

К.Кусаиынов, Н.К.Танашева, М.М.Тургунов,
А.К.Кусаиынова, К.К.Саденова

*Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: nazgulya_tans@mail.ru)*

Моделирование картины обтекания вращающегося цилиндра в потоке воздуха

Авторами статьи осуществлена работа по определению аэродинамических характеристик вращающегося цилиндра. Проведено моделирование картины обтекания исследованного цилиндра. При моделировании сделан расчет аэродинамических характеристик вращающегося цилиндра в программном пакете Ansys Fluent. Сравнение экспериментальных результатов и численных решений для вращающегося цилиндра дало хорошее совпадение, погрешность не превышает 3–5 %.

Ключевые слова: цилиндр, эффект Магнуса, лобовое сопротивление, подъемная сила.

Известно, что при обтекании цилиндра, как, впрочем, и любого другого тела, потенциальным (безвихревым) потоком равнодействующая всех сил, действующих на обтекаемое тело, равна нулю.

При обтекании вращающегося цилиндра реальной жидкостью наличие сил трения и положительных градиентов давления правее точек максимального стеснения потока (концы вертикального диаметра цилиндра) приводит к отрыву пограничного слоя от поверхности цилиндра, образованию вихрей, которые порождают понижение давления в тыльной области. Распределение давлений становится несимметричным, что и ведет к возникновению силы лобового сопротивления и подъемной силы, обусловленной эффектом Магнуса [1–4].

Картина обтекания (положение точки отрыва пограничного слоя, распределение давлений, интенсивность образования вихрей за цилиндром) существенно зависит от скорости (числа Рейнольдса) потока. При этом при очень малых числах Рейнольдса ($Re < 1$) обтекание достаточно близко к идеальному, и наоборот — чем больше число Рейнольдса, тем интенсивнее вихреобразование за телом, тем ближе точка отрыва пограничного слоя к сечению максимального стеснения потока [5–8].

Для моделирования обтекания одиночного вращающегося цилиндра был произведен расчет в программном пакете Ansys Fluent. Пакет предназначен для моделирования сложных течений с широким диапазоном изменения теплофизических свойств посредством обеспечения различных параметров моделирования и использования многосеточных методов с улучшенной сходимостью.

Ansys Fluent позволяет вычислять внешние силы и моменты, а именно аэродинамическую подъемную и гравитационную силы, приложенные к объекту исследования [9, 10].

В нашей работе мы хотели показать возможность использования стандартного пакета программ по гидрогазодинамике Ansys Fluent для расчета аэродинамических характеристик на примере исследования коэффициента лобового сопротивления.

Для моделирования были построены 2D осесимметричные геометрические модели в пакете Gambit. Gambit обладает мощными возможностями для создания двухмерных расчетных областей непосредственно внутри программы (рис. 1).

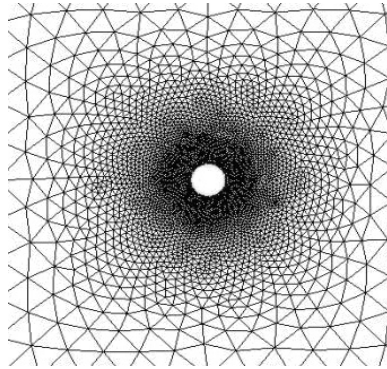


Рисунок 1. Сеточная модель обтекания парусной лопасти ветротурбины в Gambit

На рисунке 2 показана картина линий тока.

После построения сеточной модели она экспортируется для дальнейшего моделирования в Ansys fluent. В ходе моделирования было получено графическое изображение обтекания вращающегося цилиндра, которое показано на рисунке 2.

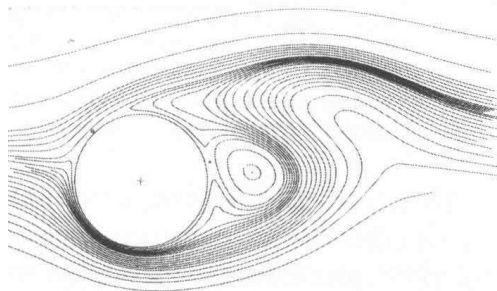


Рисунок 2. Обтекание вращающегося цилиндра

На рисунке 2 видна картина линий тока, полученных путем компьютерного моделирования для случая $Re = 3,3 \cdot 10^4$, $U = 5$ м/с. Анализ результатов численного решения задачи показывает, что вращение цилиндра приводит к захвату части прилегающей жидкости в сопутствующее вращательное движение, которое, в свою очередь, существенно меняет профили скорости течения жидкости в пограничном слое.

На рисунке 3 представлена картина обтекания вращающегося цилиндра потоком воздуха.

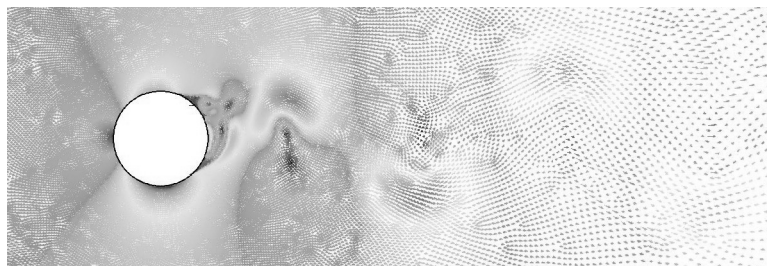


Рисунок 3. Картина обтекания вращающегося цилиндра потоком воздуха

На рисунках 4, 5 приведены зависимости силы лобового сопротивления и подъемной силы вращающегося цилиндра от скорости потока, полученные экспериментальным путем и с помощью моделирования данного процесса в программе Fluent.

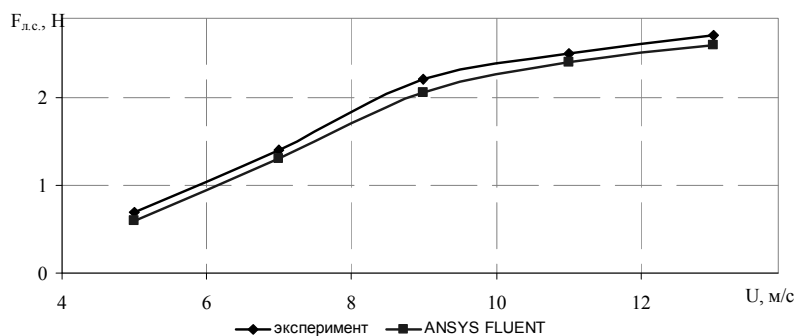


Рисунок 4. Зависимость силы лобового сопротивления вращающегося цилиндра от скорости потока

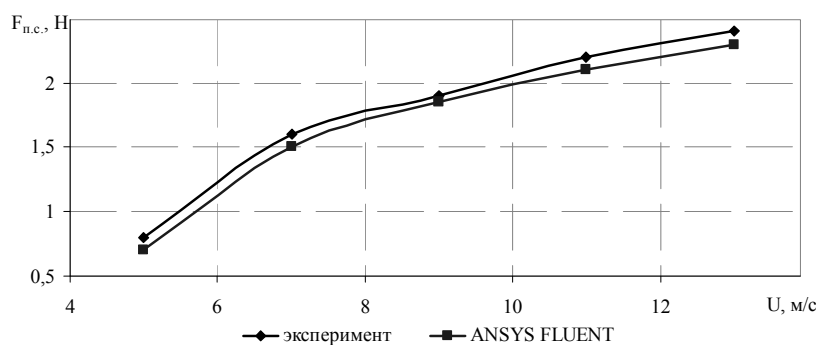


Рисунок 5. Зависимость подъемной силы вращающегося цилиндра от скорости потока

Таким образом, характер этих зависимостей показывает, что при увеличении скорости потока повышаются сила лобового сопротивления и подъемная сила. Это связано с тем, что при обтекании цилиндра потоком воздуха на его поверхности появляется несимметричное распределение давления и поток завихряется. Как видно из рисунков, экспериментальные и теоретические значения исследуемых параметров довольно близки.

Список литературы

- 1 Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. — М.: Высш. шк., 1999. — 271 с.
- 2 Зиманков В.С., Зангиев Т.Т. Системный анализ при решении структурных задач альтернативной энергетики. — Краснодар, 2001. — 151 с.
- 3 Математическое моделирование: Методы, описания и исследования сложных систем / Под ред. А.А.Самарского. — М.: Наука, 1989. — 271 с.
- 4 Олейников А.М., Матвеев Ю.В., Канов Л.Н. Моделирование режима ветроэлектрической установки малой мощности // Электротехника і Електромеханіка. — 2010. — № 2. — С. 16–20.
- 5 Johnson G. Wind Energy Systems. — New York, Prentice Hall, 1985. — 421 p.
- 6 Поморцев М.М. О законе распределения скоростей ветра // Записки по гидрографии. — 2000. — № 1894. — Вып. XV. — С. 23
- 7 Фатеев Е.М. Методика определения параметров ветроэнергетических расчетов ветросиловых установок. — М.: Сельхозгиз, 1957. — 120 с.
- 8 Fortunato B., Maione B., Palmisano N. Performans optimization of wind-turbine driving a self-excited induction generator // AIAA Pap. — 1995. — № 0408. — P. 1–8.
- 9 Батуринов О.В. Построение расчетных моделей в препроцессоре Gambit универсального программного комплекса Fluent: Учеб. пособие. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. — 172 с.
- 10 Батуринов О.В. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса Fluent: Учеб. пособие. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. — 151 с.

Қ.Құсайынов, Н.Қ.Танашева, М.М.Тұрғынов, Ә.Қ.Құсайынова, К.Қ.Саденова

Айналмалы цилиндрдің ауа ағынындағы ағуын үлгілеу

Мақала айналмалы цилиндрдің ауа ағынындағы ағуын зерттеуге арналған. Авторлар айналмалы аэродинамикалық сипаттамаларын анықтау бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізді. Зерттелген цилиндрдің ағынына үлгілеу жасалды. Модельдеу барысында Ansys fluent бағдарламасында айналмалы цилиндрдің аэродинамикалық сипаттамалары ескерілді. Айналмалы цилиндрдің эксперименттік нәтижелерін сандық есептеулермен салыстыру нәтижелері бір-біріне сәйкес келетінін көрсетті, қателік 3–5 %-дан артқан жоқ.

K.Kussaiynov, N.K.Tanasheva, M.M.Turgunov, A.K.Kussaiynova, K.K.Sadenova

Modeling of a picture of a flow of the rotating cylinder in an air stream

The article investigates the flow pattern of the rotating cylinder in the air stream. The authors carried out work to determine the aerodynamic characteristics of the rotating cylinder. The simulation of the flow pattern of the investigated cylinder. In the simulation calculated the aerodynamic characteristics of the rotating cylinder in the software package Ansys fluent. Comparison of experimental results and numerical solutions for rotating cylinder gave a good coincidence, the error does not exceed 3–5 %.

References

- 1 Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. *Modeling systems*, Moscow: Vysshaya shkola, 1999, 271 p.
- 2 Zimankov V.S., Zangiyeu T.T. *System analysis in solving structural problems of alternative energy*, Krasnodar, 2001, 151 p.
- 3 *Mathematical modeling: methods, descriptions, and complex systems research*, under edit. by A.A.Samarskiy, Moscow: Nauka, 1989, 271 p.
- 4 Oleiynikov A.M., Matveyev Yu.V., Kanov L.N. *Electrical and electromechanical*, 2010, 2, p. 16–20.
- 5 Johnson G. *Wind Energy Systems*, New York, NY: Prentice Hall, 1985, 421 p.
- 6 Pomortsev M.M. *Notes on hydrography*, 2000, 1894, XV, p. 23.
- 7 Fateyev Ye.M. *Method of calculating wind calculations of wind power plants*, Moscow: Sel'khozgiz, 1957, 120 p.
- 8 Fortunato B., Maione B., Palmisano N. *AIAA Pap*, 1995, 0408, p. 1–8.
- 9 Baturin O.V. *The construction of computational models in the preprocessor Gambit universal software package Fluent: tutorial*, Samara: Izd-vo Samar. gos. aerokosm. un-ta, 2009, 172 p.
- 10 Baturin O.V. *Computation of the flow of liquids and gases using a universal software package Fluent: tutorial*, Samara: Izd-vo Samar. gos. aerokosm. un-ta, 2009, 151 p.