

Применение нейросетевых технологий для минимизации аэродинамического сопротивления осесимметричного аэродинамического профиля

А.А. Шафеева¹, Н.Н. Чернов², А.В. Палий¹, А.В. Саенко²

¹Политехнический институт (филиал) Донского государственного технического университета, Петровская 109а, Таганрог, Россия, 347900

²Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, Шевченко 2, Таганрог, Россия, 347900

Аннотация

Одной из причин применения нейросетевых технологий вообще, и в аэродинамике в частности, является то, что любая непрерывная функция нескольких переменных может быть аппроксимирована с помощью искусственной нейронной сети с любой заданной точностью. В данной работе это преимущество используется для нахождения формы аэродинамического профиля, обладающего минимальным сопротивлением потоку газа. Такой подход к оптимизации осесимметричного аэродинамического профиля в потоке газа с использованием эволюционных алгоритмов оправдан сложностью решения на основе системы дифференциальных уравнений. Также аналитическое решение подобных задач возможно с помощью конформных отображений и только для узкого круга тел простых форм. Представленная авторами модель является весьма гибкой и может описывать широкий спектр тел (профилей) с использованием определенного числа свободных параметров. В работе проведено имитационное моделирование аэродинамического профиля, заданного параметрическим способом, с использованием коэффициента формы образца. Представленные результаты моделирования дают набор необходимых координат, описывающих оптимизированную структуру профиля.

Ключевые слова

Искусственная нейросеть, аэродинамический профиль, эволюционные алгоритмы, имитационное моделирование, минимизация аэродинамического сопротивления, тело в потоке газа

1. Введение

Для решения поставленной задачи – нахождения формы осесимметричного тела, обладающего минимальным сопротивлением набегающему потоку газа заданной скорости, могут быть применены аналитические методы [1], методы CFD-анализа, но все они требуют больших временных затрат, недостаточно точны, а также требуют значительных вычислительных мощностей.

С другой стороны, процесс построения обратной конструкции аэродинамического профиля, представляющий собой обратное построение геометрии профиля по имеющимся известным параметрам, является еще более сложной задачей. Как правило, такие работы выполняются путем реконструкции геометрии по заданным параметрам распределения давления [2]. Кроме того, эти работы могут быть выполнены аналитически, хотя это чрезвычайно трудоемкая задача. Поэтому актуальна разработка таких систем, которые были бы способны реализовать геометрию нужной формы профиля с учетом наложенных ограничений и заранее заданных известных условий [3,4].

В данной работе описывается возможность применения метода нейросетевых технологий, который, используя в качестве входных данных область исследования заданного профиля и скорость потока, даст возможность построить геометрическую структуру оптимизированного профиля.

2. Предлагаемая модель и результаты анализа

Основной целью исследования, описанного в работе, является получение оптимальной формы аэродинамического профиля или тела с минимальным аэродинамическим сопротивлением потоку газа заданной скорости. Исследование проводилось с использованием нейросетевых алгоритмов, позволяющих проектировать форму на основе данных о начальной скорости и начальной форме профиля. Основным критерием оценки является показатель аэродинамического качества.

Аналогичная задача уже была решена ранее [2], и мы можем использовать известные разработки для решения нашей. Ранее нами [5] уже была получена форма оптимального аэродинамического тела с минимальным аэродинамическим сопротивлением. Ее получение сводилось к вычислению математической формулы для кривой, образующей это тело при вращении вокруг оси, совпадающей с направлением потока при заданной скорости потока в 10 м/с. Результаты вычислительного эксперимента, проведенного в универсальном программном комплексе конечных элементов Ansys Fluent, показали, что при обтекании аэродинамическим потоком этой формы со скоростью 10 м/с практически отсутствует отрыв потока от поверхности, что подтверждает совпадение с линиями тока.

Отдельно следует отметить, что при моделировании алгоритм подобрал единственный параметр - значение толщины хорды крыла соответствующее моделированию, проведенному ранее. При этом основным показателем оптимизации являлось снижение силы лобового сопротивления, что соответствовало повышенному значению аэродинамического качества крыла.

3. Заключение

В заключение следует отметить, что описанный в работе метод, основанный на нейронных сетях с эволюционно-генетическими алгоритмами, позволяет реализовать обратное проектирование аэродинамических профилей по заданным начальным характеристикам. Благодаря такому подходу можно разработать профиль наилучшей геометрической формы для заданных начальных условий. В результате работы проведено имитационное моделирование аэродинамического профиля, заданного параметрическим способом, с использованием коэффициента формы основного профиля, параметра толщины хорды крыла и других параметров. Представленные результаты моделирования дают набор необходимых координат, описывающих оптимизированную структуру профиля с учетом изменения исходной геометрии в 18 %.

4. Литература

- [1] Pradhan, S. The generalized Onsager model for a binary gas mixture with swirling feed // 8th AIAA Theoretical Fluid Mechanics Conference. – 2017. – P. 214-220.
- [2] Yin, Z. Numerical study of hydrodynamic behavior of heaving cylinder buoy under regular wave / Z. Yin, C. Gao, X. Yang // Acta Energiæ Solaris Sinica. – 2017. – Vol. 38(12). – P. 3363-3367.
- [3] He, S. Laminarisation of flow at low Reynolds number due to streamwise body force / S. He, K. He, M. Seddighi // Journal of Fluid Mechanics. – 2016. – Vol. 809. – P. 31-71.
- [4] Moallemi, M. Flight dynamics and surveillance equipment simulation for trajectory based operation in unmanned aerial systems / M. Moallemi, J. Clifford, J. Neighbors, J. Pesce, M. Towhidnejad // Proceedings AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference. – 2016. – P. 7778002.
- [5] Chernov, N.N. A method of body shape optimization for decreasing the aerodynamic drag force in gas flow / N.N. Chernov, A.V. Palii, A.V. Sayenko, A.M. Maevskii // Technical Physics Letters. – 2018. – Vol. 44(4). – P. 328-330.