

УДК 621.763

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ ТИПА «КРОНШТЕЙН»

Зыбин Денис Николаевич⁽¹⁾, Калинин Даниил Андреевич⁽²⁾

Магистр 1 года⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾,
кафедра «Технология машиностроения»
Новосибирский государственный технический университет

Научный руководитель: Е.Д. Головин,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»

Аннотация

Исследование посвящено оценке эффективности генеративного дизайна. С использованием Autodesk Inventor проведена топологическая оптимизация, позволившая снизить массу детали на 74% при сохранении запаса прочности $\geq 1,8$. Результаты подтверждены статическим анализом напряжений. Методы генетических алгоритмов и машинного обучения обеспечили создание структур, требующих аддитивных технологий. Работа демонстрирует потенциал подхода для авиации и энергетики, где критично снижение веса конструкций.

Ключевые слова: генеративный дизайн, оптимизация конструкции, проектирование.

Введение

Вычислительные алгоритмы и искусственный интеллект всё шире находят применение в инженерной среде. Одним из таких новых современных методов является генеративный дизайн или генеративное проектирование. Метод эффективен в создании конструкций, которые в сравнении с традиционными методами проектирования, имеют меньшую массу при сохранении функциональной жёсткости и прочности [1].

Инженер-конструктор при использовании такой технологии определяет целевые параметры и условия работы детали, а результат в виде трёхмерной модели генерируется программным обеспечением (ПО) без его участия. Конструктор может сгенерировать множество вариантов исполнения детали, а затем принять решение, какой из вариантов следует доработать и/или использовать на практике [2,3].

1. Актуальность генеративного проектирования

Генеративное проектирование использует ИИ и алгоритмы топологической оптимизации, создаёт сложные структуры, позволяет значительно снизить массу деталей. Снижение массы критически важно для авиации, энергетики и медицины. Однако, сгенерированные структуры невозможно изготовить традиционными методами, но целесообразно использовать аддитивных технологий [3].

2. Построение изделий по исходной твердотельной модели

В качестве демонстрации работы технологии генеративного дизайна была выбрана программа Autodesk Inventor, в которой уже встроена функция «генератор форм», что по сути и является технологией генеративного проектирования.

Примером была взята конструкция кронштейна под навесное оборудование. Ключевая задача данного проектирования - уменьшение веса изделия с неизменными прочностными характеристиками детали.

Была построена конструкция кронштейна, выставлены закрепления, силы, имитирующие нагрузку детали при эксплуатации.

Перед генерацией были обозначены области сохранения конструкции - места, которые функция «генератор форм» не затрагивает. Рабочая сила в 1060 Н действует на верхнее крепежное отверстие в двух направлениях.

В итоге, масса детали была снижена на 74%, ненужные элементы изделия по расчетам программы были удалены. Был проведен статический анализ для исходной и сгенерированных деталей (Рис. 1).

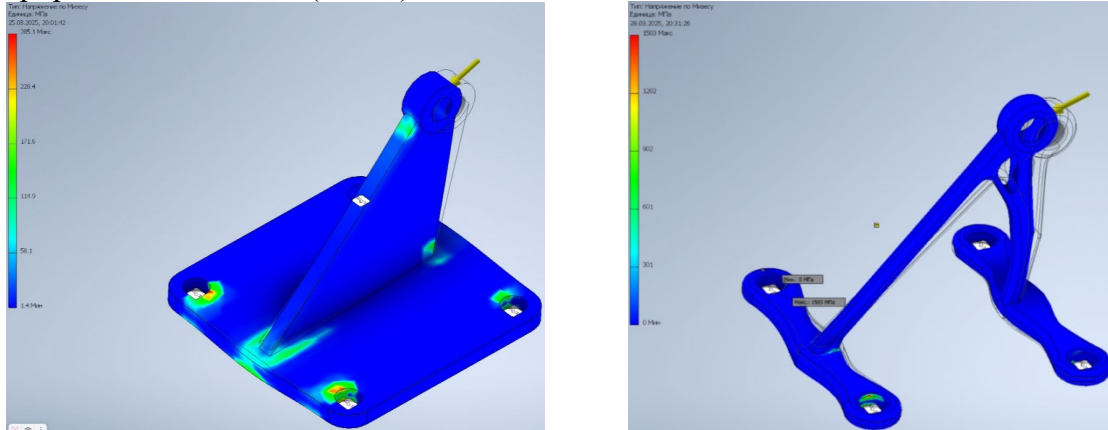


Рисунок 1 – Результат статического анализа исходной и сгенерированной детали

По результатам расчетов, видно, что напряжения при рабочей нагрузке не превышают допустимые, значит, программа сгенерировала «облегченную» модель верно. Максимальное напряжение увеличилось, однако запас прочности конструкции допускает такую нагрузку.

3. Выводы

Проведя ряд генераций и расчетов на прочность, смогли достичь оптимального результата, который имеет значительно меньшую массу. Генеративный дизайн позволил снизить массу детали на 74% при сохранении запаса прочности не менее чем 1,8 раза.

Литература

1. Rajkumar Bhagat, Vedant Satpute, Abhay Sirsat, Ankit Shejwal. (2023). Comparative Study of Conventional and Generative Design Process. *International journal for research in applied Science & Engineering Technology*. Volume 11, issue V. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.52834>
2. Hui Wang, Yongqi Huang, Zhiqiang Zhang, Yannan Zhao, Yun Sun. (2024). Generative design and topology optimization research for single-layer aluminum alloy grid shell connections, *Case Studies in Construction Materials*, Volume 21, Chongqing University, China. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03781>
3. Luka Gradišar, Matevž Dolenc, Robert Klinc. (2024). Towards machine learned generative design. *Automation in Construction*, Volume 159, Ljubljana, Slovenia. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105284>