

«Численное моделирование переноса тепла от источника импульсного типа в пограничном слое вязкой жидкости на пластине конечной ширины»

Студент: Шерстяников Иван студент 5 курса ФГБОУ ВПО
«МГИУ»

Руководитель: д.т.н., профессор Евтерев Леонид Степанович

Сергиев Посад
2015

Цели работы

- Создать математическую модель датчика импульсного типа
- Смоделировать процесс обтекания пластины потоком жидкости
- Смоделировать движение тепла от источника на пластине в потоке жидкости
- Сравнить модель с реальными датчиками
- Предложить способы улучшения работы датчиков

Постановка задачи

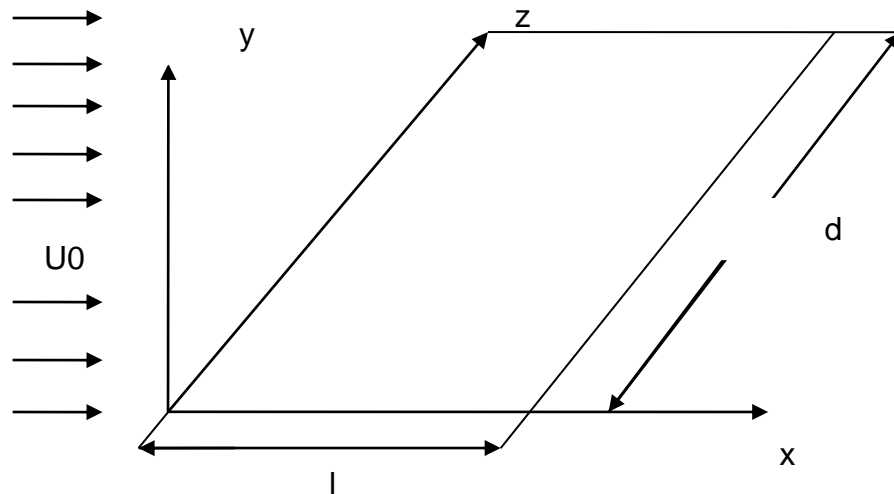


Рис.1

$$\operatorname{div} \vec{v} = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0. \quad (1)$$

$$\psi = \psi(x, y, t): U = \frac{\partial \psi}{\partial y}; V = -\frac{\partial \psi}{\partial x}. \quad (2)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + U \frac{\partial \omega}{\partial x} + V \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right). \quad (3)$$

$$\Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \omega(x, y, t). \quad (4)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} - \omega(x, y), \quad (5)$$

$$\frac{\psi_{i,j}^{S+\frac{1}{2}} - \psi_{i,j}^S}{\frac{\tau}{2}} = \frac{\psi_{i+1,j}^{S+\frac{1}{2}} - 2\psi_{i,j}^{S+\frac{1}{2}} + \psi_{i-1,j}^{S+\frac{1}{2}}}{\Delta^2} + \frac{\psi_{i,j+1}^S - 2\psi_{i,j}^S + \psi_{i,j-1}^S}{\Delta^2} - \omega_{i,j}^n, \quad (6)$$

$$\frac{\psi_{i,j}^{S+1} - \psi_{i,j}^{S+\frac{1}{2}}}{\frac{\tau}{2}} = \frac{\psi_{i+1,j}^{S+\frac{1}{2}} - 2\psi_{i,j}^{S+\frac{1}{2}} + \psi_{i-1,j}^{S+\frac{1}{2}}}{\Delta^2} + \frac{\psi_{i,j+1}^{S+1} - 2\psi_{i,j}^{S+1} + \psi_{i,j-1}^{S+1}}{\Delta^2} - \omega_{i,j}^n, \quad (7)$$

$$U[i, j] = U_0 * \alpha^{2/3} * x_2(\alpha^{1/3} * \xi_{ij}) \quad (9)$$

$$V[i, j] = 0.5 * \sqrt{\frac{\nu U_0}{x[i]}} * \left\{ \xi_{ij} * \alpha^{2/3} * x_2(\alpha^{1/3} * \xi_{ij}) - \alpha^{1/3} * x_1(\alpha^{1/3} * \xi_{ij}) \right\} \quad (10)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} = \theta \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (11)$$

- жидкость - вода;
- кинематическая вязкость $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- ширина датчика $l = 200 \text{ мкм} = 2 * 10^{-4} \text{ м}$;
- скорость набегающего потока $U_0 = 0.5 \text{ м/с}$;
- расстояния от начала области до датчика и после него равно $l_+ = l_- = 200 \text{ мкм}$;

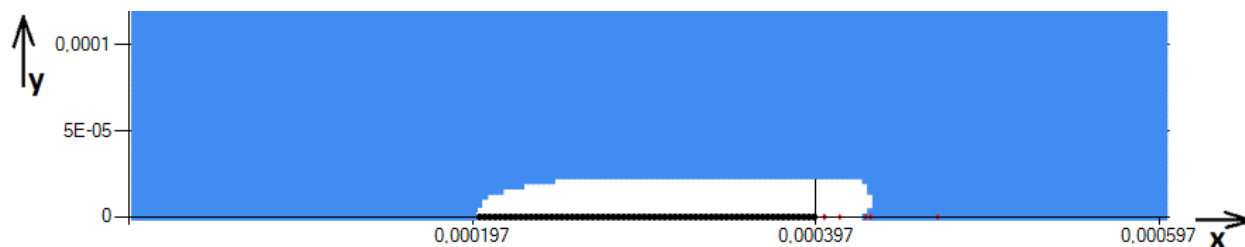


Рис.2

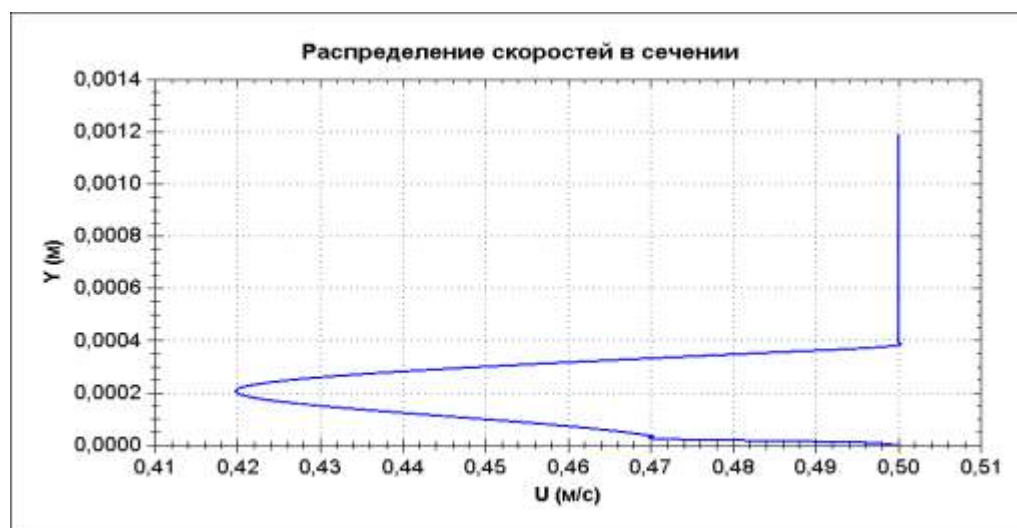


Рис.3

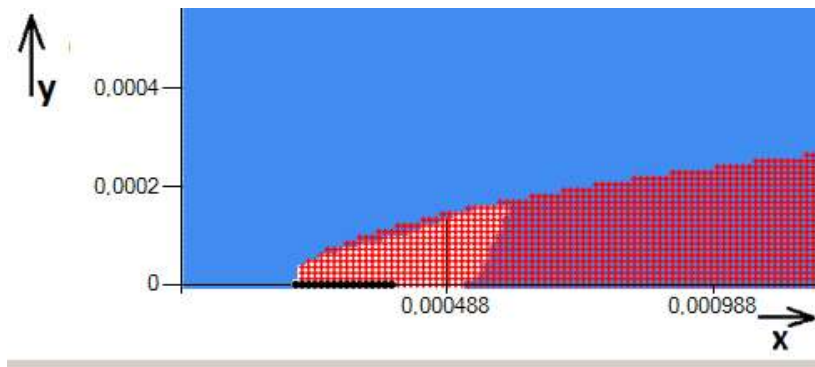


Рис.4

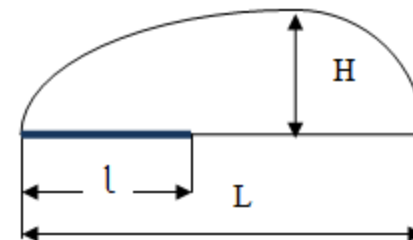


Рис.5

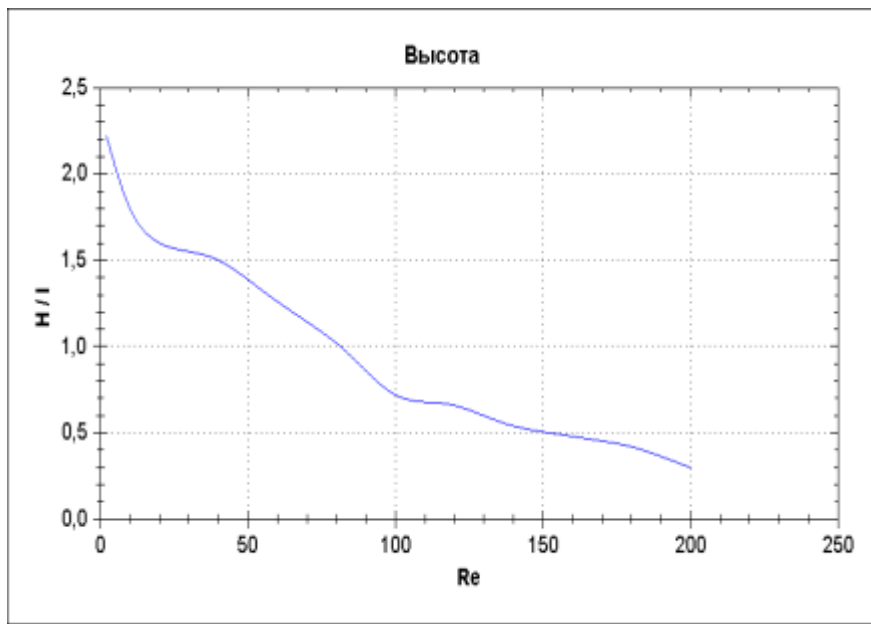


Рис.6

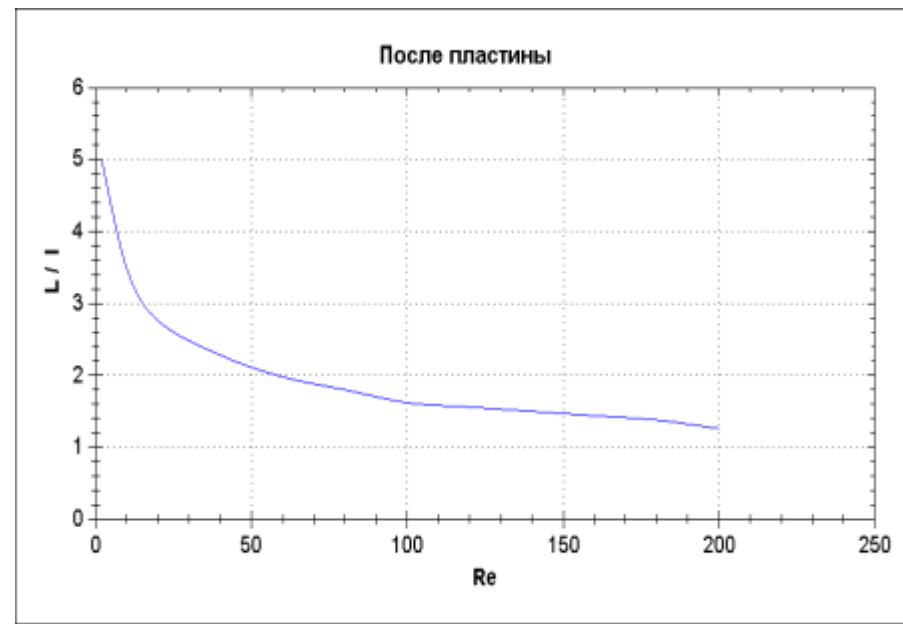
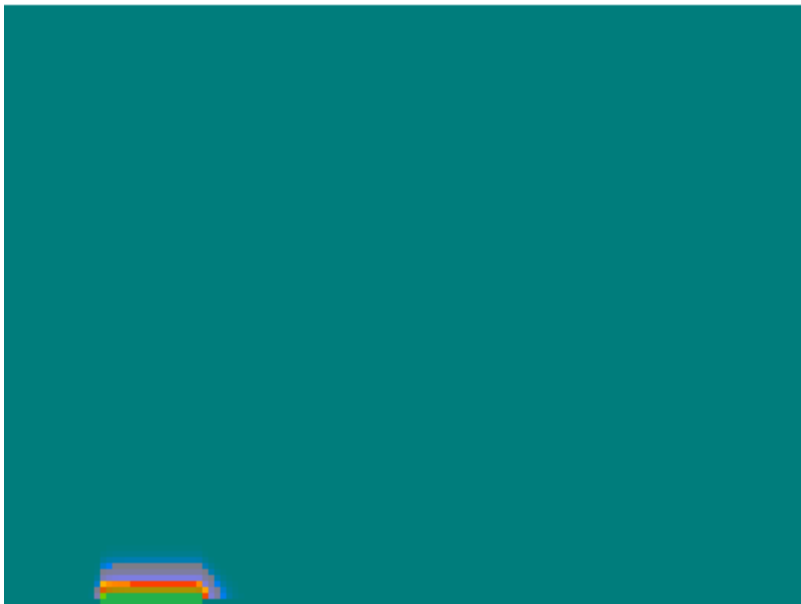
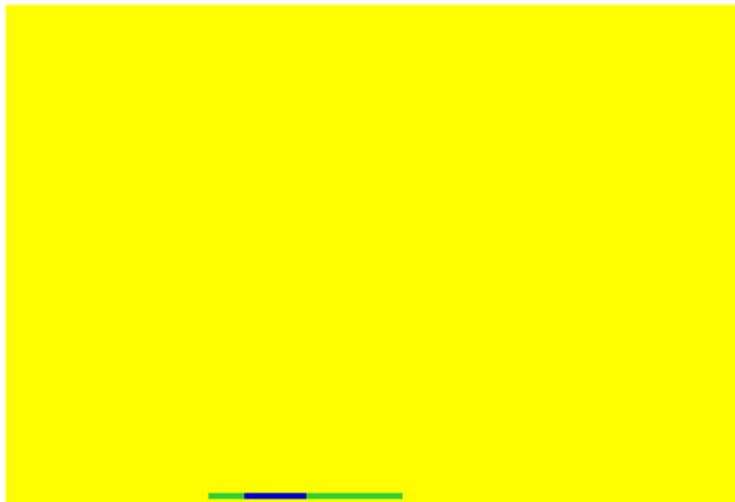


Рис.7



Аним.1



Аним.2

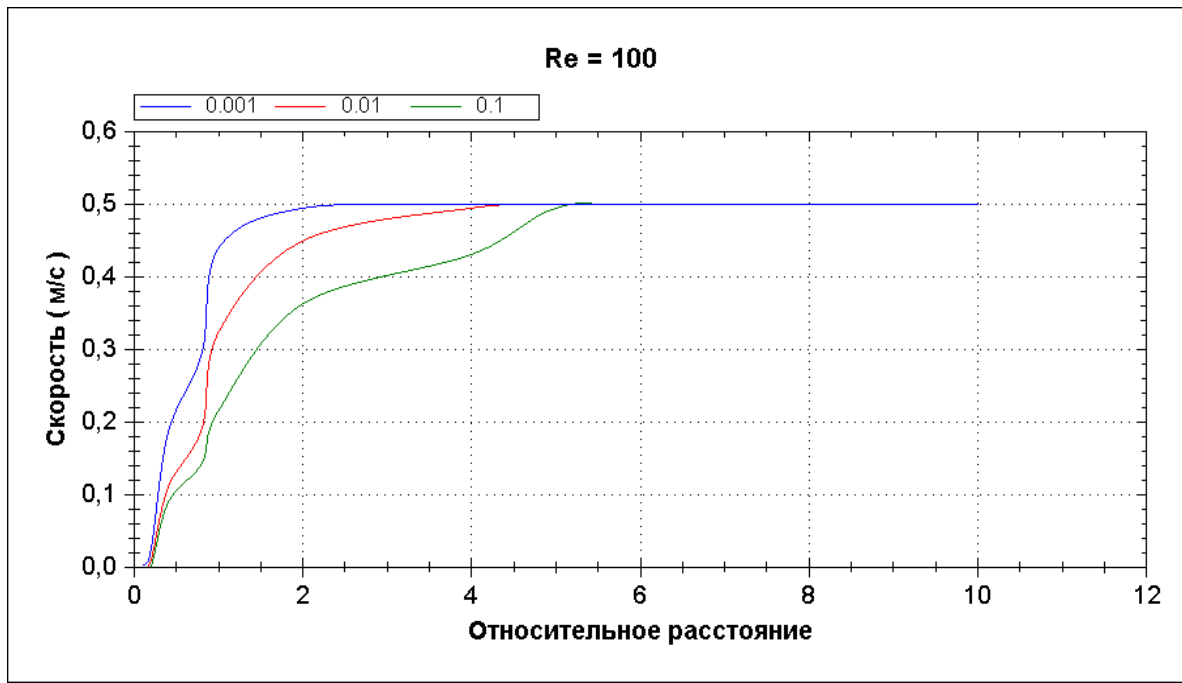


Рис.10

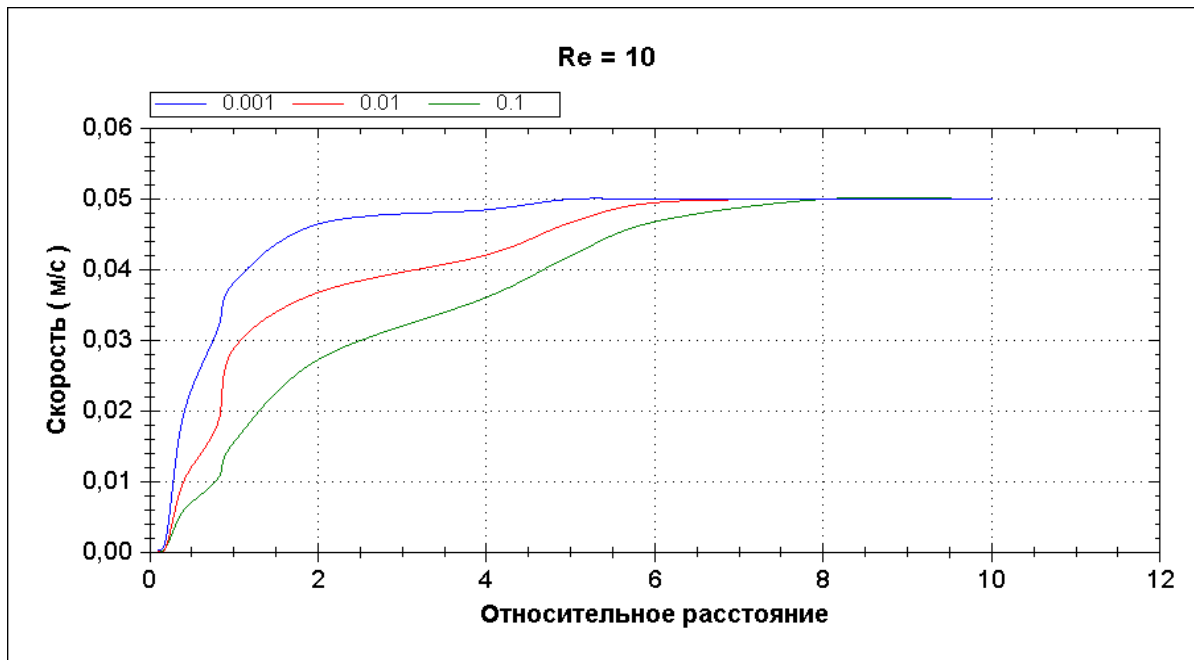


Рис.11

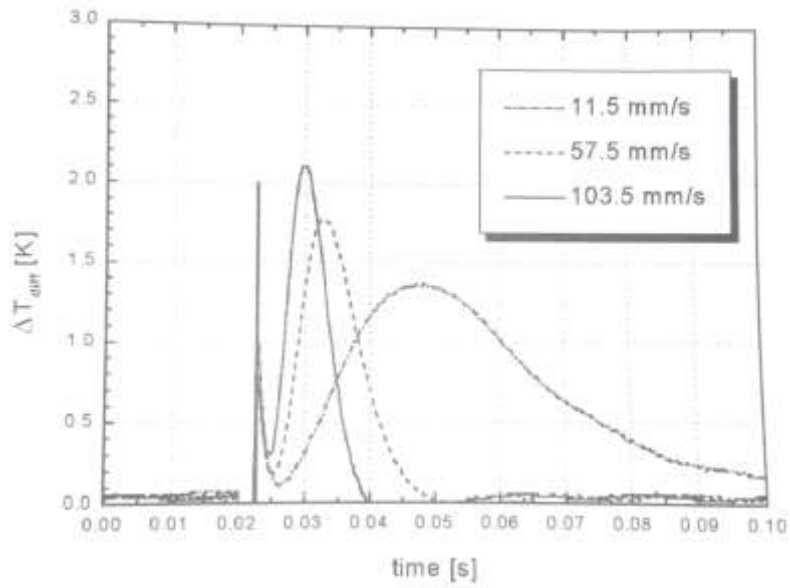


Рис.12

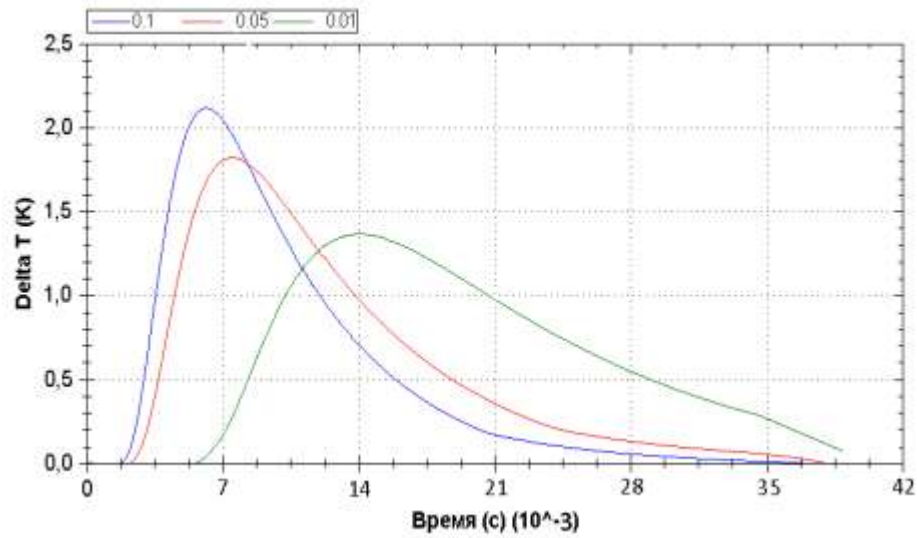


Рис.13