

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого

Физико-механический институт

Высшая школа прикладной математики и вычислительной физики

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

по дисциплине
"Механика жидкости и газа"

Выполнил студент
Группы 5030102/90101

Можаев А.А.

Руководитель:

Синицина Д.Э.

Санкт-Петербург
2022 г.

Содержание

1. Постановка задачи	4
2. Методические указания	4
2.1. Схема	4
2.2. Начальные и граничные условия	4
2.3. Сетка	5
2.4. Решение	5
3. Постпроцессинг	6
3.1. Эволюция вектора скорости и давления	6
3.2. Поля параметров в различные моменты времени	8
3.2.1. Первый момент времени	8
3.2.2. Второй момент времени	9
3.2.3. Третий момент времени	10
3.2.4. Четвертый момент времени	11
3.3. Число Струхала	11

Список иллюстраций

1	Расчетная область О-топологии для расчета нестационарного обтекания цилиндра	4
2	Расчетная сетка для расчета нестационарного обтекания цилиндра	5
3	Эволюция во времени продольной и поперечной компонент вектора скорости и давления	5
4	Изменение во времени х-компоненты вектора скорости v_x	6
5	Изменение во времени у-компоненты вектора скорости v_y	7
6	Изменение во времени давления p	7
7	Первый момент	8
8	Второй момент	9
9	Третий момент	10
10	Четвертый момент	11
11	Зависимость числа Струхала от числа Рейнольдса	12

1. Постановка задачи

- Проанализировать эволюцию во времени продольной и поперечной компонент вектора скорости и давления в точках мониторинга.
- Для участка статистически установившегося режима течения на протяжении характерного периода T осуществить вывод полей физических величин в четыре момента времени $(t_0, t_0 + T/4, t_0 + T/2, t_0 + 3T/4)$. Сопоставить распределения векторов скорости, модуля скорости и давления для выбранных моментов времени.
- Сопоставить рассчитанное для статистически установившегося режима течения значение числа Струхала $Sh = L/TV$, с экспериментальным значением.

2. Методические указания

2.1. Схема

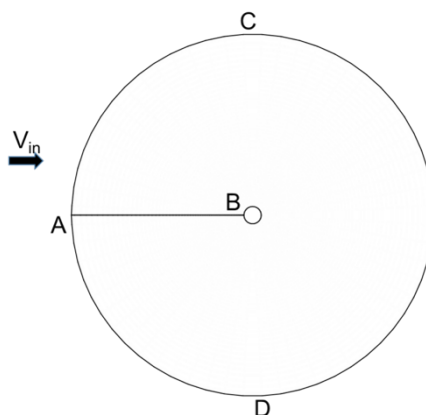


Рис. 1. Расчетная область О-топологии для расчета нестационарного обтекания цилиндра

Внутренняя окружность представляет собой поверхность обтекаемого цилиндра диаметром d , внешняя окружность – граница расчетной области диаметром $10d$.

2.2. Начальные и граничные условия

На входе (дуги AC и AD) задается равномерный профиль скорости $v_x = 1$. На границе CD задается постоянное нормированное давление $P = 0$. Контур цилиндра – твердая стенка. АВ – линия стыковки. (значения на границах, отмеченных как 1 и 3, должны совпадать.)

2.3. Сетка

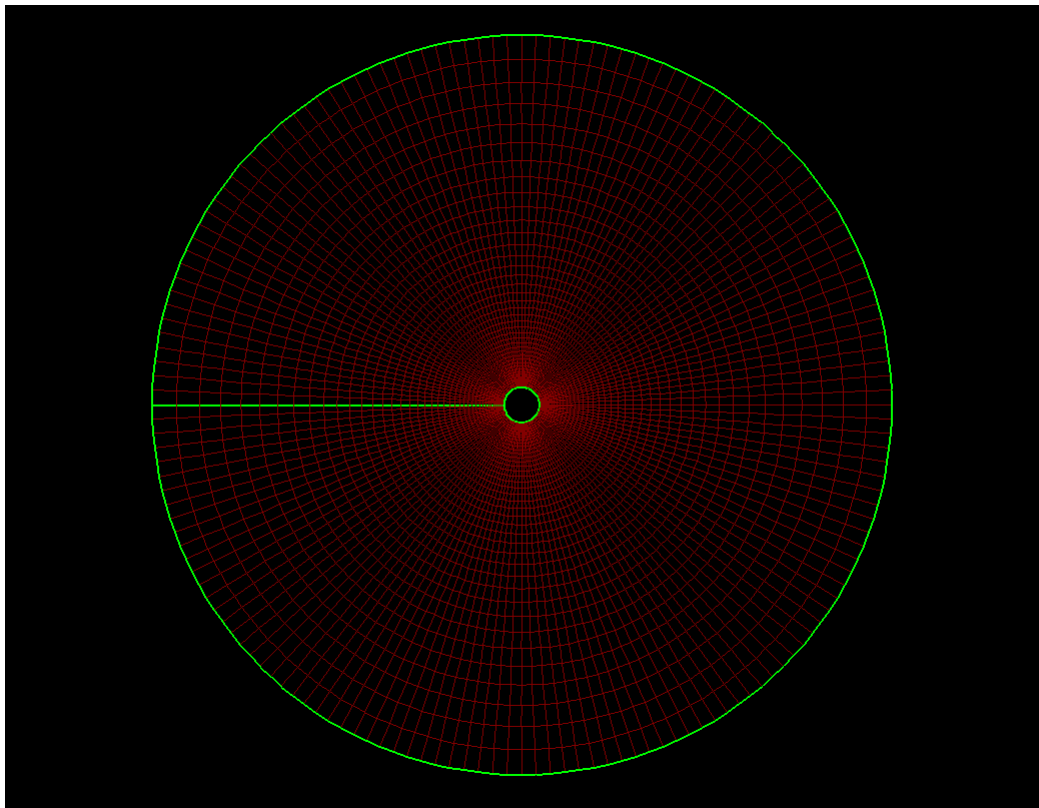


Рис. 2. Расчетная сетка для расчета нестационарного обтекания цилиндра

2.4. Решение

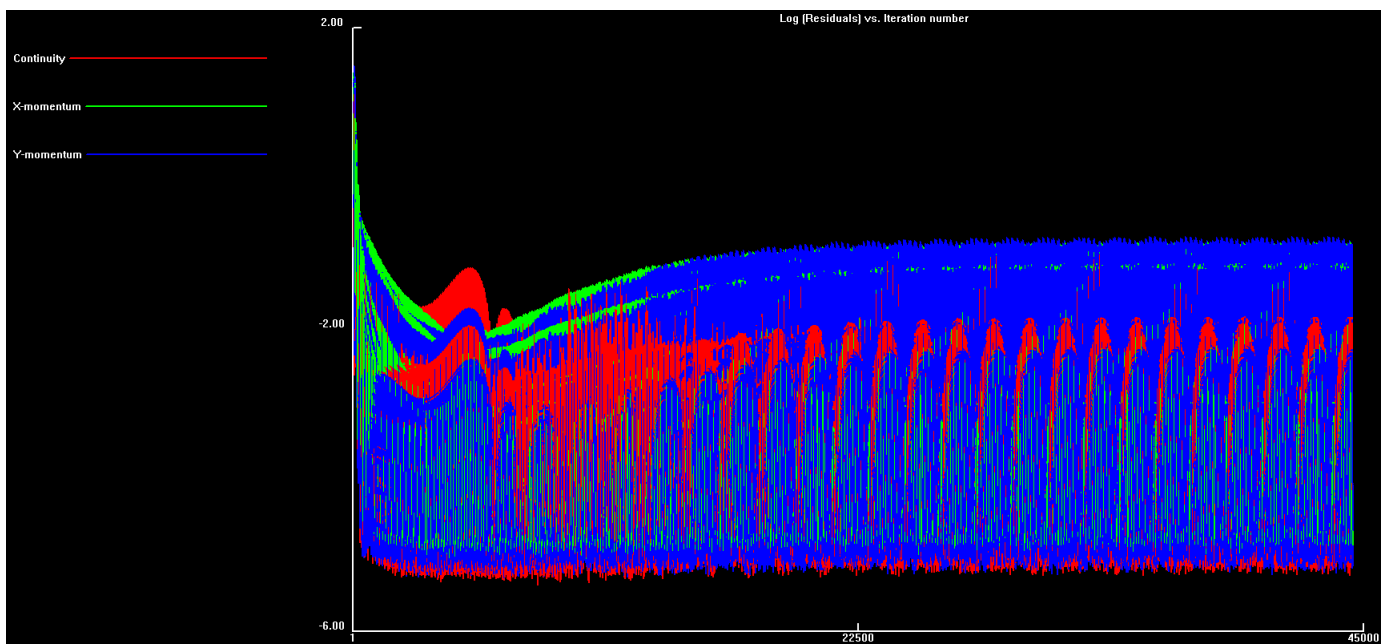


Рис. 3. Эволюция во времени продольной и поперечной компонент вектора скорости и давления

На графике 3 показана зависимость невязки (расхождения) уравнений Навье-Стокса, уравнения неразрывности и уравнения энергии от числа итерации. Задача сразу решается как нестационарная.

ционарная. Это сделано потому, что при исследуемом числе Рейнольдса ($Re=80$) не возникает достаточных возмущений для развития потока. Для внесения возмущений были добавлены следующие параметры:

$$U_{INIT} = 1$$

$$V_{INIT} = 0.1$$

Нестационарную задачу решаем до тех пор, пока не будет достигнут статистически установившийся режим течения.

3. Постпроцессинг

3.1. Эволюция вектора скорости и давления

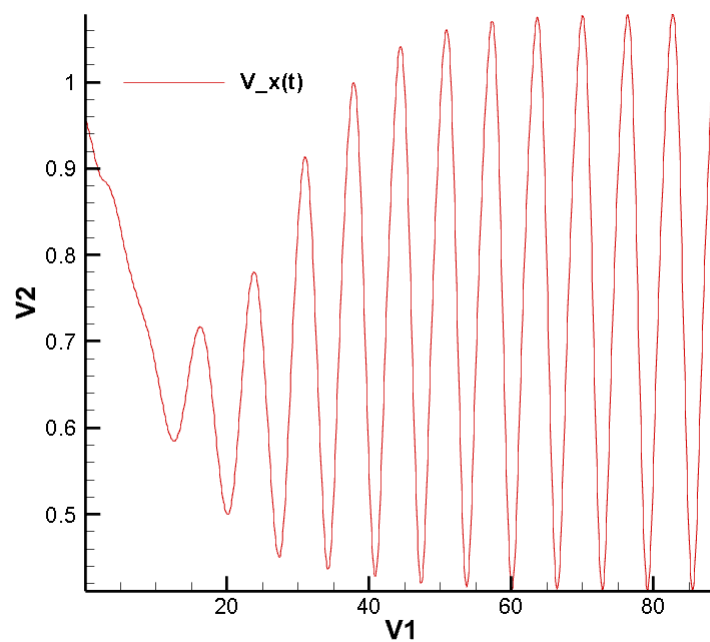


Рис. 4. Изменение во времени x-компоненты вектора скорости v_x

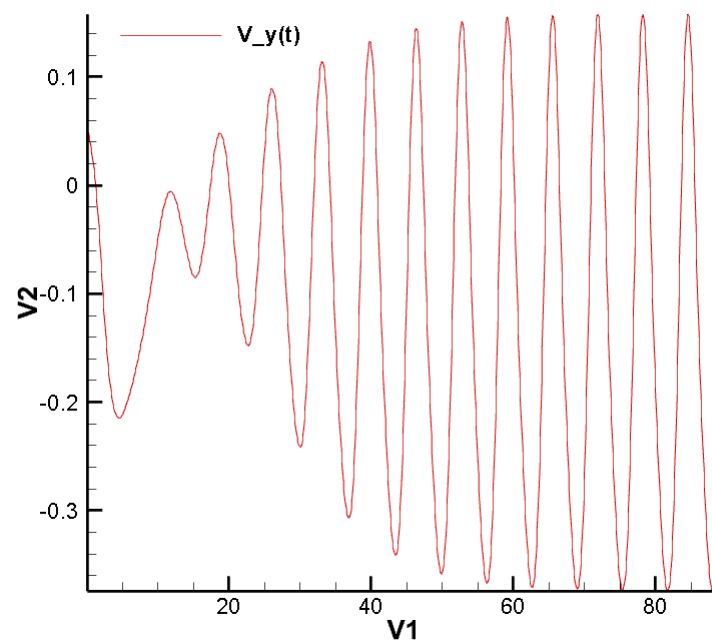


Рис. 5. Изменение во времени y -компоненты вектора скорости v_y

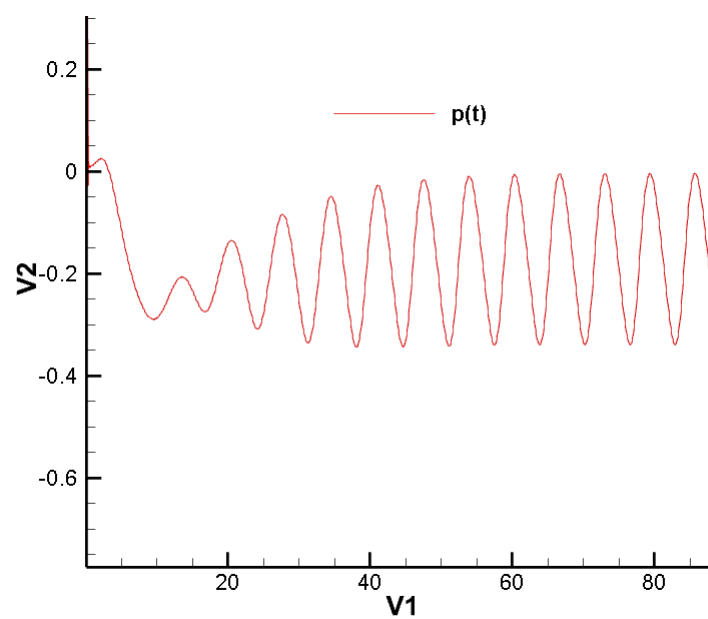


Рис. 6. Изменение во времени давления p

Из графиков следует, что достигнут статистически периодический установившийся режим.

3.2. Поля параметров в различные моменты времени

3.2.1. Первый момент времени

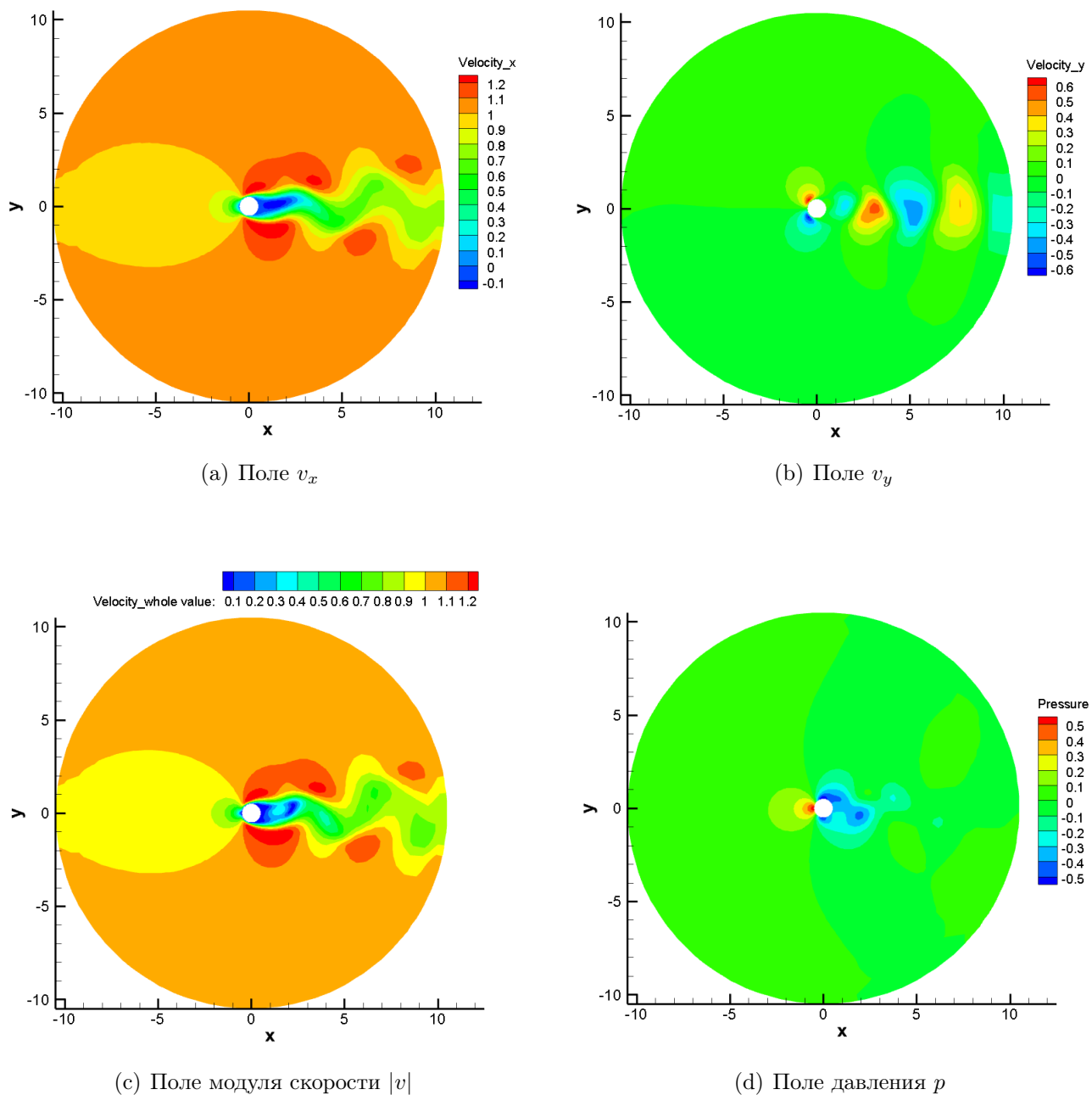
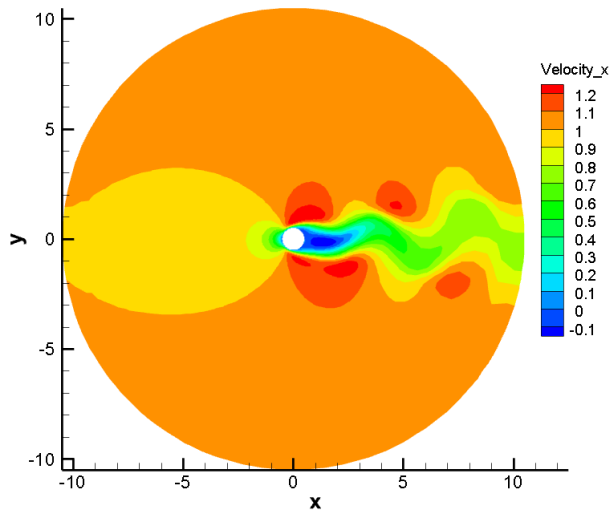


Рис. 7. Первый момент

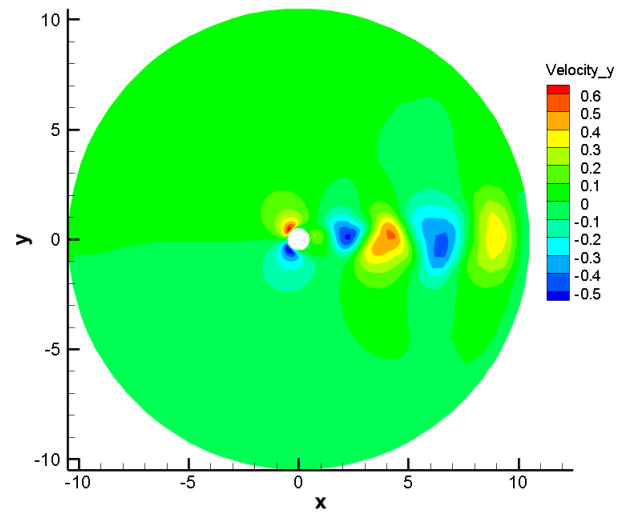
Из картин в первый момент времени следует, что перед цилиндром скорость уменьшается, а давление увеличивается. Также образующаяся за цилиндром дорожка по своему виду совпадает на всех графиках. За цилиндром образуются рециркуляционные зоны, что также можно видеть из (7(a)). Соответственно на (7(d)) этим зонам соответствует зоны пониженного давления.

В другие моменты времени также как в первой момент.

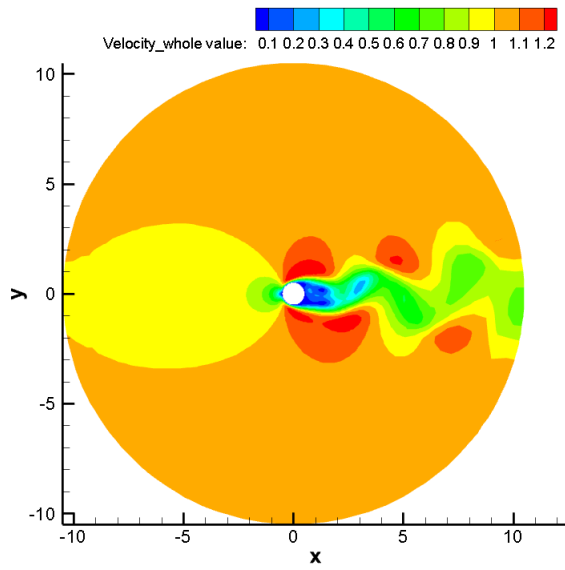
3.2.2. Второй момент времени



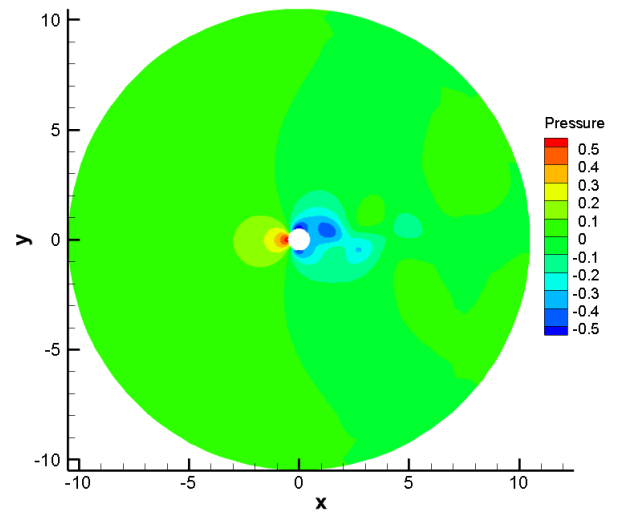
(a) Поле v_x



(b) Поле v_y



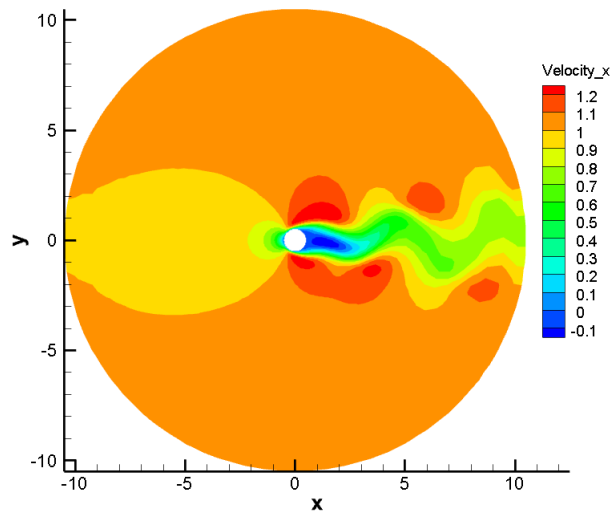
(c) Поле модуля скорости $|v|$



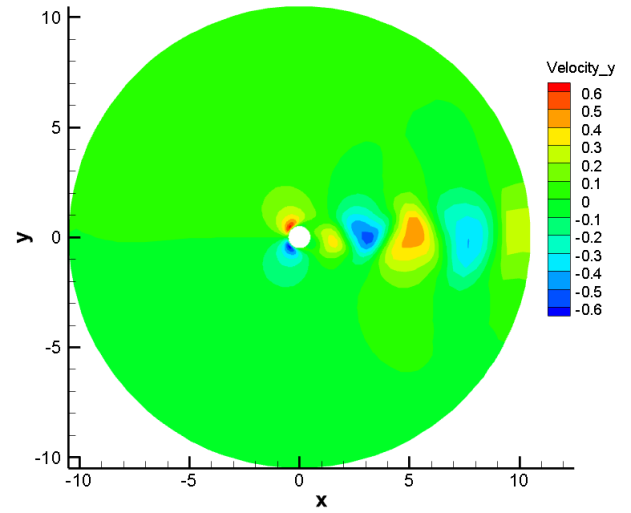
(d) Поле давления p

Рис. 8. Второй момент

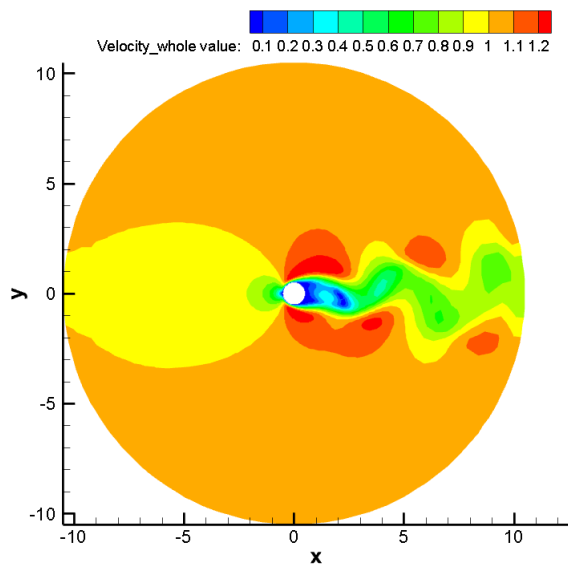
3.2.3. Третий момент времени



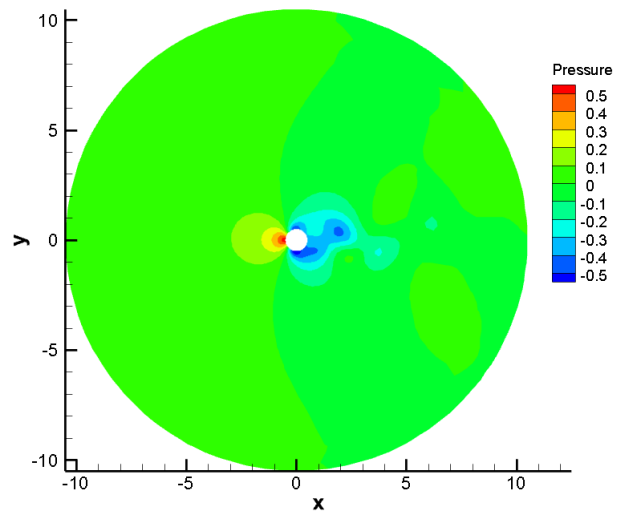
(a) Поле v_x



(b) Поле v_y



(c) Поле модуля скорости $|v|$



(d) Поле давления p

Рис. 9. Третий момент

3.2.4. Четвертый момент времени

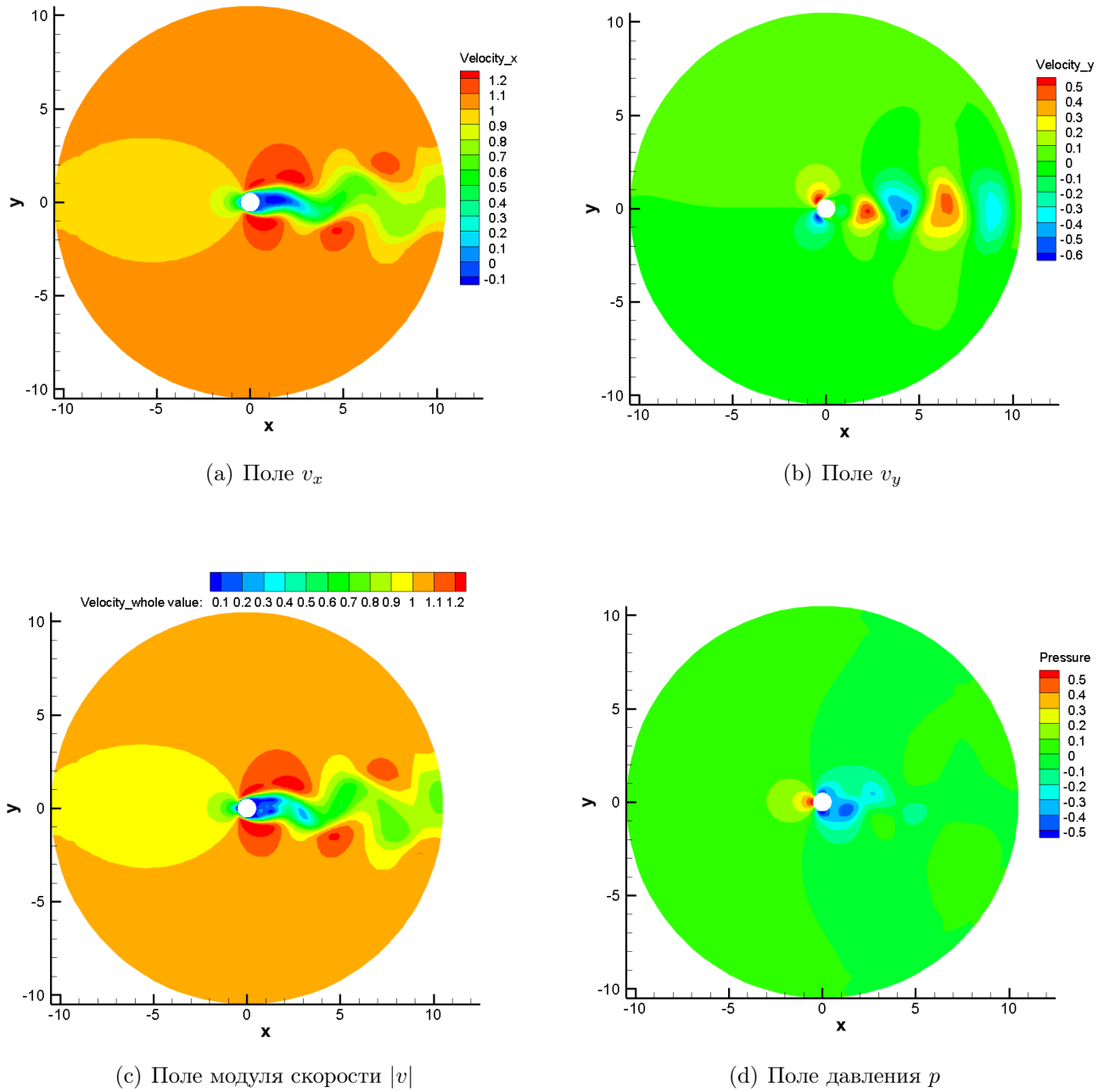


Рис. 10. Четвертый момент

3.3. Число Струхали

На рисунке (5) $t = [0, 55]$ – участок установления, $t > 55$ – установившееся течение. Установившееся течение является периодическим с периодом $T = 82.6 - 76.3 = 6.3$ (по графику).

$$Sh = \frac{L}{TV} = \frac{1}{T} = \frac{1}{6.3} = 0.1587 \quad (1)$$

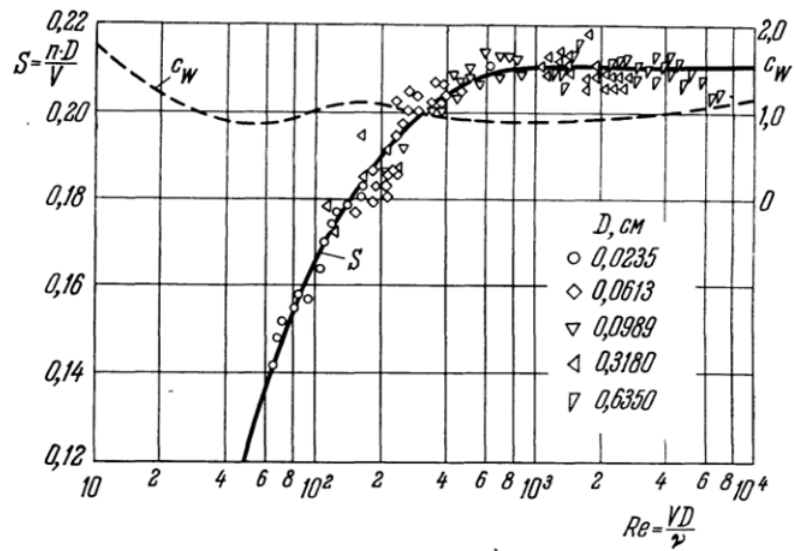


Рис. 2.9. Зависимость числа Струхала от числа Рейнольдса для течения около круглого цилиндра. По измерениям А. Рошко [18].

Рис. 11. Зависимость числа Струхала от числа Рейнольдса

Полученное число Струхала приблизительно равно числу, полученному в экспериментальных данных.