# Работа в SolidWorksFlow Simulation

# Оглавление

1. Введение	3
2. Моделирование в SolidWorks Flow Simulation	6
3. Самостоятельная работа	20
4. Исследование обтекание профиля крыла	21
5. Литература	24

#### 1. Введение

$$Re = \frac{\rho l v_0}{\eta} \tag{1.1}$$

По порядку величины число Рейнольдса есть отношение кинетической энергии жидкости к потере её, обусловленной работой сил вязкости на характерной длине. Другими словами, число Рейнольдса определяет относительную роль инерции и вязкости жидкости при течении. При больших числах Рейнольдса основную роль играет инерция, при малых — вязкость.

ламинарном течении в прямолинейной трубе постоянного поперечного сечения частицы жидкости движутся вдоль прямолинейных траекторий, параллельных оси трубы. Однако при достаточно больших скоростях ламинарное течение оказывается неустойчивыми и переходит в так называемой турбулентное течение. Турбулентное течение – это такое течение, гидродинамические характеристики которого (скорость, давление, а для газов плотность и температура) быстро и нерегулярно изменяются во времени (флуктуируют). Частицы жидкости совершают нерегулярные, неустановившиеся движения по сложным траекториям, что приводит к перемешиванию между слоями движущейся Примерами могут служить движение в бурном горном потоке, водопаде или за кормой быстроплывущего корабля, движение дыма, входящего из фабричной трубы и т.п. Такие быстрые и нерегулярные изменения, происходят не из-за действующих или внешний условий, изменения сил вследствие неустойчивости ламинарных течений при определенных условиях.

Рассмотрим силовые действия потока жидкости на находящиеся в ней тела. Силу, действующую на тело со стороны потока жидкости, можно разложить на две составляющие: в направлении потока  $F_x$  и перпендикулярную к потоку  $F_y$ . Сила  $F_x$  — называется *побовым сопротивлением*, сила  $F_y$  — подъёмной силой. Подъёмная сила действует на крылья самолёта. С ней связано представление о силе, направленной вверх. Но подъёмная сила может

быть направлена и вниз в зависимости от ориентации самолёта относительно направления полёта. Лобовое сопротивление  $F_x$  слагается из двух различных сил: силы разности давлений на переднюю и заднюю поверхности тела и из вязких сил трения. При больших скоростях (точнее, при больших числах Рейнольдса) преобладающую роль играют разности давлений, при малых — силы вязкости. Таким образом, полный вектор силы действующий на тело в потоке:

$$\vec{F} = \frac{\rho v^2}{2} SC(Re) \tag{1.2}$$

ИЛИ

$$F_{x} = \frac{\rho v^{2}}{2} SC_{x}(Re) \tag{1.3}$$

$$F_{y} = \frac{\rho v^{2}}{2} SC_{y}(Re) \tag{1.4}$$

где S – характерная площадь поперечного сечения

Безразмерные коэффициенты  $C_x(Re)$  и  $C_y(Re)$  называются соответственно коэффициентами лобового сопротивления и подъёмной силы. Оба они являются функциями числа Рейнольдса и зависят от формы тела и его ориентации по отношению к потоку. Но при больших скоростях v порядка скорости звука и выше коэффициенты  $C_x$  и  $C_y$  зависят не только от числа Рейнольдса Re, но и от числа Маха M Теоретическое вычисление этих коэффициентов затруднительно, они обычно определяются опытным путём.

В случае малых чисел Рейнольдса инерция, а с ней и плотность жидкости не играет существенной роли, сила  $F_x$  определяется почти исключительно вязкостью. Поэтому можно получить известную формулу Стокса для шара.

$$F_{x} = 6\pi \eta r v \tag{1.5}$$

При больших числах Рейнольдса силы вязкости вдали от поверхности обтекаемого тела не играют существенной роли. Здесь они малы по сравнению с силами, обусловленными разностями давлений. Ими можно пренебречь и считать жидкость идеальной. Не так, однако, обстоит дело вблизи поверхности

обтекаемого тела. Силы вязкого трения вызывают прилипание жидкости к поверхности обтекаемого тела, т.е. удерживают частицы жидкости в состоянии покоя. Отсюда следует, что вблизи поверхности тела силы вязкого трения того же порядка, что и силы разности давлений. Чтобы это было так, скорости жидкости должна очень быстро нарастать при удалении от поверхности тела. Это быстрое нарастание происходит в тонком приповерхностном слое жидкости, называемом пограничным слоем. В этом слое скорость меняется в направлении, перпендикулярном к слою, поэтому движение жидкости в пограничном слое является вихревым. А всякое вихревое движение содержит вращение, с которым связан момент количеств движения. Также на задней части тела пограничный слой в большинстве случаев время от времени отрывается от поверхности обтекаемого тела. Отрыв пограничного слоя приводит к качественным изменениям всей картины обтекания тела.

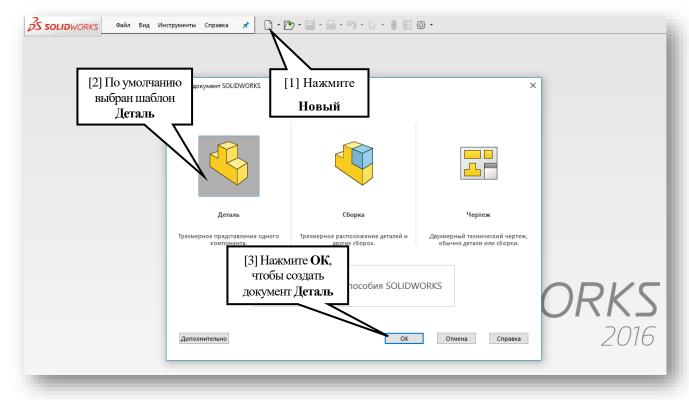
## 2. Моделирование в SolidWorks Flow Simulation

В этом примере используем *Flow Simulation* для определения коэффициента лобового сопротивления кругового цилиндра, помещённого в однородный поток текучей среды. Ось цилиндра расположена перпендикулярно потоку.

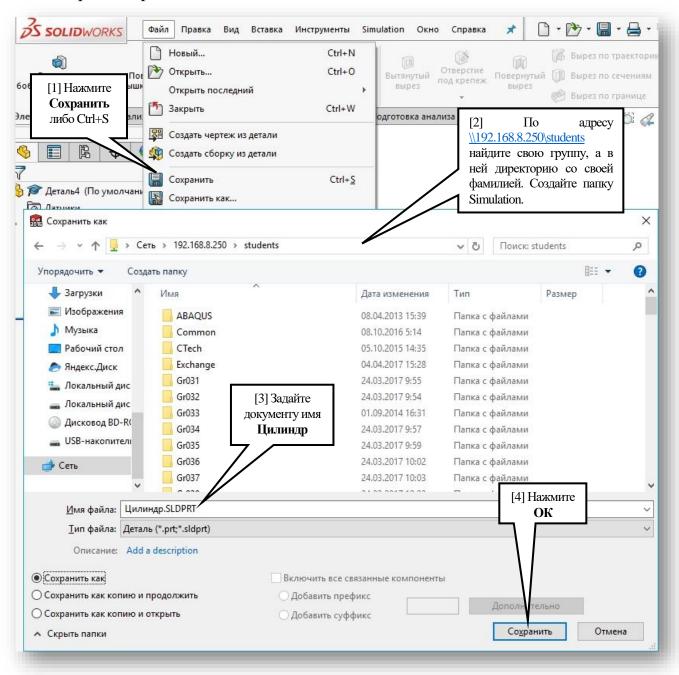
Вычисления выполнены для диапазона чисел Рейнольдса (1, 1000).

Целью моделирования является получение коэффициента лобового сопротивления, спрогнозированного *Flow Simulation*, и сравнение его с экспериментальными данными, а также визуализация обтекание объектов различной формы в различных средах.

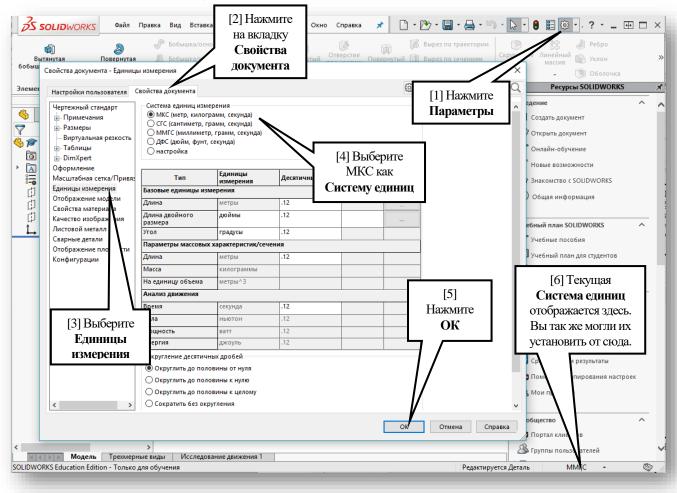
• Запустите SolidWorks и создайте Новый 🔲 документ Деталь.



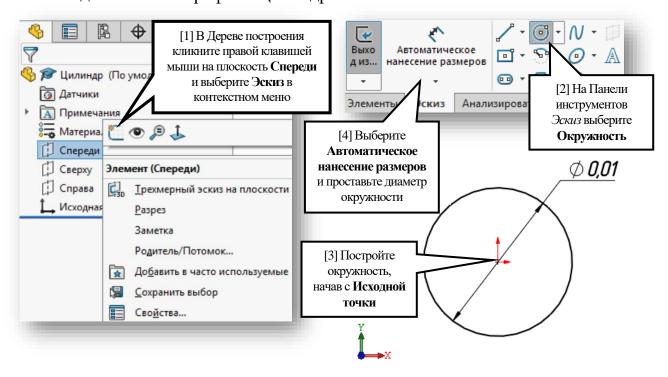
• Сохраните файл.



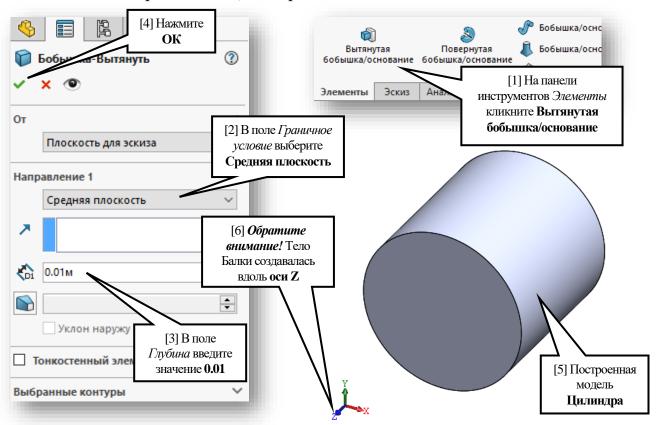
• Установите Систему единиц



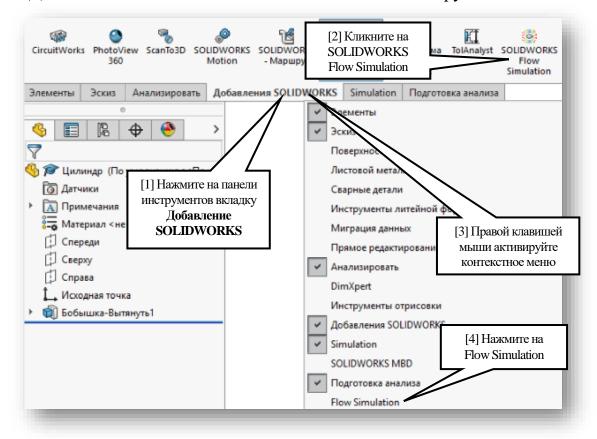
• Создайте Эскиз профиля Цилиндра



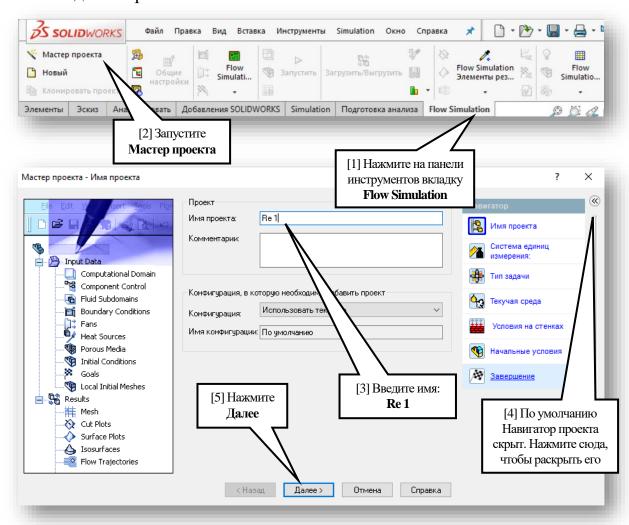
• Создайте твёрдое тело Цилиндра



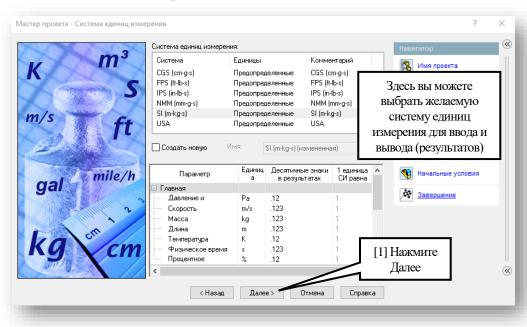
• Добавление вкладки Flow Simulation на панель инструментов



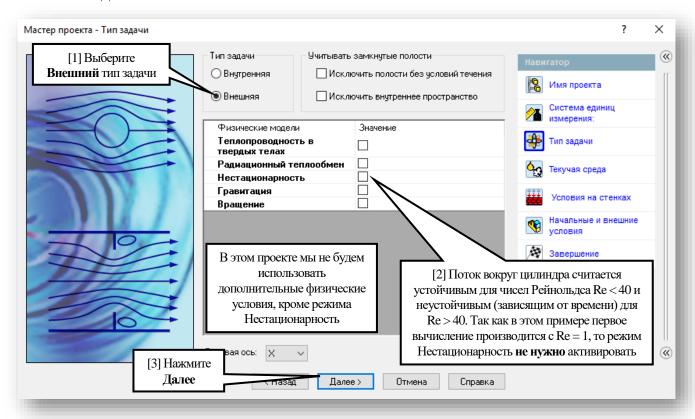
#### • Создание проекта



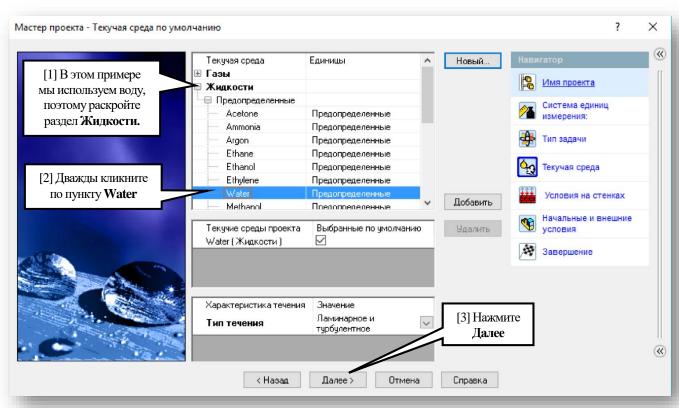
#### • Система единиц измерения



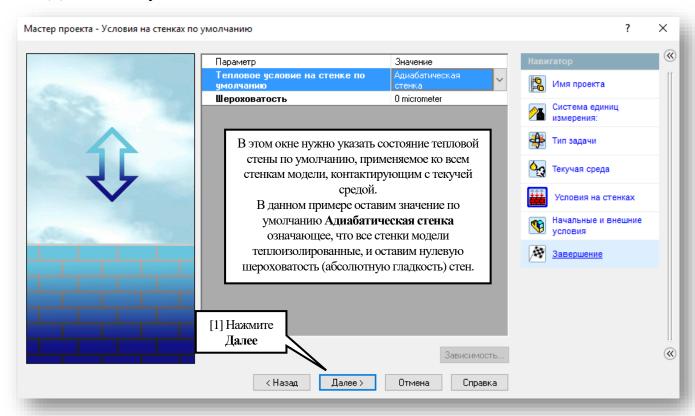
#### • Тип задачи



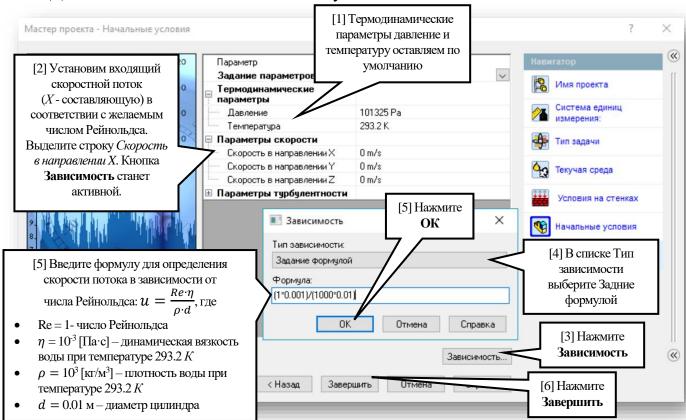
## • Выбор Текучей среды

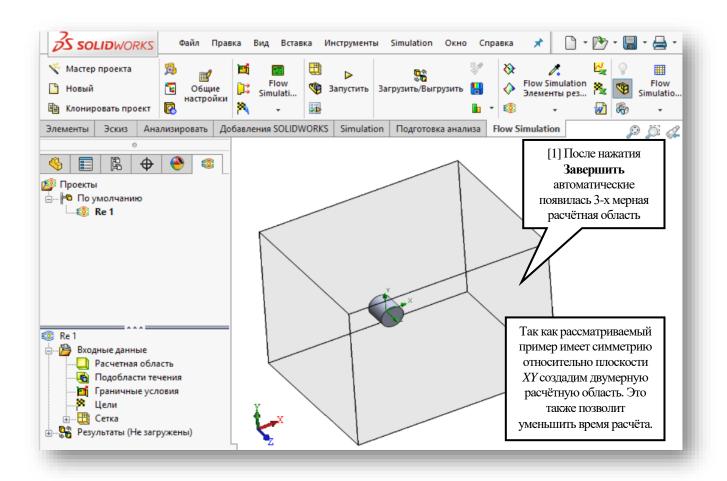


#### • Добавление условий на стенках

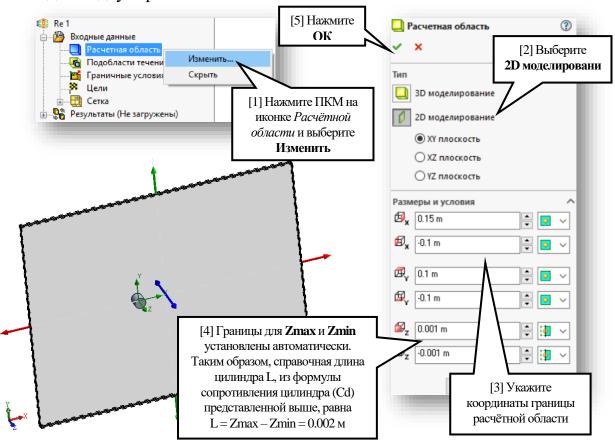




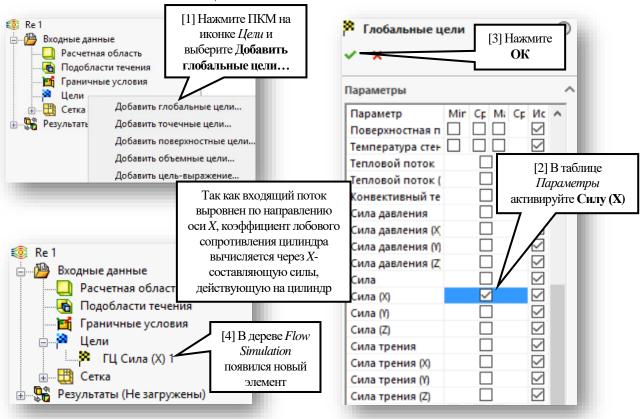




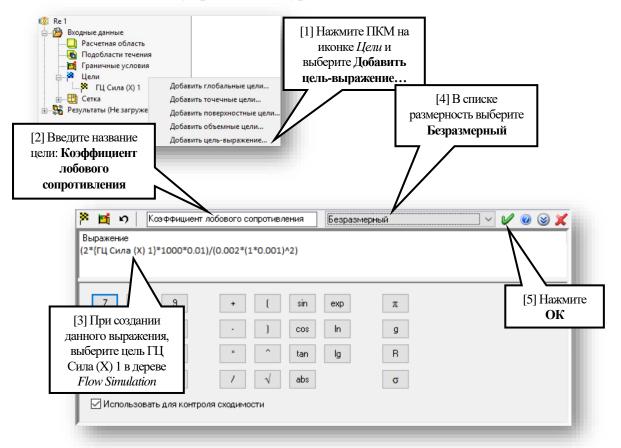
• Создание двумерного анализа



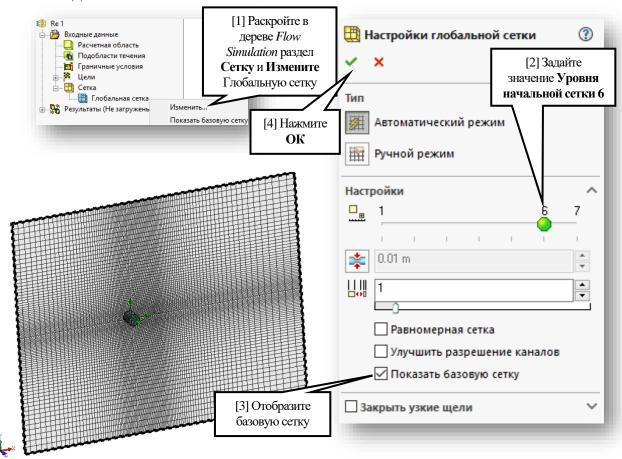
• Указание глобальной цели



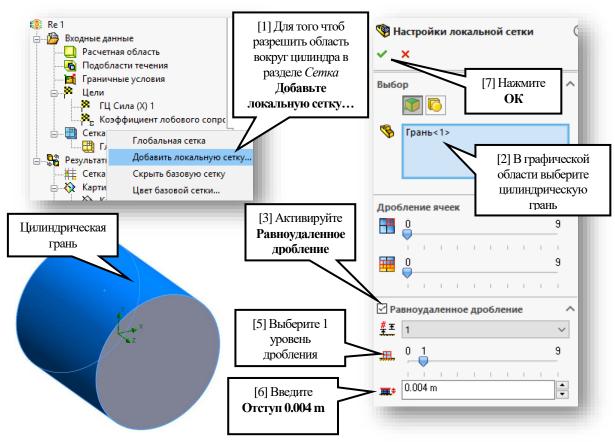
• Указание цели управляемой уравнением



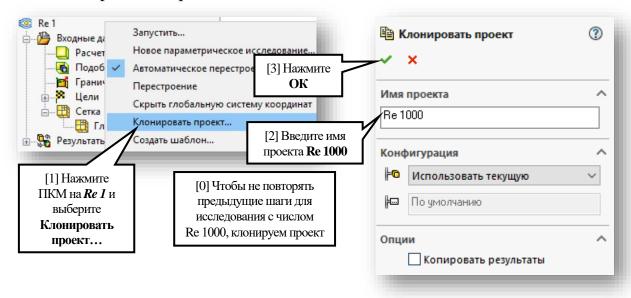
#### • Создание глобальной сетки

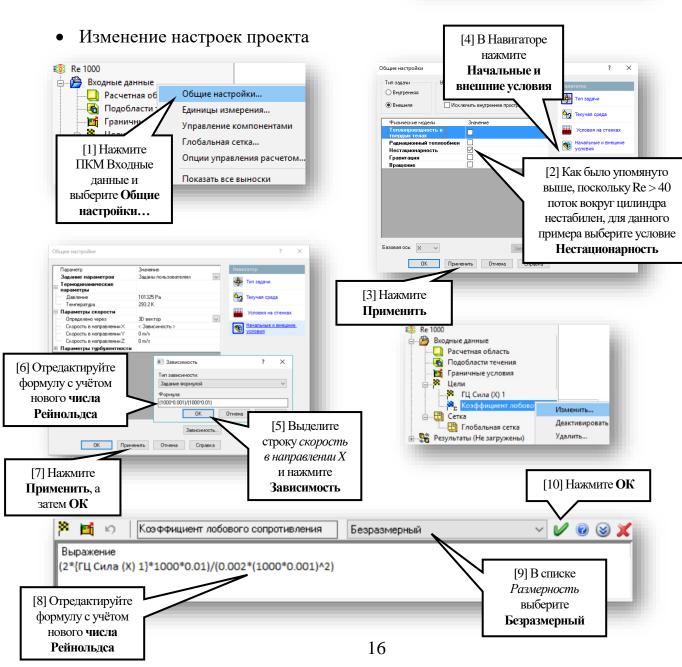


#### • Создание локальной сетки

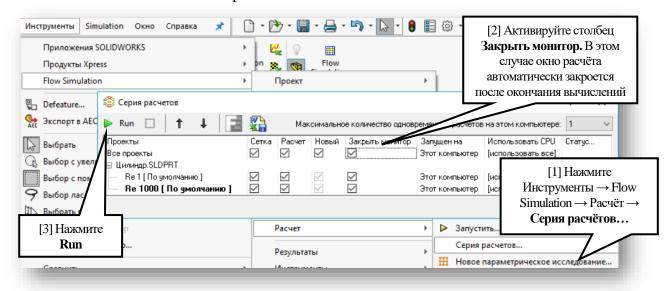


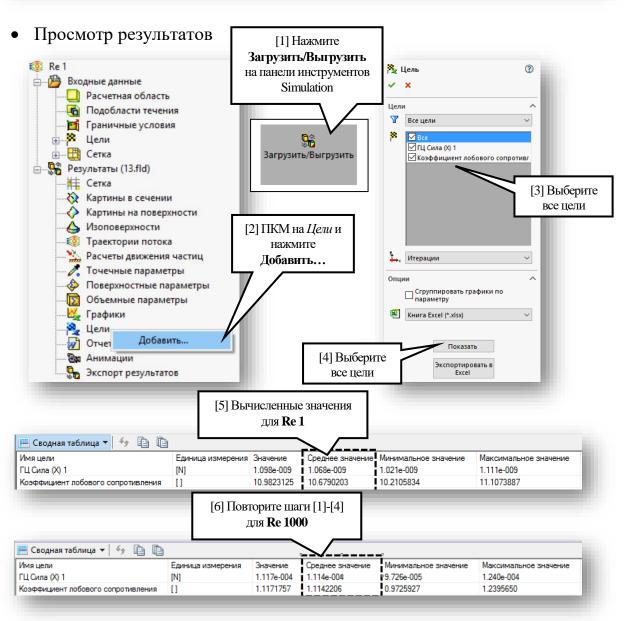
#### • Клонирование проекта



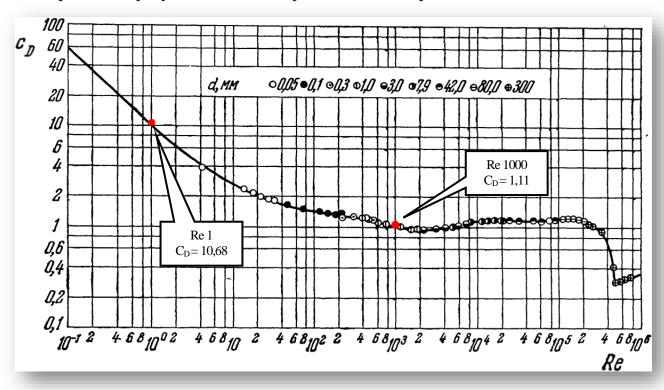


## • Решение нескольких проектов

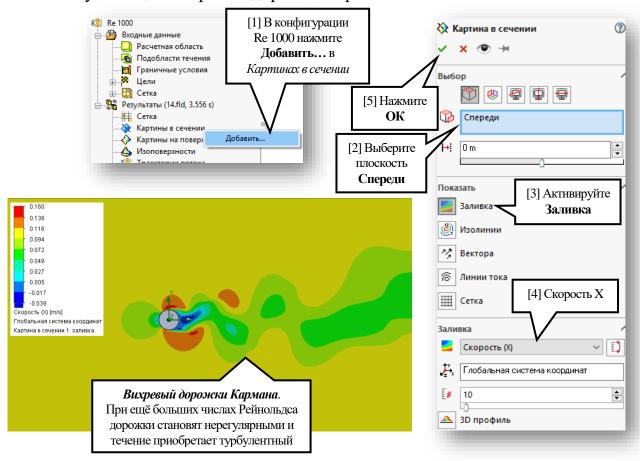


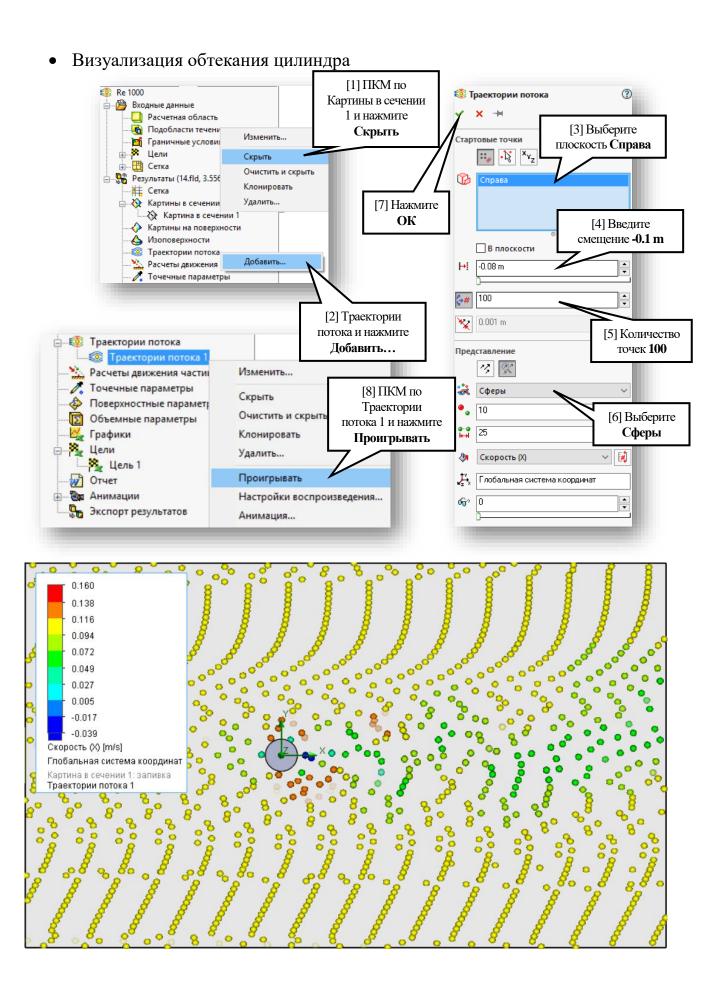


• Сравнение результатов с экспериментальной кривой



• Визуализация вихревых дорожек Кармана



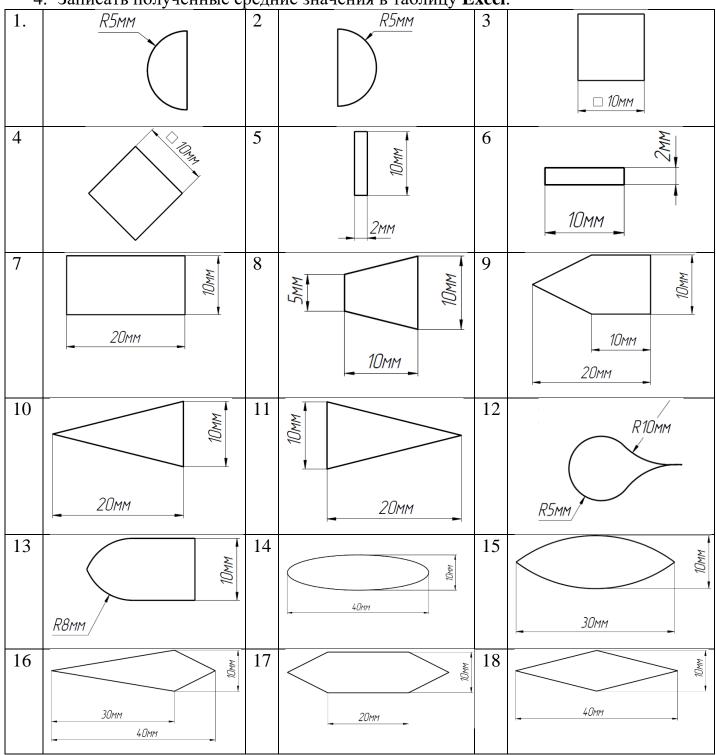


# 3. Самостоятельная работа

#### Задание:

- 1. Нарисовать эскиз профиля в соответствии выданному варианту (*исходную точку поместить в крайнее левое положение профиля*).
- 2. Создать твёрдое тело (от средней плоскости)
- 3. Определить коэффициент лобового сопротивления для Re = 1 и Re = 1000. Обтекание происходит слева на право.

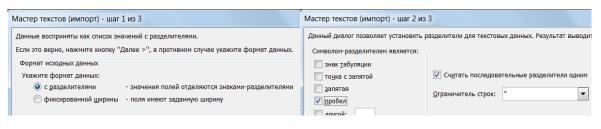
4. Записать полученные средние значения в таблицу Excel.



## 4. Исследование обтекания профиля крыла

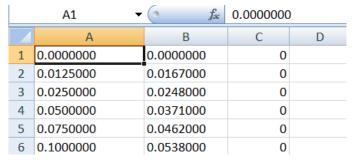
## 1. Нарисовать профиль крыла по координатам:

Перед тем, как импортировать файл с координатами профиля в SW, его необходимо подкорректировать в Microsoft Excel. Запускаем Excel, а затем открываем из него наш \*.txt файл. В выпадающем списке указываем «Все файлы». В мастере текстов формат данных указываем – с символом-разделителем «Пробел».



Теперь удаляем строку 1 с текстом. Далее просматриваем все координаты и тоже удаляем пустые строки, если они имеются. Еще добавляем третий столбец для координаты Z. В этом столбце все ячейки заполняем нулями. И смещаем всю таблицу вверх.

Отредактированный \*.txt файл должен выглядеть примерно так:



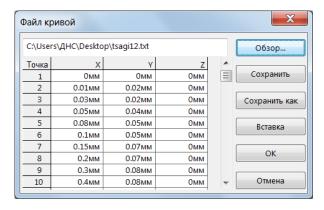
Сохраняем этот файл, как текстовый файл (с разделителями табуляции).

# 2. Создание профиля в SW:

В SW создаем новую деталь.

Запускаем команду «Кривая через точки XYZ» <sup>у</sup> на вкладке «Элементы».

Откроется окно:

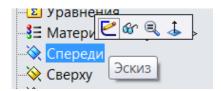


Нажимаем ОК и вставляем в документ кривую профиля крыла.



Если выдается предупреждение, что кривая самопересекается (это возможно для некоторых профилей), то нужно вручную в Excel отредактировать файл, чтобы устранить самопересечение.

Теперь эту кривую нужно преобразовать в эскиз. Для этого создаем на передней плоскости эскиз:

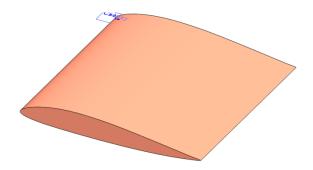


Запускаем команду «Преобразование объектов» па вкладке «Эскиз» и в качестве элемента для преобразования указываем нашу кривую профиля.

Поскольку исходная кривая очень маленького размера (хорда профиля всего 1 мм!), то с помощью команды «Масштабировать объекты» 

увеличиваем профиль в 150 раз, чтобы значения аэродинамических сил более-менее соответствовали реальным.

Закрываем эскиз и с помощью команды «Вытянутая бобышка/основание» выдавливаем эскиз в твердотельную модель длиной 100 мм. Выдавливать можно на самом деле на любую длину, все равно мы будем решать задачу двумерного обтекания.



- 3. Провести исследование во Flow Simulation для скорости потока 33 м/с.
- 4. Глобальные цели: Сила (Х) и Сила (У).
- 5. Цели-выражения: Коэффициент лобового сопротивления и коэффициент подъёмной силы.
- 6. Сохранить картинку обтекания в персональную директорию с такими же параметрами, как и в разделе Визуализация дорожек Кармана.

# 5. Литература

- 1. Сивухин. Д.В. «Общий курс физики. Т.І Механика». –
- 2. SolidWorks. «Tutorials SolidWorks Flow Simulation 2016»
- 3. Емцев Б.Т. «Техническая гидромеханика» М.: Машиностроение,  $1987.-440~{\rm c}.$