**Лабораторная работа № 5**

**обтекание ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ лопасти ветрового колеса**

**Цель работы**:

1. моделирование турбулентного течения невязкой сжимаемой жидкости при обтекании объекта. Наблюдение за динамикой его установления и анализ установившегося течения;
2. определение подъемной силы, действующей на лопасть ветрового колеса для различных углов атаки воздушного потока.

Теоретическая часть

В лопастных ветроэнергетических установках энергия ветра преобразуется в механическую энергию их рабочих органов. Первичным рабочим органом, преобразующим энергию ветра в кинетическую энергию своего вращения, является ветроколесо. Крыльчатые ветроколеса работают за счет косого удара при движении лопастей перпендикулярно направлению скорости ветра (рис. 30).

5%205

Рис. 30

На горизонтальном валу закреплены лопасти, число которых у современных ветродвигателей бывает от двух и больше. Лопасть ветроколеса *2*, закреплена на махе *1* так, что образует с плоскостью вращения некоторый угол ϕ, который называют ***углом установки лопасти***. При этом на лопасть набегает воздушный поток с относительной скоростью *w* под углом α, который называют **углом атаки**, и действует с силой *F*. Для неподвижной лопасти ϕ + α = 90°. Углы ϕ и α в значительной мере определяют эффективность крыльев. Силу *F* можно разложить на две составляющие: вдоль скорости набегающего потока, называемая силой лобового сопротивления *Fx*, и в направлении, перпендикулярном скорости набегающего потока, называемая подъемной силой *Fy*.Сила *Fy* действует в плоскости вращения ветроколеса и создают крутящий момент.

Подъемную силу лопасти можно выразить равенством применяемым в аэродинамике:

,

где *Су*  безразмерный коэффициент подъемной силы, зависящий в общем случае от формы лопасти и ее ориентации в потоке воздуха; ρв  плотность ветрового потока, кг/м3;  *S*  площадь лопасти, м2; υ  скорость набегающего на лопасть ветрового потока, м/с.

Значение *С*у определяют теоретическим расчетом или экспериментально. Так, согласно теории Жуковского, для лопасти в плоскопараллельном потоке при небольших углах атаки

,

где *b*  высота лопасти, м; α0  угол атаки, при котором подъемная сила равна нулю.

### Постановка задачи

Обтекание лопасти 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**

1. Загрузите **FlowVision**.
2. Выберите файл D:\Samples\Geom\NACA0012.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.**

Граница 0: тип  Стенка; **Температура**, Тип граничного условия  Нулевой поток; **Скорость**, Тип граничного условия  Стенка, логарифмический закон, Шероховатость = 0.

Граница 1: тип  Симметрия; **Температура**, Тип граничного условия  Симметрия; **Скорость**, Тип граничного условия  Стенка с проскальзыванием; **ТурбЭнергия**, Тип граничного условия  Симметрия; **ТурбДиссипация**, Тип граничного условия  Симметрия.

Граница 2: тип  Вход/Выход; **Температура**, Тип граничного условия  Значение на стенке, Значение на стенке = 0; **Скорость**, Тип граничного условия  Нормальная скорость с давлением, Скорость = υ, Давление = 0; **ТурбЭнергия**, Тип граничного условия  Пульсация, Пульсация = 0,01; **ТурбДиссипация**, Тип граничного условия  Масштаб турбулентности, Масштаб = 0,01.

Граница 3: тип  Свободный выход; **Температура**, Тип граничного условия  Нулевой поток; **Скорость**, Тип граничного условия  Нулевое давление/Выход.

1. Откройте папку **Геометрия**, задайте граничные условия.
2. Задание начальной расчетной сетки. Введите количество сеточных интервалов 97, 38, 2 для каждой из оси (*X*, *Y*, *Z*).
3. Задайте на закладке **Шаги**: поставьте метку в поле **Фикс.шаг**, Фикс. шаг = 0,00001 с.
4. Выполните предварительный и окончательный расчет задачи.

### Представление и анализ результатов

1. Создайте График вдоль кривой по давлению.
2. Определите подъемную силу, действующую на лопасть при углах атаки ветрового потока α = 10, 5, 0, 5, 10°.
3. Проверьте достоверность модели путем построения теоретической и расчетной зависимости подъемной силы от угла атаки.