**Лабораторная работа № 7**

**ОБТЕКАНИЕ ВОЗДУшным ПОТОКОМ ЦИЛИНДРА РОТОРНОЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ**

**Цель работы**:

1. моделирование турбулентного течения невязкой сжимаемой жидкости при обтекании вращающегося цилиндра;
2. определение подъемной силы Магнуса, действующей на вращающееся тело.

Теоретическая часть

Схема роторной ветроустановки на основе эффекта Магнуса представлена на рис. 33. На концах цилиндров *1* помещаются выступающие круглые диски, так как иначе воздух, проходящий за торцами цилиндра, засасывается в область потока с пониженным давлением и, возмущая поток, уменьшает поперечную силу. Затраты энергии на вращение цилиндров составляют 5–15% мощности ветроустановки.



Рис. 33

При вращении цилиндра вокруг своей оси через некоторое время вблизи его поверхности из-за сил трения и вязкости молекулы воздуха начнут вращаться со скоростью поверхности цилиндра *u*.

Если на вращающийся цилиндр набегает поток воздуха со скоростью υ в направлении, перпендикулярном оси цилиндра (рис. 34), то вокруг него возникает циркуляция . При этом образуется избыточное давление воздуха на поверхности цилиндра, обусловленное взаимодействием двух потоков, которое определяется из уравнения Бернулли:

**.**

5%209

Рис. 34.

Циркуляция вокруг цилиндра создает силу, действующую на него в направлении, перпендикулярном направлению потока, и называемую ***поперечной силой***. Значение этой силы определяется путем интегрирования проекции удельной силы давления на вертикальную ось по контуру:

.

Поперечная сила направлена всегда к той стороне вращающегося тела, на которой направления вращения тела и скорости потока совпадают. Это явление называется ***эффектом Магнуса***, по имени ученого, впервые открывшего его в 1852 г.

**Постановка задачи***.*

Обтекание цилиндра ветрового колеса потоком воздуха со скоростью υ = 4 + 0,2 *N* м/с. Плотность воздуха ρв = 1,29 кг/м3, динамическая вязкость 0,0000182 кг/(м⋅с). Давление на бесконечности *p*= 101 000 Па, температура на бесконечности *T* = 273 K.

**Моделирование**

Геометрия для всей области  FloatingBox\_box.stl, для цилиндра − FalingBall\_domaih.stl. Размеры области 10×10×40 м. Размеры цилиндра: диаметр 1 м, длина 1 м.

1. Загрузите **FlowVision**.
2. Выберите файл D:\Samples\Geom\FloatingBox\_box.stl.
3. Выберите **Модель − Полностью сжимаемая жидкость**, отметьте уравнение Навье − Стокса и уравнение переноса турбулентных функций.
4. Задайте **Начальные значения**: xСкорость = υ м/с, пульсации − 0,01, масштаб турбулентности − 0,01.
5. Параметры модели: Общие, Давл. минимум, Па = 100 Па.
6. Задайте свойства среды: **Вещество0,** Плотность = Закон идеального газа, Молекулярная вязкость **=** 0,0000182 кг/(м⋅с).
7. Задайте **Общие параметры**, **шаги**: неявная схема, введите Фикс.шаг = 0,00001 с.
8. Задайте **Граничные условия**.
9. Задание цилиндра: нажмите правой кнопкой мыши на папке **Фильтры** и выберите в контекстном меню **Загрузить;** выберите файл D:\Samples\Geom\FalingBall\_domaih.stl.
10. В папке Свойства фильтра задайте: закладка **Центр**  использовать центр инерции, **Центр инерции** = 0,5; 0,5; 0,5; закладка **Вращение**  выделить ось вращения, задайте обороты (об/мин).
11. Задайте на закладке **Шаги**: поставьте метку в поле **Фикс.шаг**, **Фикс.шаг** = 0,00001 с.
12. Выполните предварительный и окончательный расчет задачи.

### Представление и анализ результатов

1. Создайте График вдоль кривой по давлению.
2. Определите подъемную силу, действующую на цилиндр при частоте вращения 2, 4, 6, 8, 10 об/с.
3. Постройте теоретическую и экспериментальную зависимость подъемной силы от частоты вращения.