

УДК 629.12+ 004.9

## МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С УЧЕТОМ ПРИЛОЖЕННЫХ НАГРУЗОК

Прокопенко Никита Михайлович<sup>1</sup>, ассистент кафедры  
e-mail: [nikoprk@yandex.ru](mailto:nikoprk@yandex.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** Анализ методов усиления моделей для аддитивной печати. Рассмотрение применения аддитивных технологий в кораблестроении, создании водных, подводных и воздушных дронов. Описание разработанной универсальной методики по оптимизации печати деталей сложной формы под действием сил и нагрузок. Сравнение разработанной методики, с уже существующими методами печати.

**Ключевые слова:** Анализ напряжений, Кораблестроение, аддитивные технологии, FDM печать, оптимизация, топологический анализ.

## METHODS FOR OPTIMIZATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES TAKEN INTO ACCOUNT OF APPLIED LOADS

Prokopenko Nikita Mikhailovich<sup>1</sup>, Assistant at the Department  
e-mail: [nikoprk@yandex.ru](mailto:nikoprk@yandex.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** Analysis of methods for strengthening models for additive printing. Consideration of the use of additive technologies in shipbuilding, the creation of water, underwater and aerial drones. Description of the developed universal technique for optimizing the printing of parts of complex shapes under the influence of forces and loads. Comparison of the developed technique with existing printing methods.

**Keywords:** Stress analysis, Shipbuilding, additive technologies, FDM printing, optimization, topological analysis.

### Введение

Трёхмерная печать получила широкое распространение во всех отраслях, в том числе и в кораблестроении [1]. Активно развиваются технологии по крупногабаритной печати корпусов лодок любой сложности формы, создания корпусных элементов для оборудования и других модулей кораблестроения. Ведутся работы по печати гребных винтов металлом и создания Водных и воздушных дронов [2]. Одной из проблем 3D-печати является прямая зависимость времени создания детали от объема затраченного материала.

Поэтому существует множество методик по оптимизации самих моделей для печати для экономии времени и материалов.

### Методы усиления деталей

Один из используемых методов – использование масок внутри программы-слайсера (слайсер – ПО для создания управляющей программы для печати). Элементы детали, которые пересекаются с данной трехмерной маской будут иметь другие настройки печати (например, будут цельными, а не полыми).

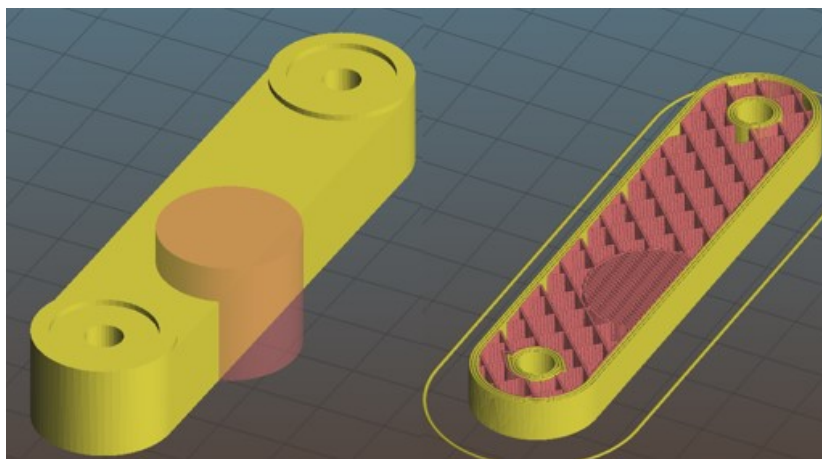


Рисунок 1 – использование масок в среде Slic3r

Такие возможности доступны в ограниченном числе слайсеров и не получила широкого применения. Тем не менее были проведены тесты данной методики с применением масок, созданных на основе анализа напряжений рассматриваемой детали, а затем и масок, созданных при помощи топологического анализа.

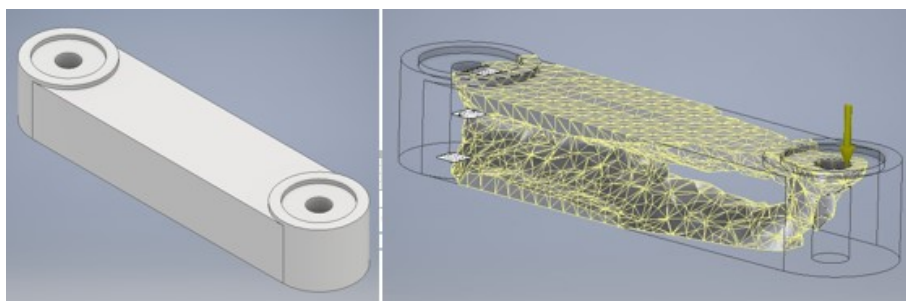


Рисунок 2 – Модель, полученная при помощи топологического анализа

Так как методика не является универсальной для большинства слайсеров было решено рассмотреть другие способы усиления детали с последующей оптимизацией.

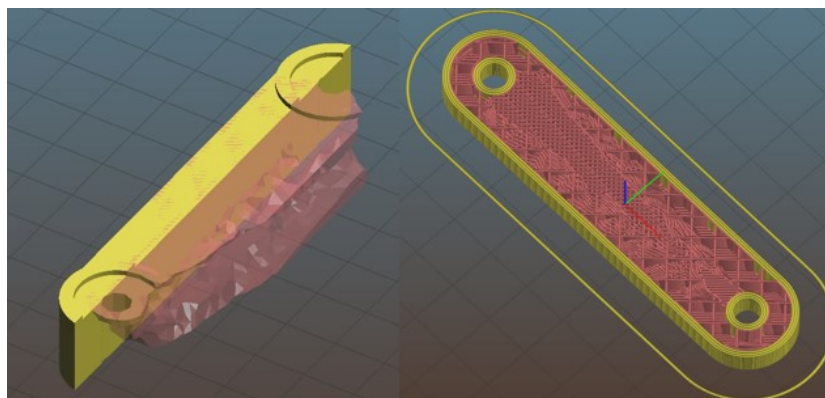


Рисунок 3 – Изменённое наполнение с применением оптимизированной маски

Одним из таких методов было изменение настроек печати с учетом топологического анализа, что легло в основу создания масок, но такие методы чаще всего требуют использования собственного слайсера, который будет создавать УП.

Поэтому был рассмотрен метод создания полостей внутри детали. Данный процесс опирается на основной принцип, по которому работает стандартная 3D печать – каждая деталь рассматривается как оболочка, которую слайсер заменяет стенками из пластика.

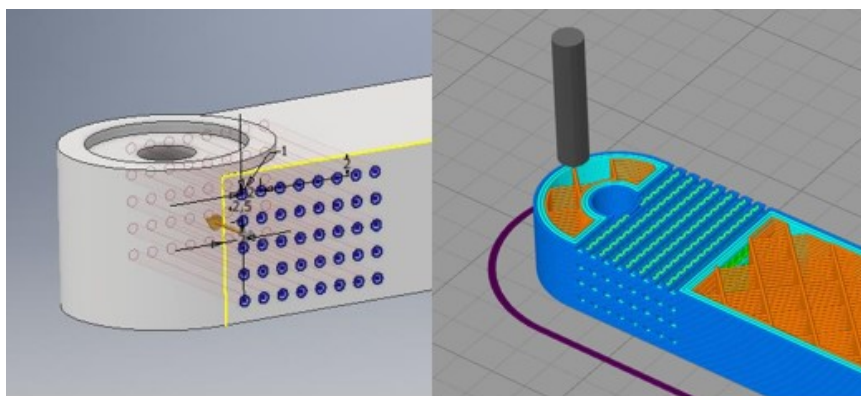


Рисунок 4 – Матрица из сквозных отверстий

При этом деталь получается полой, имея внутри только сетку-поддержку для слоев выше. Созданные полости будут рассматриваться как часть оболочки, и соответственно описываться стенкой из материала, создавая таким образом стержень внутри детали. Для этого в детали создают сквозные отверстия в случайном порядке, или по усмотрению пользователя. Было решено создавать матрицы из отверстий на основе анализа напряжений и топологического анализа.

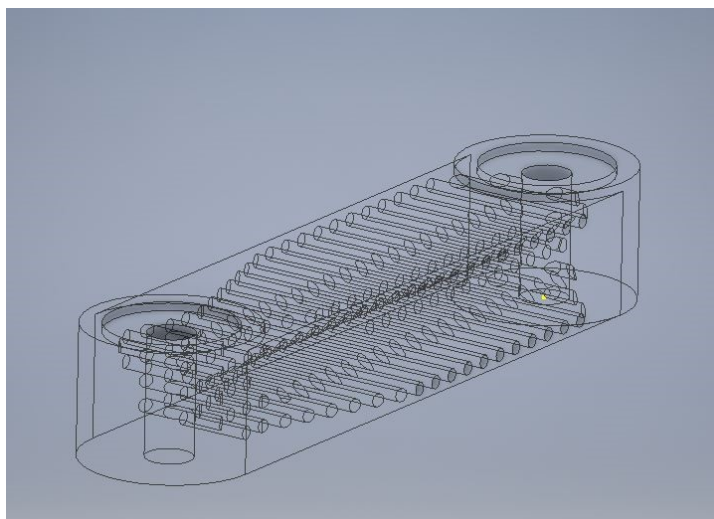


Рисунок 5 – Созданная матрица из отверстий, повторяющая фигуру из топологического анализа

В данном примере деталь имеет отверстия большого диаметра для наглядности процесса вид получившейся реальной детали можно увидеть на рисунке 6.

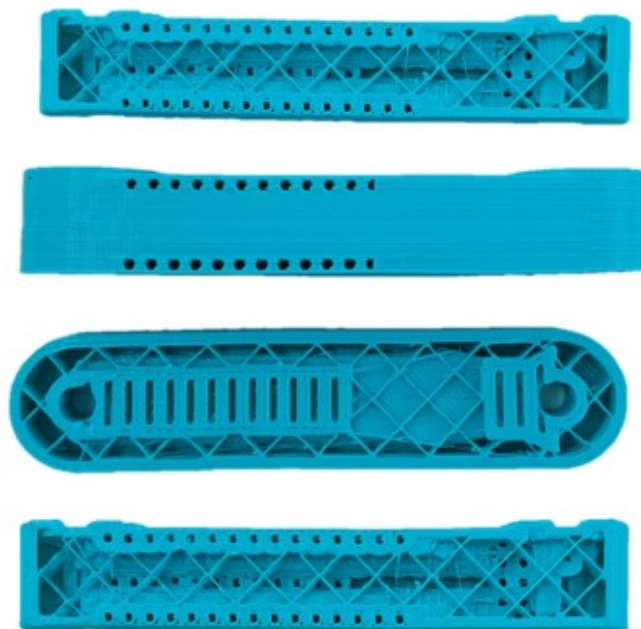


Рисунок 6 – Разрез реальной детали

В дальнейшем было решено применять более простые формы для создания отверстий в детали, например сферы. При применении сферических отверстий существует возможность располагать элементы усиления более разнообразно и с большим количеством вариаций.

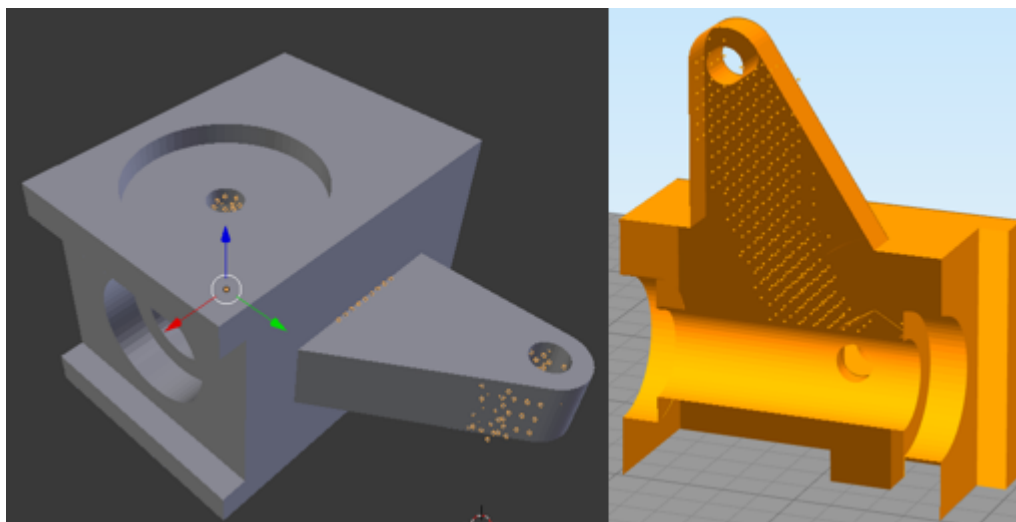


Рисунок 7 – Деталь с использованием элементов-сфер

### Заключение

Подобные модификации деталей позволяют применять аддитивную печать пластиком в макетировании и реальных случаях, когда деталь должна выдерживать определённые нагрузки. Данная методика уже применяется в прототипировании различных проектов, например в создании макетов модулей хаусботов [3] и разработке макета канатной дороги [4].

### Список литературы:

1. Duane Marrett, Additive Manufacturing Becoming a Disruptive Force in Marine Tooling–2017 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://blog.thermwood.com/additive-manufacturing-becoming-a-disruptive-force-in-marine-tooling-blog-0>
2. E.V. Kozlova, V.V. Yakinchuk, K.A. Starikov, A.V. Bolshakova A.A. Bocharov Life Cycle Management of the 3D-printer Technology to Design an Underwater Drone Hull to Study the Arctic Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 625, International Round Table "Modern Problems of the Arctic" 25 June 2020, Saint-Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Russian Federation
3. Гордлеева, И. Ю. Обзор импортозамещения на рынке хаусботов и предложение по выбору силового агрегата с применением гидроприводов / И. Ю. Гордлеева, С. Д. Гордлеев, И. В. Никитаев // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – № 68. – С. 40 – 58. – DOI 10.37890/jwt.v68.212. – EDN QPAEDQ.
4. Гордлеева, И. Ю. Канатная дорога на мускульной тяге / И. Ю. Гордлеева, И. В. Никитаев, Д. В. Веселов // Цифровой регион. Социально-экономическое развитие сельских территорий: опыт, компетенции, проекты: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Княгинино, 28 – 29 марта 2023 года. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2023. – С. 121 – 123. – EDN LKZEFM