

### 0.1. Малышев В.А. Нейросетевые подходы к решению задач гемодинамики

В медицинской практике часто возникает необходимость построения гемодинамических симуляций для конкретного пациента. Например, пациенту предстоит перенести хирургическую операцию по установке стента в коронарную артерию, но перед её проведением необходимо спрогнозировать изменения гемодинамики сердца у этого человека. Классически это делается с помощью метода конечных элементов, который дает хорошие результаты, однако ему не хватает гибкости. Часто некоторая информация о граничных или начальных условиях может быть недоступна или некоторые особенности геометрии и свойства крови неизвестны, но доступна другая неструктурированная или неточная информация. И тогда мы переходим в область, в которой процветает машинное обучение. С целью создать новую гибкую систему, способную аппроксимировать решение уравнений математической физики при неточных, неклассических условиях, была предложена архитектура физически-информированной нейронной сети (PINN) [1]. Среди других нейросетевых подходов - сверточные нейросети [2]. Множество других исследователей теперь работают над улучшением этих систем.

В настоящей работе исследован и опробован ряд идей [3], предложенных специалистами в области физически информированных нейросетей. Особое внимание уделено преобразованию координат с использованием проекций и тригонометрических функций [4]. Изучен потенциал этих идей в повышении эффективности этих систем. В некоторых случаях были получены результаты в условиях, соответствующих гемодинамике человека. Результаты включают прямое моделирование тока крови в артерии с известными граничными условиями в таких случаях, как стеноз, тромбоз, аневризма. Используя дополнительные данные измерений в артерии удалось: определить приблизительные значения распределения скорости на входе, динамической вязкости. Результаты показывают, что существует класс случаев с достаточно гладкой границей и гидродинамическими характеристиками, соответствующими состоянию артерий человека, для которых можно эффективно решать такие задачи как: моделирование тока крови, определение гидродинамических параметров тока, частичное восстановление краевых условий.

*Научный руководитель — проф. Апушкинская Д. Е.*

#### Список литературы

- [1] RAISSI M., PERDIKARIS P., KARNIADAKIS G.E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations // Journal of Computational Physics. 2019. Vol. 378. P. 686–707.
- [2] SHEN WANG, MENDI NIKFAR, JOSHUA C. AGAR, YALING LIU. Stacked Deep Learning Models for Fast Approximations of Steady-State Navier–Stokes Equations for Low Re Flow. // Intell Comput. 2024. 3:0093.
- [3] DU TOIT J.F., LAUBSCHER R. Evaluation of Physics-Informed Neural Network Solution Accuracy and Efficiency for Modeling Aortic Transvalvular Blood Flow. // Math. Comput. Appl. 2023. Vol. 28. N. 62.
- [4] SALLAM, OMAR FURTH, MIRJAM. On the use of Fourier Features-Physics Informed Neural Networks (FF-PINN) for forward and inverse fluid mechanics problems. // Journal of Engineering for the Maritime Environment. 2023. Part M.