

Отчет

Исследование задачи об обтекании кругового цилиндра

Постановка задачи

Движение жидкости описывается нестационарным уравнением Навье-Стокса

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \nabla u = -\nabla p + \frac{1}{Re} \Delta u, \nabla u = 0, Re = \frac{UR}{\nu}$$

С граничными условиями

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 = 1: u_x = 0, u_y = 0, u_z = 0; \\ x \rightarrow \infty, y \rightarrow \infty: u_x = 1, u_y = 0, u_z = 0; \end{aligned}$$

И начальными условиями

$$t = 0: u_x = 1, u_y = 0, u_z = 0;$$

Кинематическую вязкость будем изменять так, чтобы получить желаемое число Рейнольдса

$$\nu = \frac{2}{Re} \text{ м}^2/\text{с}$$

Построение расчетной сетки

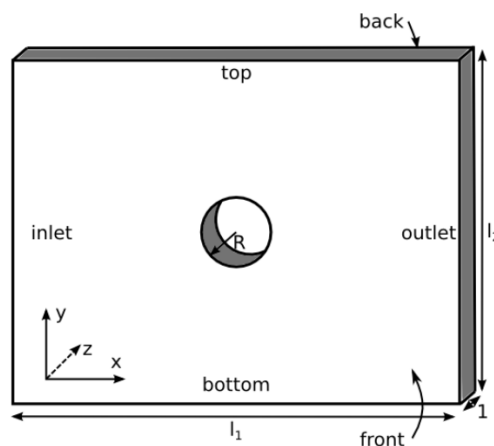


Рис.1 Расчетная область



55	39	40	41	42	43	51	15	16	17	18	19		
54	34	35	46	36	37	38	50	10	11	22	12	13	14
	44		47					20		23			
53	29	30	45	31	32	33	49	5	6	21	7	8	9
52	24	25	26	27	28		48	0	1	2	3	4	

Рис.2 Блочная структура сетки

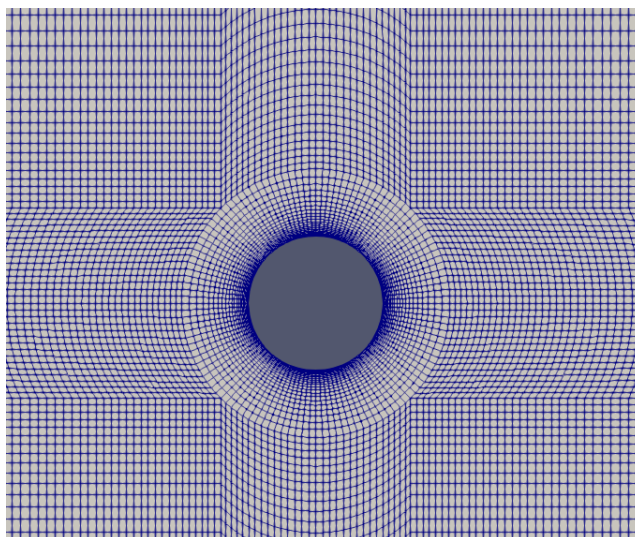


Рис.3 Структура сетки в окрестности цилиндра

Сетка:

$$(x_{min}, x_{max}) = (-24, 28)$$

$$(y_{min}, y_{max}) = (-40, 40)$$

Cells: 34320

Рисунки

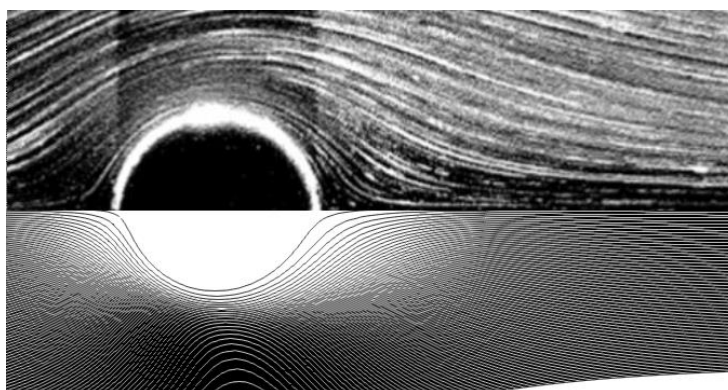


Рис.4

Стационарный безотрывной режим обтекания кругового цилиндра при $Re = 1.6$. Эксперимент и численное моделирование

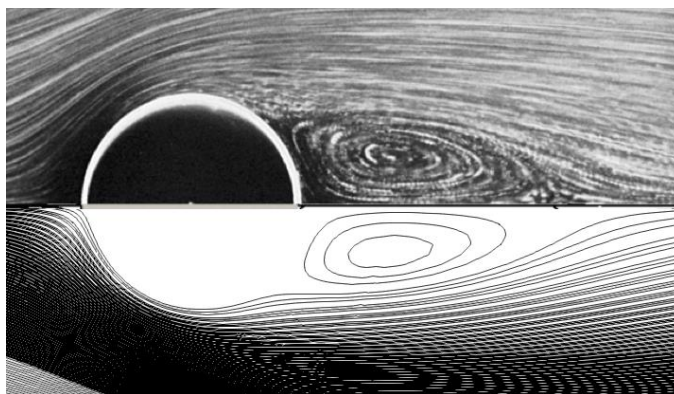


Рис.5

Стационарный режим обтекания кругового цилиндра с формированием присоединенных вихрей при $Re = 26$. Эксперимент и численное моделирование

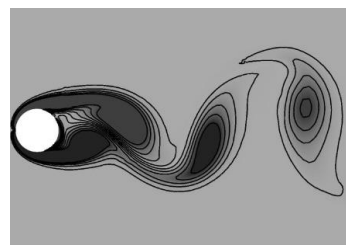
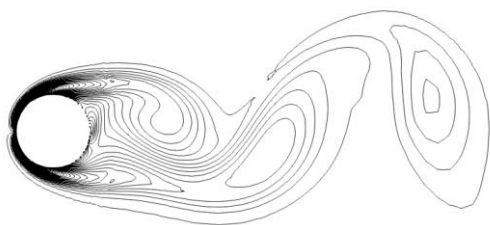


Рис.6

Установившийся периодический режим обтекания кругового цилиндра с формированием дорожки Кармана при $Re = 140$.

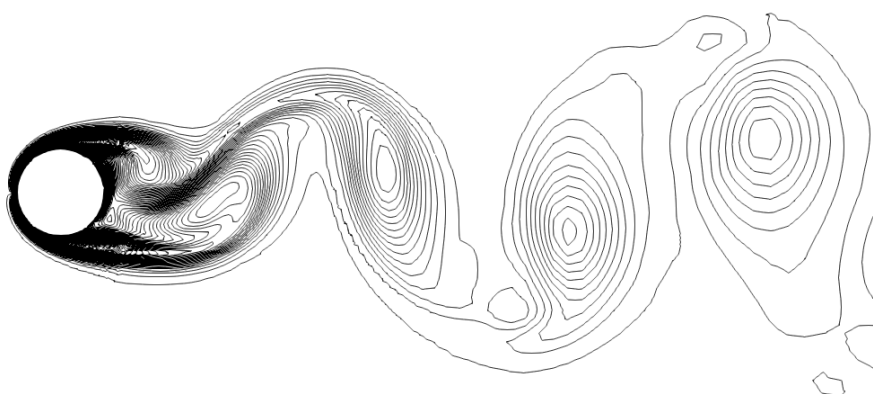


Рис. 7

Установившийся периодический режим обтекания кругового цилиндра с формированием дорожки Кармана при $Re = 200$

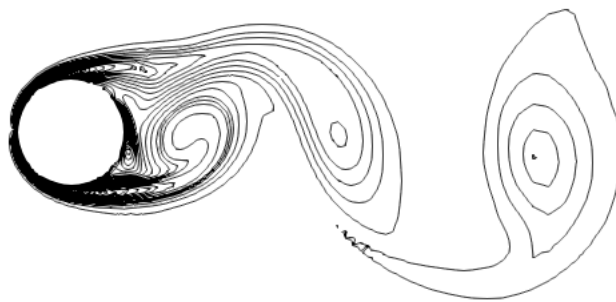


Рис. 8

Установившийся периодический режим обтекания кругового цилиндра с формированием дорожки Кармана при $Re = 300$

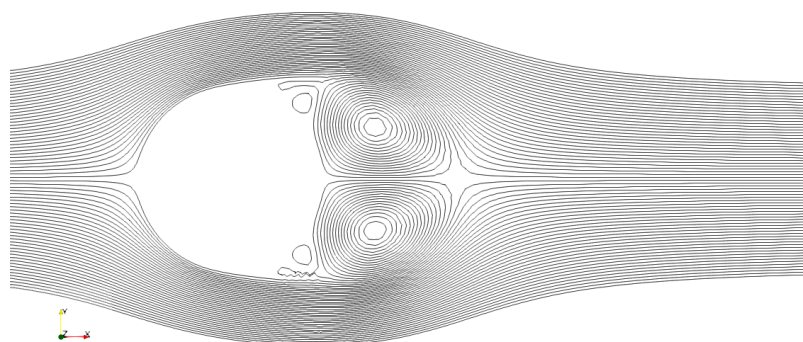


Рис. 9

Формирование вихрей за цилиндром после мгновенного старта при $Re = 3000$ в момент времени $t = 5$

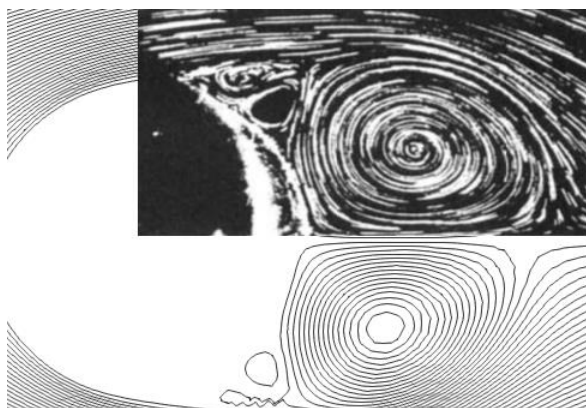


Рис.10

Формирование вихрей за цилиндром после мгновенного старта при $Re=3000$ в момент времени $t=5$. Сравнение результатов эксперимента [Bouard & Coutanceau 1980] и результатов численного моделирования

Интегральные характеристики

Коэффициент сопротивления C_D

$$C_D = \frac{F_x}{U^2 2RL\rho/2}$$

Коэффициент подъемной силы

$$C_L = \frac{F_y}{U^2 2RL\rho/2}$$

Число Струхаля St

$$St = \frac{f_1 2R}{U}$$

Среднее квадратическое значение коэффициента подъёмной силы C_L^{RMS}

$$C_L^{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} (C_L(t))^2 dt}$$

Значения характеристик представлены в таблице

Re	0.1	1	10	26	40	100	140	200	300	600
C_D	70	12	2.9	1.9	1.5	1.34	1.33	1.334	1.26	1.19
C_L^{RMS}	0	0	0	0	0	0.3	0.34	0.47		
St	—	—	—	—	—	1.6	1.7	0.2		