

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ PINN

А. С. Туманик^{1,2}, Э. Р. Пруул¹

¹Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск, Россия

²ЦКП «СКИФ», Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Кольцово, Россия

Современные методы численного моделирования играют ключевую роль в исследовании газодинамических процессов. Однако традиционные подходы, основанные на прямом решении уравнений газовой динамики, требуют высокой вычислительной мощности и могут быть чувствительны к ошибкам в начальных данных. В последние годы активно развивается подход с использованием Physics-Informed Neural Networks (PINN) [1], который позволяет комбинировать экспериментальные данные с физическими законами, что повышает точность и устойчивость реконструкции параметров течения. Авторы работы [2] продемонстрировали успешное применение PINN для решения обратных задач в сверхзвуковых течениях, что подчеркивает потенциал данного метода в области газодинамики. В данной работе рассматривается применение PINN для восстановления распределений давления и массовой скорости по экспериментальным данным плотности.

В основе подхода лежит нейросетевая модель, обучаемая на основе уравнений газовой динамики и экспериментальных данных. В качестве входных данных используется нормализованное распределение плотности, а в качестве выходных параметров – давление и массовая скорость. Функция потерь включает два компонента: ошибку реконструкции на основе экспериментальных данных и физическую регуляризацию, обеспечиваемую системой уравнений газовой динамики.

Метод протестирован на различных тестовых наборах данных. На рисунке 1 приведен анализ точности восстановления параметров одномерного стационарного течения. Полученные результаты демонстрируют, что использование PINN позволяет с достаточной точностью реконструировать профиль течения. В перспективе планируется расширение метода на многомерные нестационарные случаи и учет дополнительных физических эффектов, таких как вязкость и теплопроводность.

Работа была выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации для ЦКП «СКИФ» ИК СО РАН (FWUR-2024-0042).

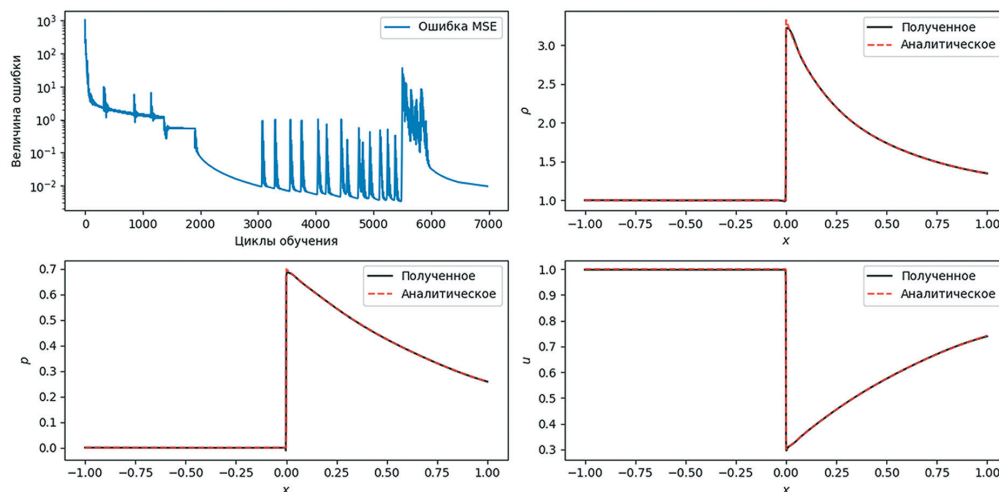


Рис. 1. Восстановление параметров одномерного стационарного течения

Литература

1. **Raissi, M.** Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations [Text] / M. Raissi, P. Perdikaris, & G. E. Karniadakis // Journal of Computational Physics – 2019. – Vol. 378.
2. **Jagtap, A. D.** Physics-informed neural networks for inverse problems in supersonic flows [Text] / A. D. Jagtap, Z. Mao, N. Adams, & G. E. Karniadakis // Journal of Computational Physics – 2022. – Vol. 449.