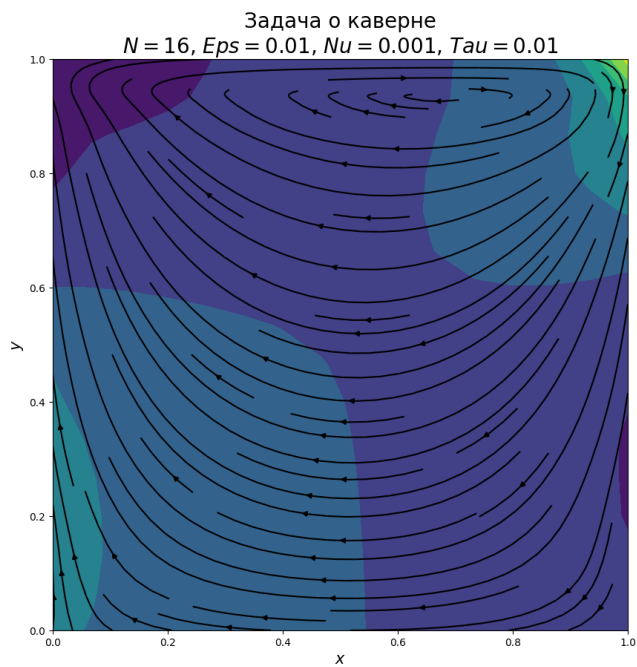
Для малых чисел Рейнольдса линии тока становятся почти параллельными. Ядро вихря развивается при больших числах Рейнольдса.



(a)



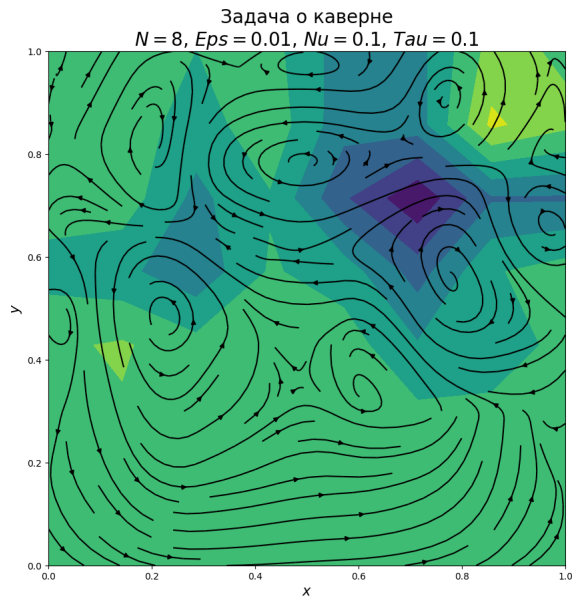
(b)



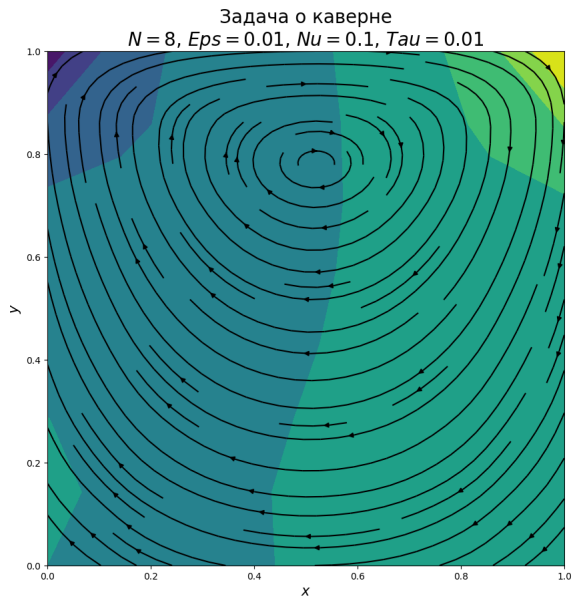
(c)

4 Устойчивость схемы при больших шагах

Было замечено, что при попытке расчетов при $\tau = 0.1$ решение часто разваливалось в неестественное, так как шаг являлся слишком большим для данной схемы.



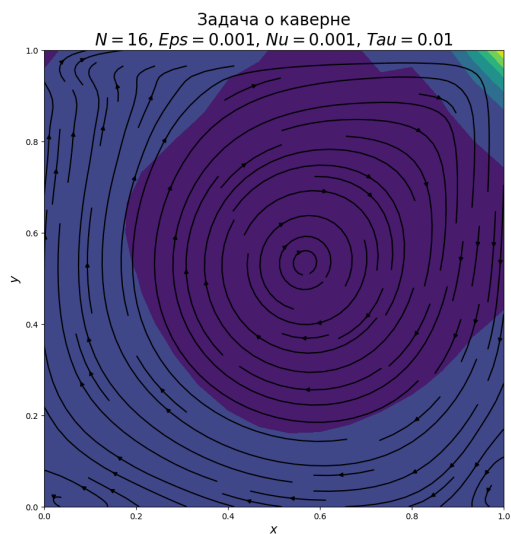
(d) Большой шаг по времени



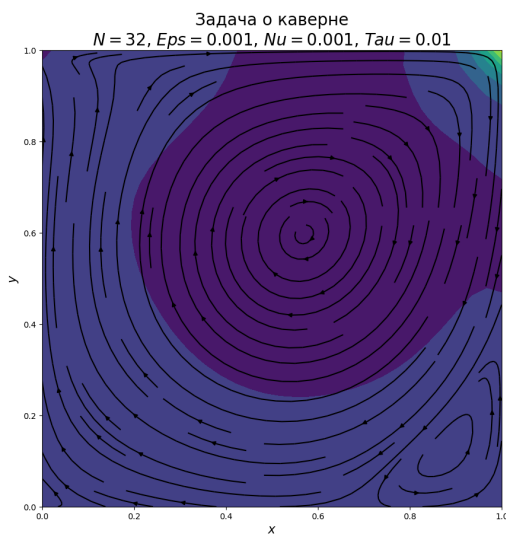
(e) Более мелкий шаг на той же сетке

5 Сравнение с литературой

Полученные визуальные изображения согласуются с опубликованными ранее. Ниже пример при большом количестве шагов по времени.



(f)



(g)

Похожие изображение в литературе:

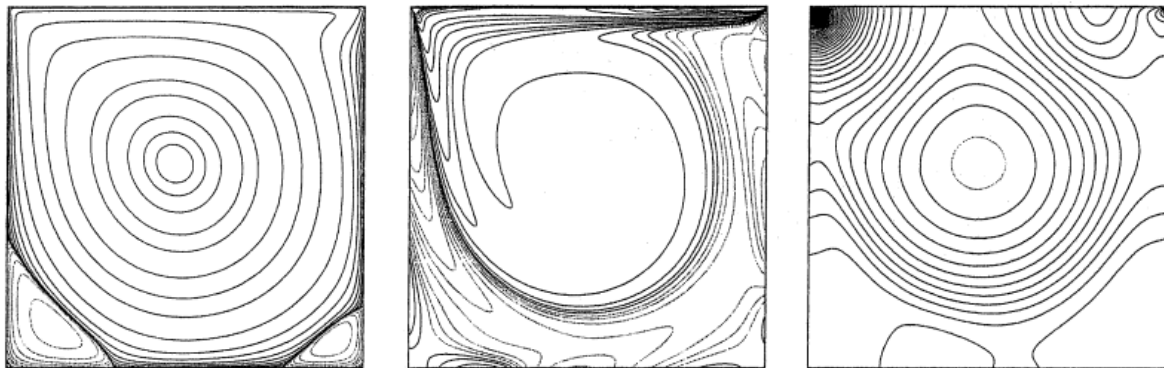


Fig. 2. Steady solution at $Re = 1000$ computed with present scheme on grid 1024×1024 . From left to right stream-function, vorticity and pressure fields.

(h) Bruneau C. H., Saad M. The 2D lid-driven cavity problem revisited //Computers & fluids. – 2006. – T. 35. – №. 3. – С. 326-348.