**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).



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.