

## Решение трёхмерной задачи структурной оптимизации и 3D-печать

Научный руководитель – Вершинин Анатолий Викторович

*Цыбаков Михаил Николаевич*

*Студент (специалист)*

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

*E-mail: mihailtsybakov@yandex.ru*

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследования процесса топологической оптимизации трехмерных конструкций и их последующего создания с использованием 3D-печати. Разработан и реализован численный FEM-решатель для оптимизации конструкций методом SIMP, а также методы сглаживания и фильтрации для приближения оптимизированных моделей к условиям реального производства. Результаты оптимизации были проверены путем 3D-печати.

### 1. Введение

Топологическая оптимизация (структурная оптимизация) является численным методом проектирования, который оптимизирует распределение материала внутри заданной области, учитывая заданные граничные условия и нагрузки, для достижения максимальной эффективности конструкции. Этот метод нашел широкое применение в авиастроении, автомобилестроении, машиностроении и архитектуре.

### 2. Методология

Был разработан FEM-решатель для реализации метода топологической оптимизации SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization), который позволяет эффективно управлять распределением материала в трехмерном пространстве. Для верификации метода был проведен ряд классических тестов на оптимизацию 3D-конструкций.

### 3. Оптимизация и постобработка

После оптимизации были применены методы сглаживания и фильтрации для устранения локальных неоптимальностей и для приближения оптимизированной структуры к реальным условиям производства. Эти методы позволили улучшить качество и печатаемость моделей, сделав их более пригодными для 3D-печати.

### 4. 3D-печать и верификация

Для демонстрации практической применимости разработанного подхода был написан модуль для экспорта оптимизированных моделей в формат, совместимый с программным обеспечением для 3D-печати. Была проведена серия экспериментов по 3D-печати для проверки соответствия оптимизированных конструкций их физическим прототипам, что подтвердило эффективность и точность метода.

## **5. Заключение**

Разработанный метод топологической оптимизации с последующей 3D-печатью демонстрирует значительные перспективы для создания высокоэффективных конструкций с улучшенными механическими характеристиками и сниженным весом. Этот подход открывает новые возможности для проектирования и производства в различных отраслях промышленности, где требуется оптимизация конструкций с учетом их функциональности и экономичности.