

**Проектирование двумерных метаматериалов с помощью методов машинного обучения с оптимальными свойствами для использования в растягиваемой электронике**

**Научный руководитель – Яковлев Максим Яковлевич**

*Игнашев Алексей Андреевич*

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,  
Россия

*E-mail: alexeyignashev@gmail.com*

Конференция «Ломоносов 2021»

Секция "Вычислительная механика"

**Проектирование двумерных метаматериалов с помощью методов машинного обучения с оптимальными свойствами для использования в растягиваемой электронике**

*Игнашев Алексей Андреевич*

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Москва, Россия

*E-mail: alexeyignashev@gmail.com*

В настоящее время потенциальные электронные приложения, такие как сенсорные оболочки, гибкие дисплеи и носимая электроника на основе хрупких материалов испытывают некоторые трудности при использовании. Одним из методов изготовления растягиваемой электроники для применения в перечисленных выше приложениях является создание метаматериала из хрупких, но высокопроводящих проводов и получение необходимых свойств с помощью изменения геометрии и комбинаций структурных элементов. [1] Особенностью задачи проектирования модульных метаматериалов является необходимость прогнозирования значений характеристик финального образца по известным данным об его составляющих.

В данной работе рассматривается модельная система - двумерная цепочка, образованная тремя структурами (спиралевидными и двумя видами серпантинных) с различными поперечными сечениями. [2][рис] Все элементы выполнены из одного материала с заданными значениями плотности, модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Целью работы является нахождение оптимальной последовательности элементов заданной формы в цепочке, для обеспечения большой способности к растяжению, но небольшого смещения вне плоскости и небольшого электрического сопротивления. Для нахождения такой последовательности используется численное моделирование в программной среде CAE Fidesys и алгоритм оптимизации на основе нейронной сети.

Главная проблема поиска оптимальных характеристик итогового метаматериала - вычислительный ресурс. Метод перебора всех возможных вариантов не применим, из-за ограниченных временных затрат на расчет.

Для решения этой проблемы на языке программирования Python с помощью библиотеки PyTorch была разработана нейронная сеть, предсказывающая оптимальное значение характеристик для заданных исходных данных. Преимущества данного метода заключаются в том, что для обучения нейронной сети можно использовать ограниченное количество запусков расчета, к тому же проводить их можно параллельно.

В данной работе исследовались свойства двумерного метаматериала, для которого была получена структура его образца, с необходимыми для растягиваемой электроники свойствами: большая способность к растяжению, небольшое смещение вне плоскости расширения и небольшое электрическое сопротивление. Применение разработанного метода при моделировании метаматериала не требует значительных временных затрат и вычислительных мощностей. Разработанная методика на основе нейронной сети апробирована в процессе проектирования и показала высокую эффективность.

### Источники и литература

- 1 Zhang, Y., Fu, H., Su, Y., Xu, S., Cheng, H., Fan, J. A., Hwang, K. C., Rogers, J. A., & Huang, Y. (2013). Mechanics of ultra-stretchable self-similar serpentine interconnects. *Acta Materialia*, 61(20), 7816-7827.
- 2 Wu, Lingling & Liu, Lei & Wang, Yong & Zhai, Zirui & Zhuang, Houlong & Krishnaraju, Deepakshyam & Wang, Qianxuan & Jiang, Hanqing. (2020). A machine learning-based method to design modular metamaterials. *Extreme Mechanics Letters*. 36. 100657.

### Источники и литература

- 1) 1. Zhang, Y., Fu, H., Su, Y., Xu, S., Cheng, H., Fan, J. A., Hwang, K. C., Rogers, J. A., & Huang, Y. (2013). Mechanics of ultra-stretchable self-similar serpentine interconnects. *Acta Materialia*, 61(20), 7816-7827.
- 2) 2. Wu, Lingling & Liu, Lei & Wang, Yong & Zhai, Zirui & Zhuang, Houlong & Krishnaraju, Deepakshyam & Wang, Qianxuan & Jiang, Hanqing. (2020). A machine learning-based method to design modular metamaterials. *Extreme Mechanics Letters*. 36. 100657.

### Иллюстрации



Рис. 1. Спиралевидные и серпантинновидные структуры