

Введение

Разработана методика верификации расчетов полей обтекания с помощью программного комплекса CFD (Compute Fluid Dynamics) ANSYS CFX на основе сравнения с результатами измерений лазерно-оптическим (PIV) методом на аэродинамическом стенде. Методика протестирована на задачах обтекания объекта стандартной формы (параллелепипед). Найдены параметры и условия для последующего расчета с помощью пакета программ ANSYS процессов взаимодействия воздушных потоков в широком диапазоне скоростей ветра с модельными элементами ВЭУ, а также подводных и поверхностных течений с ВолЭУ.

Описание экспериментальных работ

Проведены исследования по верификации расчетов полей обтекания с помощью программного комплекса CFD (Compute Fluid Dynamics) ANSYS CFX на основе сравнения с результатами измерений лазерно-оптическим (PIV) методом на аэродинамическом стенде.

Работы проводились на замкнутой аэродинамической трубе ИПФ РАН, характеризующейся низким уровнем интенсивности турбулентности ($\sim 1\%$) на входе рабочего участка. На трубе предусмотрена плавная регулировка скорости воздушного потока на входе в диапазоне от 0 до 16 м/с. Рабочее сечение трубы 315*315 мм.

В рабочий участок помещался объект препятствия (параллелепипед) для обтекания. Размеры объекта составляли 497*315*47 мм, материал – дерево, покрыт краской. Поперечный размер практически равен ширине рабочего участка, что обеспечивает двумерный характер обтекания в трубе. Тело устанавливалось на специальный столик, передняя кромка которого имела хорошо обтекаемый профиль, с целью обеспечения горизонтального плоскопараллельного потока при подходе к препятствию.

В качестве рабочей скорости входного потока использовалась скорость 8 м/с (максимальное значение, которое может выдавать труба – 16 м/с). Соответственно, число Рейнольдса, рассчитанные по высоте препятствия, составляло $5 \cdot 10^4$.

Для измерений применялась схема PIV с непрерывной лазерной подсветкой и скоростной видеосъемкой. Для создания высокой плотности засева в отсутствие мощного дымогенератора использовались твердые частицы полиамида размером 10 мкм, которые впрыскивались в поток при помощи специально разработанного устройства. В качестве источника для создания светового ножа использовался твердотельный лазер мощностью 2 Вт и длиной волны 532 нм. Вид сбоку снимался на высокоскоростную высокочувствительную цифровую видеокамеру «NAS MEMRECAM NX-3».

Для обработки кадров использовался кросскорреляционный алгоритм. Положение ячеек поиска скорости фиксировалось. Размер ячеек составлял 64*64 пикселей (10*10 мм). Для дополнительной визуализации в области экранировки перед экспериментом на верхнюю границу тонким слоем наносился спиртовой раствор, содержащий частицы. После высыхания он образовывал тонкую пленку частиц. В

результате при обдувании во время эксперимента они захватывались воздушным потоком, обеспечивая визуализацию в непосредственной близости от верхней границы.

Процедура численного моделирования обтекания препятствия.

В качестве модели турбулентности для численного решения задачи был использован метод отсоединенных вихрей (сокр. DES от англ. «Detached Eddy Simulation»), который обеспечивает описание в пристеночной области (пограничном слое) при помощи модели напряжений Рейнольдса (или RANS от англ. «Reynolds-averaged Navier–Stokes»), а в удаленной области (в свободной турбулентной струе) – при помощи метода крупных вихрей (или LES от англ. «Large Eddy Simulation»). Для решения текущей задачи в качестве RANS была выбрана модель переноса сдвиговых напряжений Ментера.

Сравнение результатов эксперимента и численного расчета.

Сравнение результатов расчетов с данными экспериментов осуществлялась в 2 этапа. Вначале сравнивались общие картины поля обтекания. Они показали, что расчет хорошо воспроизводит общую картину, включая характерные размеры застойной области для обеих скоростей. На втором этапе уже сравнивались пульсационные характеристики воздушного потока обтекания. (Анализ частотных характеристик представляет наибольший интерес с точки зрения многочисленных практических приложений.) Форма полученных спектров хорошо совпадает как для эксперимента, так и для расчета.

Выводы.

Разработана методика верификации расчетов полей обтекания с помощью программного комплекса CFD (Compute Fluid Dynamics) ANSYS CFX на основе сравнения с результатами измерений лазерно-оптическим методом (PIV) на аэродинамическом стенде. Методика протестирована на задаче обтекания объекта стандартной формы (параллелепипед). Найдены параметры и условия для последующего расчета с помощью пакета программ ANSYS процессов взаимодействия воздушных потоков в широком диапазоне скоростей ветра с модельными элементами ВЭУ, а также подводных и поверхностных течений с ВолЭУ.