

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого
Высшая школа теоретической механики и математической физики,
Физико-механический институт

Отчет по лабораторной работе №4
тема «Дорожка Кармана»
дисциплина «Гидродинамика»
Вариант 0.

Выполнил студент гр. 5030103/00301

Качевская О.А.

Преподаватель:

Левченя А.М.

Содержание

1. Постановка задачи.....	3
2. Ход работы.....	14
3. Результаты.....	14

1. Постановка задачи.

Необходимо выполнить расчет стационарного ламинарного обтекания круглого цилиндра потоками вязкой жидкости.

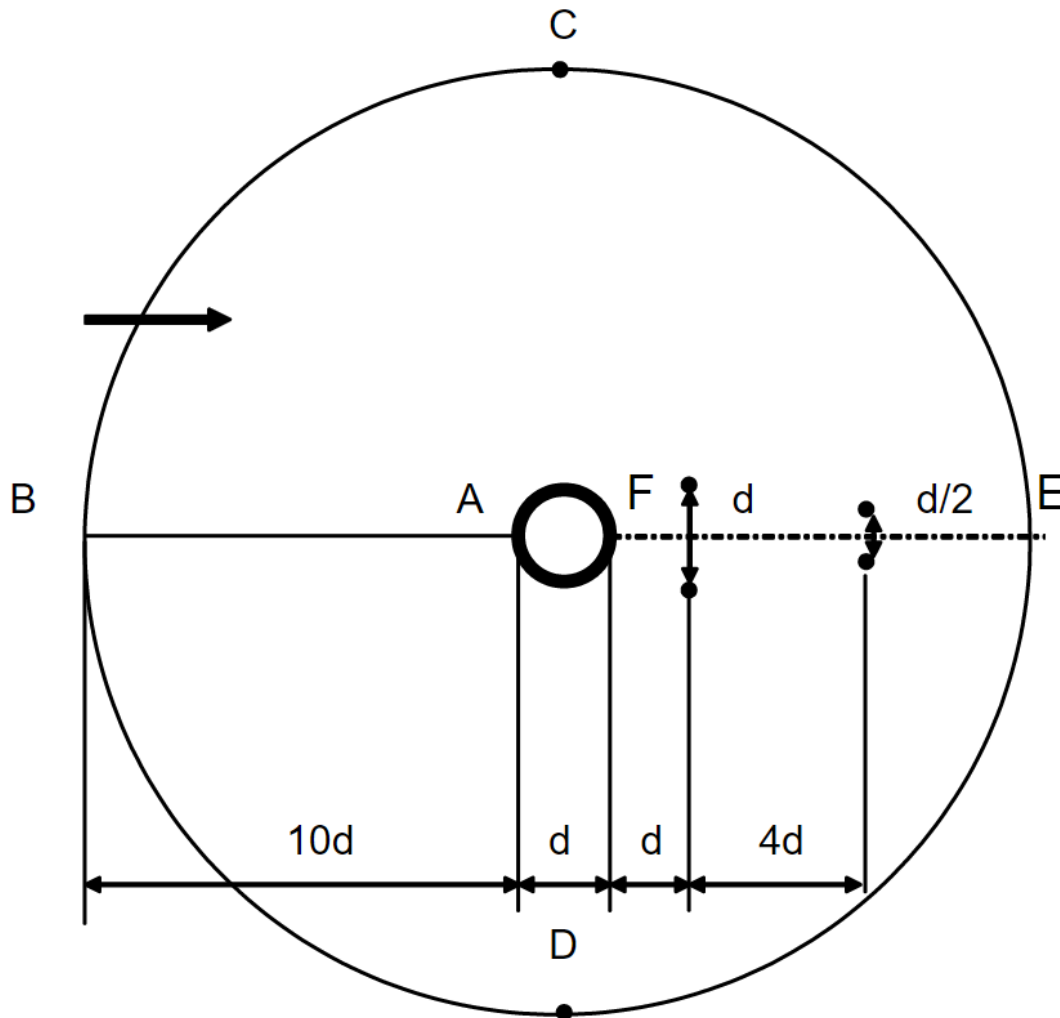


Рис. 1. Расчетная область для исследования.

Для расчетов выберем следующие число Рейнольдса: $Re = 120$.

Построить расчетную область ABCDE согласно рис.1. Диаметр цилиндра $d = 1$ м. Внешняя граница BCD расчетной области отнесена достаточно далеко - на $10d$ от поверхности цилиндра.

2. Ход работы.

Для начала создадим геометрию. Дуги рекомендуется создавать инструментом Arc By 3 Points. Дугу BD следует разделить пополам инструментом Concept / Split Edges. Область состоит из двух топологических блоков ABEF и FEBA. Полная область строится отражением исходной (Create / Body Transformation / Mirror... ZX Plane). Два блока (Surface Bodies) следует объединить в общую деталь (Parts&Bodies / Form New Part).

Псевдоструктурированная сетка строится с опцией Face Meshing. Распределения узлов и названия регионов сетки, соответствующие граничным условиям, рекомендуются следующие:

- a. Поверхность цилиндра AE – 120 ячеек равномерно, прилипание (регион wall);
- b. Линии AB и ED – 80 ячеек, сгущение $\times 1.05$ к цилиндру, условие симметрии (symmetry);
- c. Линии BC (условие входа, inlet) и CD (выход, outlet) – 60 ячеек равномерно.

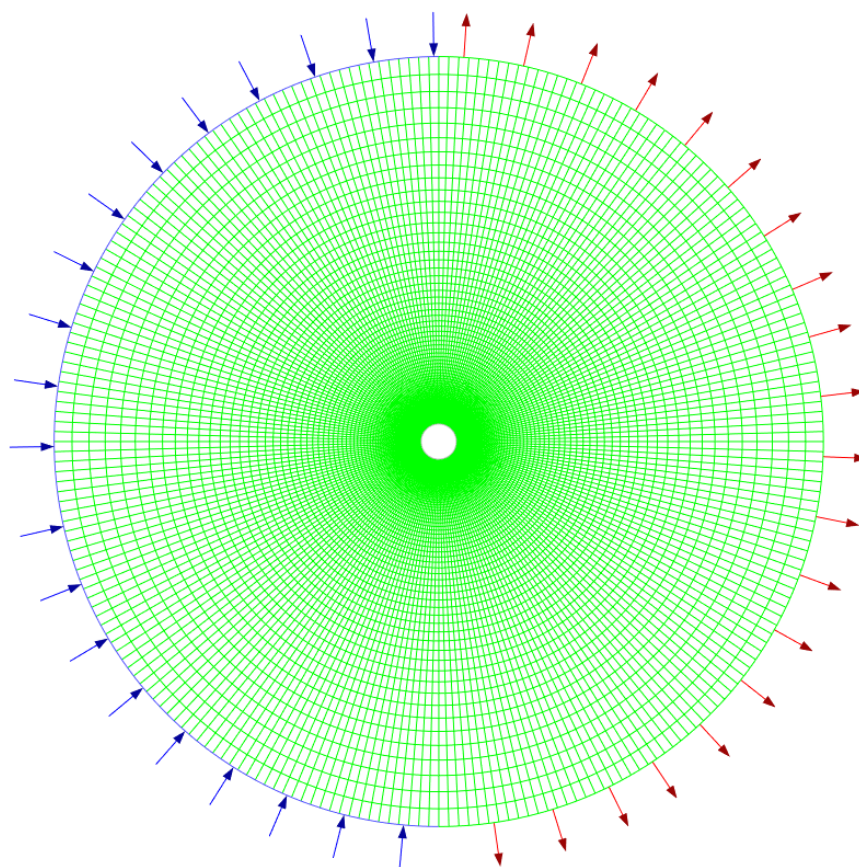


Рис. 2. Сетка для расчетной области.

Работа производится в модуле Fluent. Для моделирования ламинарной жидкости требуется выставить параметры в Models – Viscous – Laminar. Поскольку жидкость несжимаемая, то $\rho = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \text{const}$. Динамический коэффициент вязкости μ можно получить из формулы для числа Рейнольдса:

$$\mu = \frac{\rho U d}{Re}.$$

Поскольку в нашей постановке задачи меняется число Рейнольдса Re , то именно эту настройку мы будем изменять для различных вариантов. Скорость $U = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $d = 1 \text{ м}$.

При запуске первого расчета в некоторой геометрии нужно стартовать с начальных полей Initialize – Standard с заданным полем горизонтальных скоростей 1 м/с.

Опционально: рекомендуется отключить контроль сходимости Monitors – Residuals – Show Advanced Options – Convergence Check – none.

3. Результаты.

Оценим период колебаний

$$S = \frac{nD}{V} = 0.2175 - \frac{5.1064}{Re} = 0.174947$$

$$T = \frac{1}{n} = 5.71602$$

$$\Delta t = \frac{T}{15} = 0.38$$

Во Fluent будем задавать шаг по времени, указанный выше, но далее в отчете будем писать его $\Delta t = 0.38$ для экономии места.

Проанализируем поле скоростей. Рассмотрим результаты в двух точках: выше и ниже по потоку. В качестве выходного параметра будем рассматривать скорость.

Шаг по времени	Первая точка	Вторая точка
$\Delta t = 0.38$	5.6156	5.6209
$\Delta t = 0.19$	4.7497	4.7497

И рассмотрим графики развития вертикальной скорости в некоторых точках за цилиндром. В качестве первой точки возьмем точку с координатами (1.5, 0.5), а в качестве второй – (5.5, 0.25).

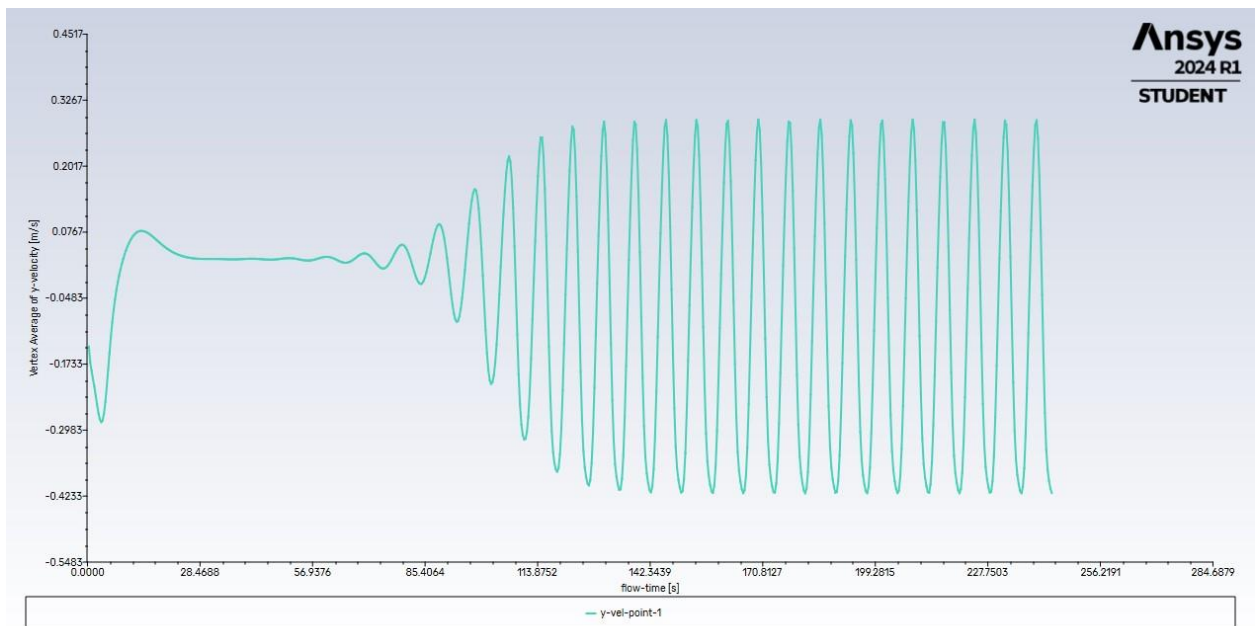


Рис. 3. Средняя вертикальная скорость по ячейке сетки в точке 1 при $Re = 120$ для $\Delta t = 0.38$ в промежутке 0–175 секунд и для $\Delta t = 0.19$ в промежутке 175–260 секунд.

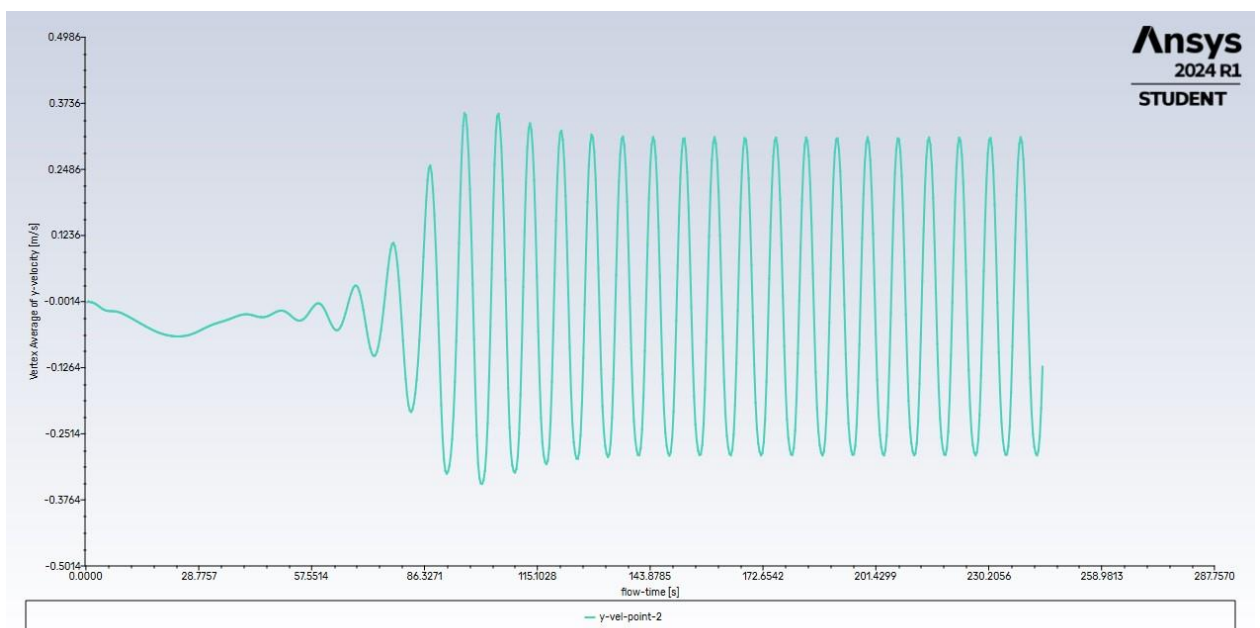


Рис. 4. Средняя вертикальная скорость по ячейке сетки в точке 2 при $Re = 120$ для $\Delta t = 0.38$ в промежутке 0–175 секунд и для $\Delta t = 0.19$ в промежутке 175–260 секунд.

Отметим, что в первые 60 секунд и в промежутке 175–200 секунд течение только устанавливается, поэтому данные промежутки не так интересны. В остальных промежутках можно видеть установившиеся колебания. В таблице выше были приведены периоды при различном шаге по времени. Как можно заметить невооруженным глазом, расхождение с теорией довольно большое, но при уменьшении шага по времени период становится ближе к теоретическому значению, хотя расхождение все еще в пределах 10%. Можно предположить, что это связано с достаточно близким к границе рекомендованного диапазона чисел Рейнольдса, поэтому ошибка такая большая.

Помимо этого, проанализируем коэффициенты сопротивления и подъемной силы. Для выбранного числа Рейнольдса значение коэффициента сопротивления на поверхности цилиндра составляет примерно $C_d = 0.85$. На практике во Fluent получились следующие значения:

Шаг по времени	C_d
$\Delta t = 0.34$	0.76
$\Delta t = 0.17$	0.82

И рассмотрим график развития этого коэффициента во времени.

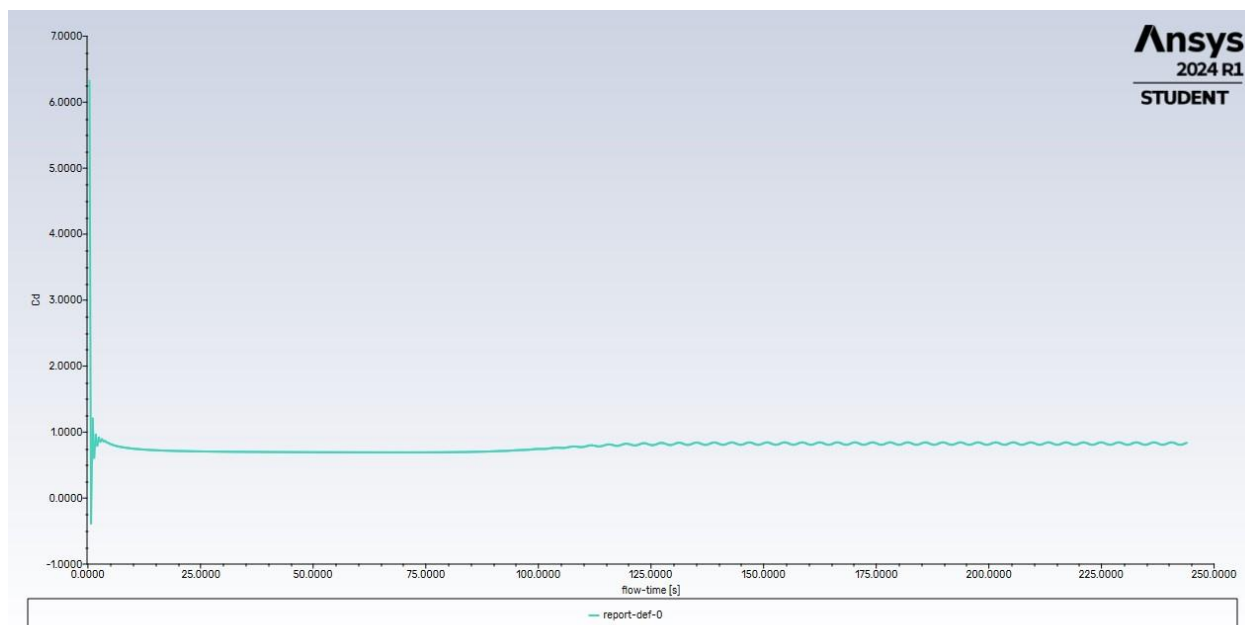


Рис. 5. Коэффициент сопротивления при $Re = 120$ для $\Delta t = 0.38$ в промежутке 0–175 секунд и для $\Delta t = 0.19$ в промежутке 175–260 секунд.

Из таблицы выше видно, что при более мелком шаге по времени коэффициент сопротивления ближе к теоретическому значению. Так же по выгруженным данным можно видеть, что совершаются слабые колебания данной величины.

Определим период колебаний для каждого промежутка:

Шаг по времени	T_{Cd}
$\Delta t = 0.34$	2.3126
$\Delta t = 0.17$	1.8743

Период колебаний коэффициента сопротивления вышел примерно в 2 раза меньше, видимо, из-за того, что вихри сходят то сверху, то снизу, поэтому частота изменения коэффициента сопротивления больше, а период – меньше. Перейдем к коэффициенту подъемной силы. Для начала рассмотрим его эволюцию:

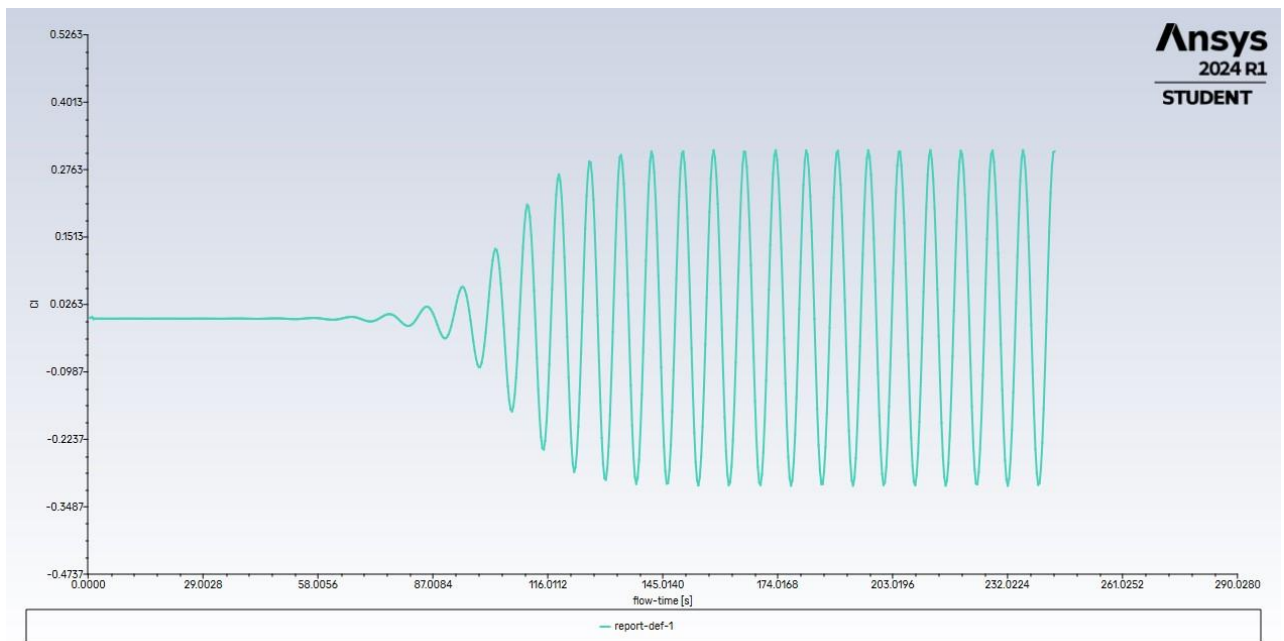


Рис. 6. Коэффициент подъемной силы при $Re = 120$ для $\Delta t = 0.38$ в промежутке 0–175 секунд и для $\Delta t = 0.19$ в промежутке 175–260 секунд.

Сравним поля давления при $C_L = 0$ и $C_L = \max C_L$

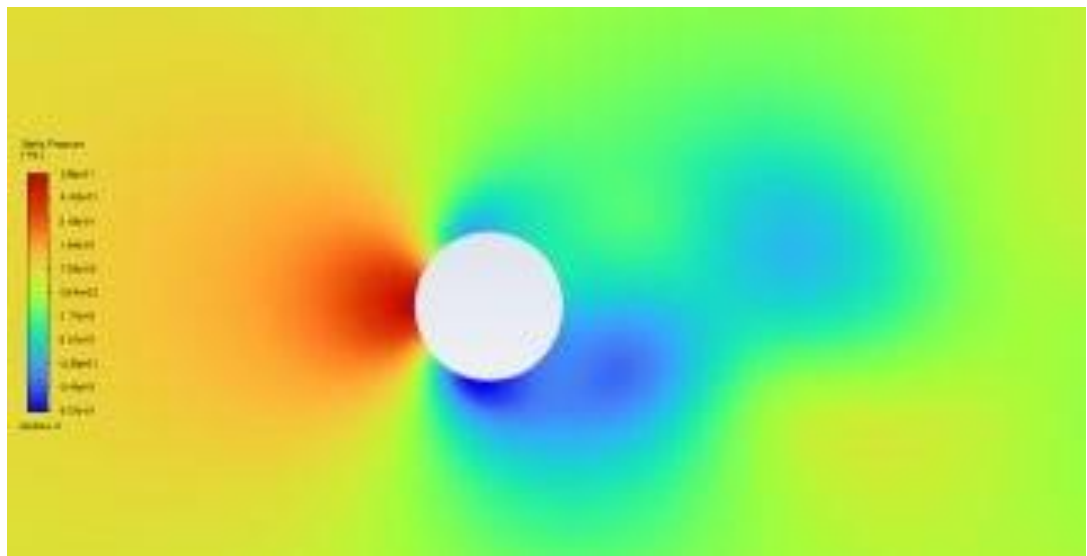


Рис. 7. Поле давлений около цилиндра при $C_L = 0$

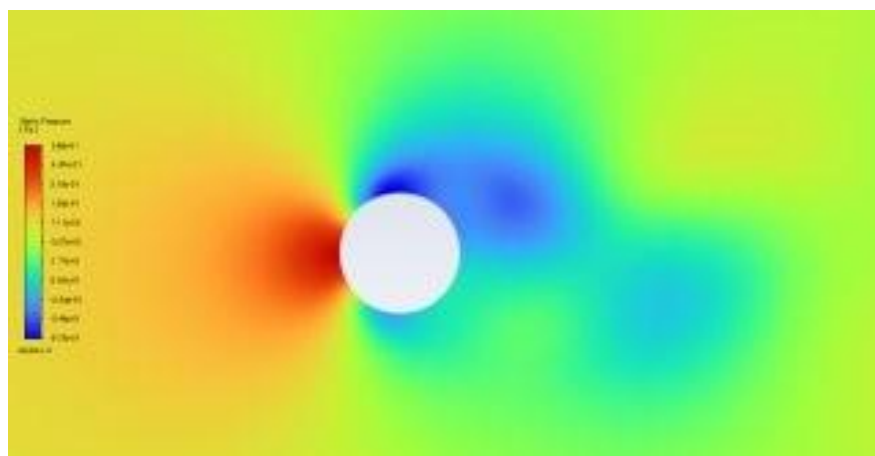


Рис. 8. Поле давлений около цилиндра при $C_L = \max C_L$

Из рисунка 8 видно, что при $C_L = \max C_L$, зона пониженного давления находится сверху, при этом $C_L = 0$ поле давления около цилиндра более менее симметрична.

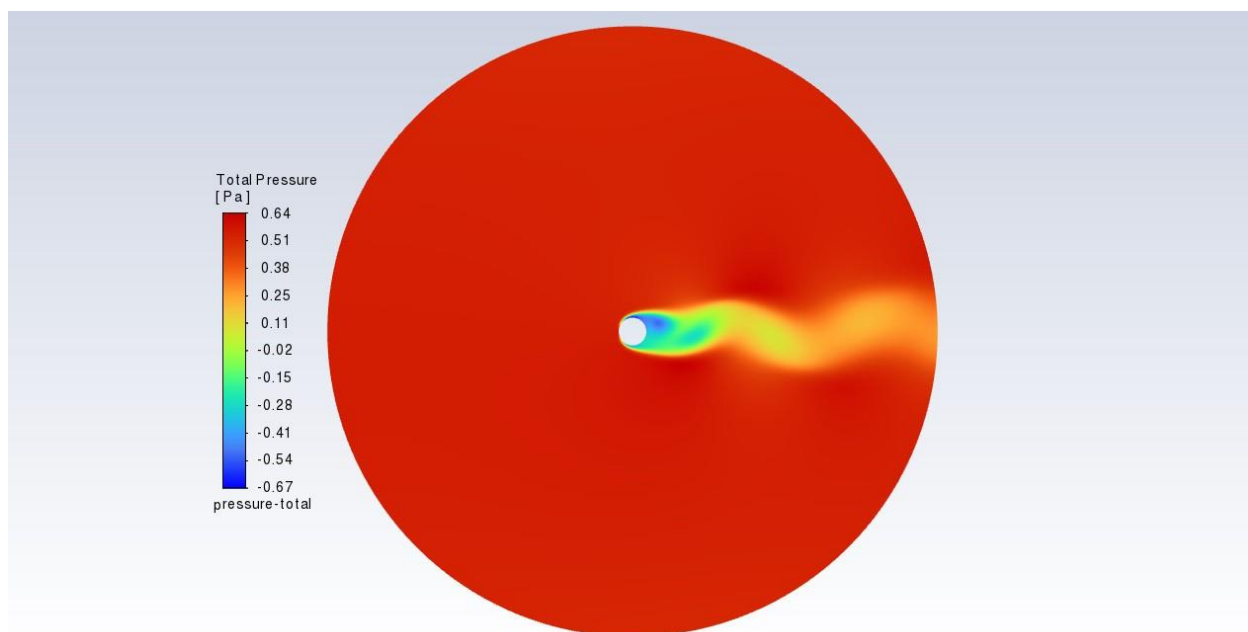


Рис. 9. Осредненное поле давлений около цилиндра

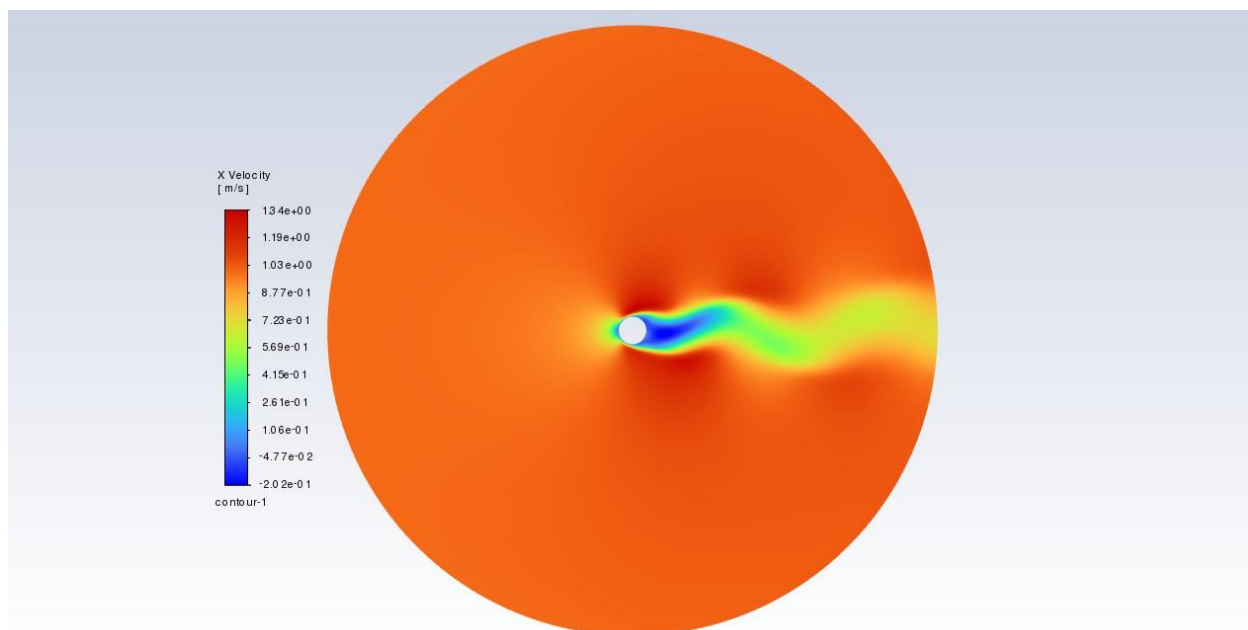


Рис. 10. Осредненное значение горизонтальной скорости около цилиндра

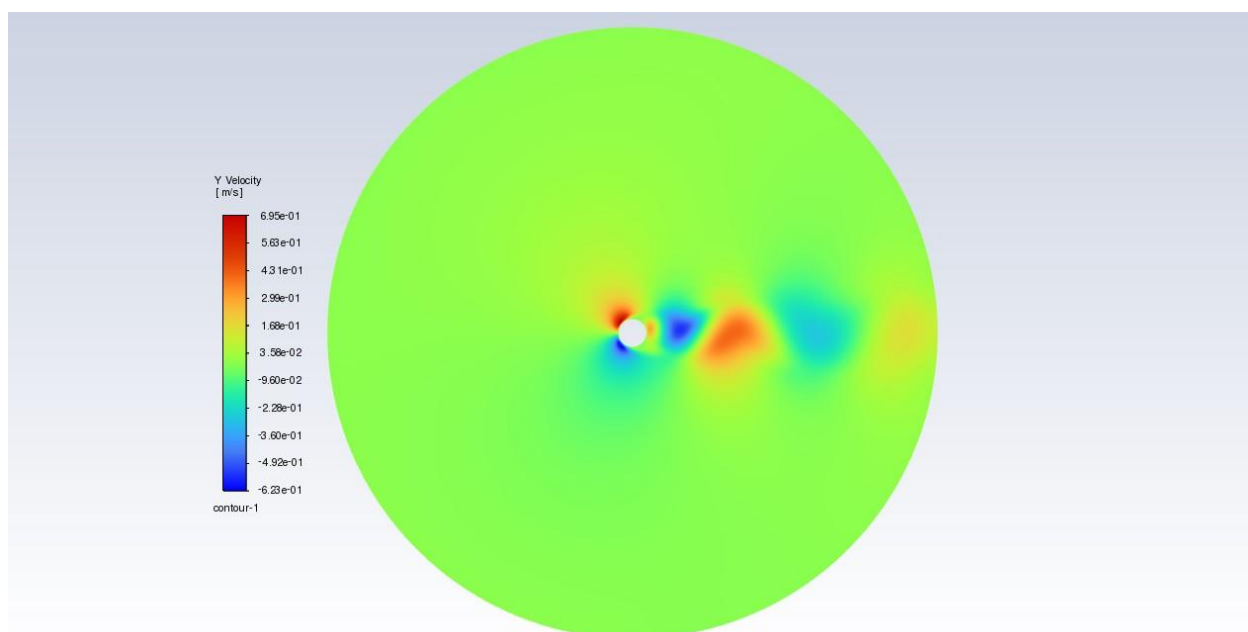


Рис. 11. Осредненное значение вертикальной скорости около цилиндра

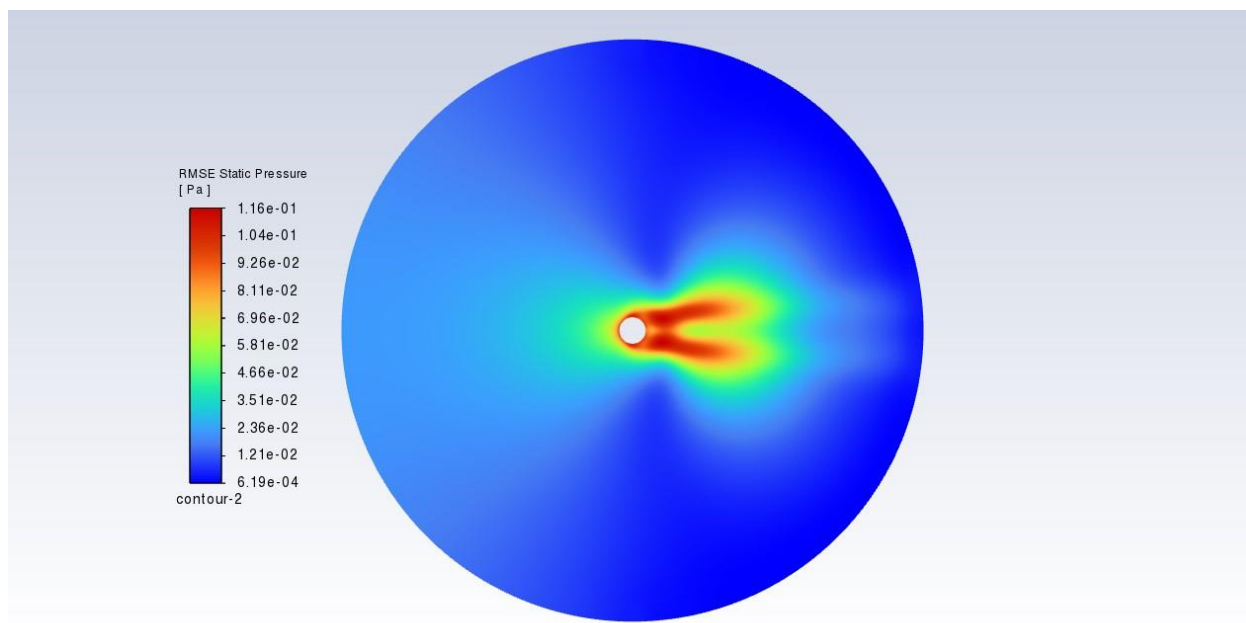


Рис. 12. Распределение пульсации давления около цилиндра

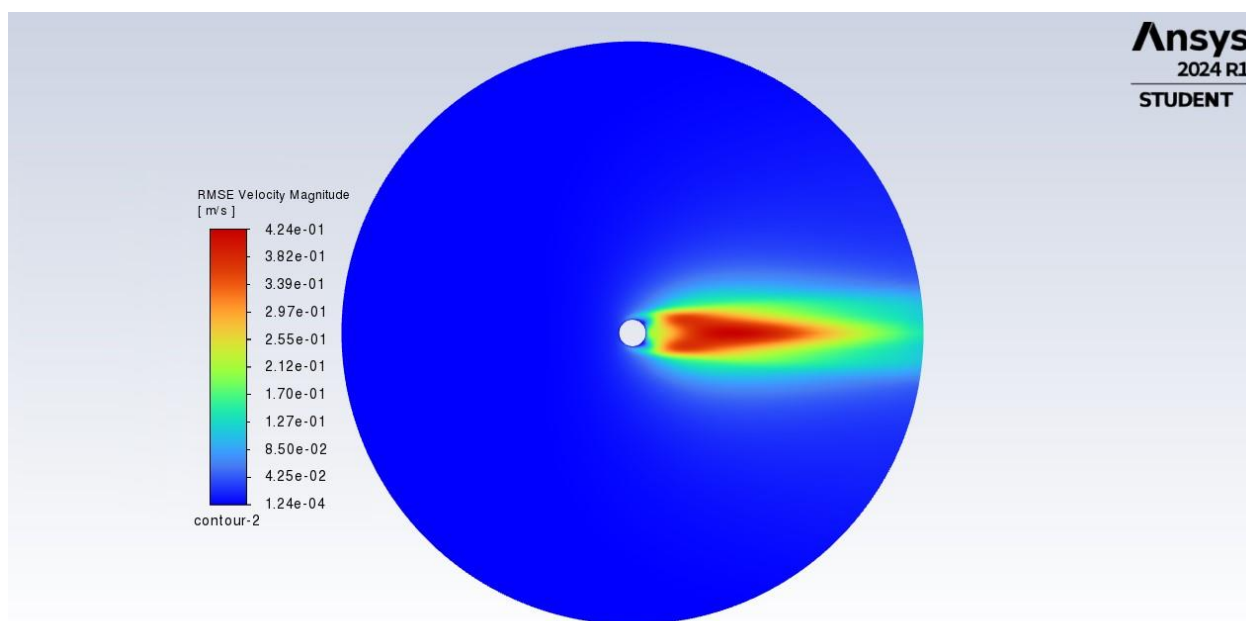


Рис. 13. Распределение пульсации скорости около цилиндра

Total Pressure
[Pa]

3.21
2.71
2.21
1.72
1.22
0.73
0.23
-0.27
-0.76
-1.26
-1.76

pressure-total

