УДК 515.1

ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТАЛИ «КРОНШТЕЙН ПРАВЫЙ»

Федотов А.И., Карасёв И.А., Лигачёв С.В., Гришин А.И., Бахтинов Д.Д.,
студенты гр. 17В31
Научный руководитель: Ибрагимов Е.А., к.т.н.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета,
Кемерово, г. Юрга

Современное машиностроение и промышленное производство стремительно развиваются в направлении повышения эффективности, сокращения сроков изготовления и оптимизации расхода материалов. Одним из наиболее перспективных направлений, обеспечивающих решение указанных задач, являются технологии аддитивного производства. В отличие от традиционных методов обработки, основанных на снятии материала, аддитивные технологии формируют изделие послойным наращиванием структуры, что открывает возможности создания геометрически сложных деталей, снижает себестоимость изготовления малосерийных партий и позволяет проводить быструю модернизацию конструкций.

Объектом статьи является деталь «Кронштейн правый», предназначенная для использования в механических узлах различного назначения. Цель работы - разработать технологию аддитивного производства данной детали, обеспечивающую требуемые эксплуатационные характеристики при минимальных затратах материала и времени изготовления.

1. Обоснование выбора программы КОМПАС-3D

КОМПАС-3D является одной из наиболее подходящих программ для разработки 3D-моделей по российским чертежам, так как она полностью соответствует требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), что подтверждается множеством пользователей, которые выполняют 3D-модели в других САПР-системах, а чертежи и спецификации создают в КОМПАС-3D. Кроме того, программа обладает высокой производительностью при работе со стандартными и типовыми элементами. А также данная программа наиболее привычна и удобна для нас, так как у нас имеется опыт работы в данной CAD-системе.

Метод построения 3D-модели

Наиболее эффективным методом построения 3D-модели кронштейна по данному чертежу будет использование выдавливания. Этот метод позволяет создавать трехмерные объекты на основе двумерных эскизов. Процесс может быть реализован следующим образом:

1. Создание базового эскиза на одной из плоскостей, соответствующего основной форме детали (например, вид спереди или сверху).

2. Выдавливание этого эскиза на необходимую толщину.

3. Создание новых эскизов на поверхностях уже созданной модели для добавления или вырезания элементов (отверстий, пазов, скруглений, фасок и т.д.).

4. Использование булевых операций для объединения или вычитания тел, что позволяет получить финальную форму детали.

Обзор аналогичного программного обеспечения

Для 3D-моделирования существует множество альтернативных программных продуктов, которые также могут быть использованы для создания 3D-модели данного кронштейна. К наиболее известным аналогам КОМПАС-3D относятся:

- **SolidWorks:** широко распространенная САПР-система, имеющая мощные инструменты для моделирования деталей и сборок.
- **AutoCAD:** несмотря на то, что это в первую очередь программа для 2D-черчения, она также имеет функционал для 3D-моделирования.
- **PTC Creo:** комплексная САПР-система, позволяющая работать с различными типами моделей.
- **Renga:** российская BIM-система, предназначенная для проектирования зданий и сооружений, но имеющая также функционал для 3D-моделирования.
- **Blender:** бесплатная программа с открытым исходным кодом, предназначенная в основном для создания компьютерной графики, но имеющая мощные инструменты для моделирования, в том числе для технических деталей.
- **TinkerCAD:** бесплатный онлайн-инструмент, ориентированный на начинающих пользователей и позволяющий легко создавать простые 3D-модели.
- **T-FLEX:** российская программа для профессионального проектирования и создания чертежей, удобная для разработки технических деталей и сборки изделий.

Каждая из этих программ имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретных задач и требований проекта.

2.Топологическая оптимизация модели

Топологическая оптимизация — это метод, который позволяет найти оптимальное распределение материала в заданном объеме для достижения максимальной жесткости или прочности при заданных нагрузках и граничных условиях. В результате оптимизации из модели могут быть удалены "лишние" участки, что приводит к снижению веса детали при сохранении ее прочностных характеристик.

Процесс топологической оптимизации для данной модели кронштейна будет включать следующие шаги:

1. **Задание граничных условий и нагрузок:** как и при обычном CAE-анализе, необходимо определить места закрепления детали и силы, которые на нее действуют.

• **Закрепления:** вероятно, это будут 6 отверстий, 4 отверстия диаметром 9 мм и 2 отверстия диаметром 8 мм, на верхней плоскости, которые крепят кронштейн к основанию.

• **Нагрузки:** нагрузки могут быть приложены к отверстию диаметром 60 мм. Первая нагрузка будет направлена перпендикулярно основанию детали, т.е. внутри отверстия на всю поверхность (рисунок 1).

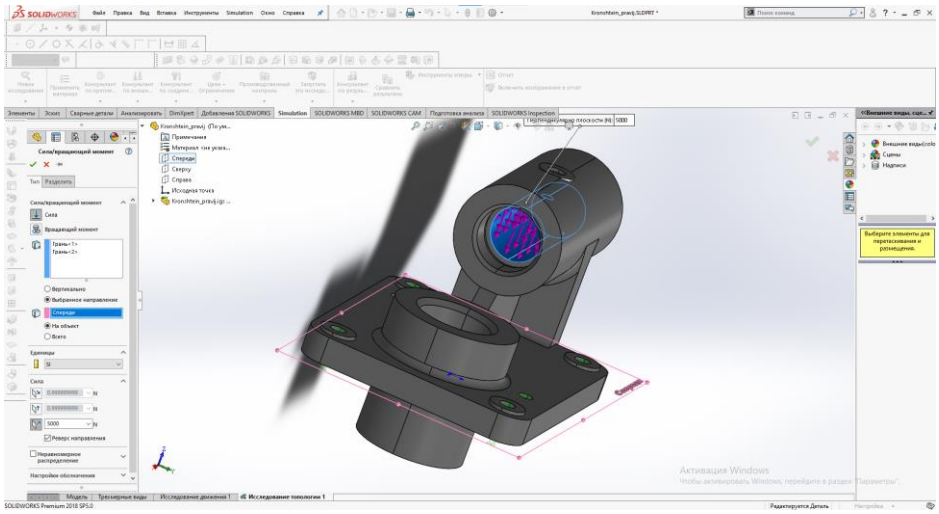

Рисунок 1 – Указание первой нагрузки

Вторая нагрузка будет перпендикулярно давить на грань отверстия (рисунок 2).

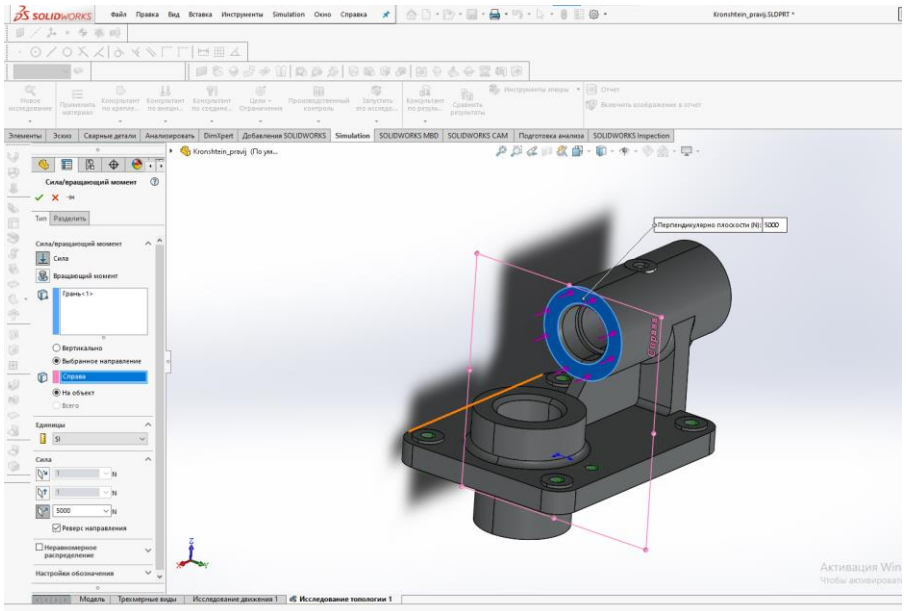

Рисунок 2 – Указание второй нагрузки

Обе нагрузки составляют 5000 Н равные 500 кг.

2. **Определение цели оптимизации:** минимизация веса при сохранении заданной жесткости. Начальный вес детали – 5,23 кг.

3. **Проведение оптимизации:** специализированное программное обеспечение - SolidWorks Simulation, на основе заданных параметров

автоматически удаляет материал из тех областей, которые не вносят существенного вклада в прочность.

4. **Анализ результата:** в результате получается новая, более легкая и эффективная форма детали, которая может быть визуально необычной, но оптимальной с инженерной точки зрения (рисунок 3). После оптимизации обычно требуется доработка полученной геометрии для обеспечения технологичности изготовления (например, удаления острых углов и сглаживания поверхностей).

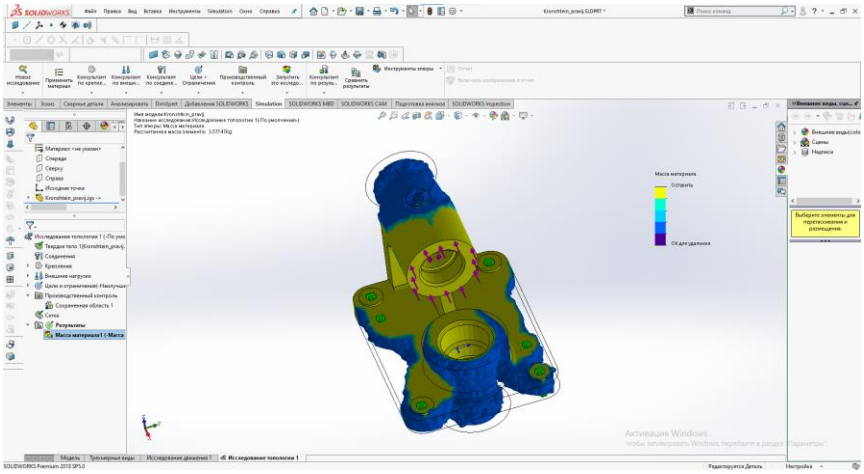

Рисунок 3 – Результат топологического исследования

Итогом топологической оптимизации станет кронштейн, который имеет меньшую массу, равную 4,57 кг., но при этом обладает необходимой прочностью (рисунок 4).

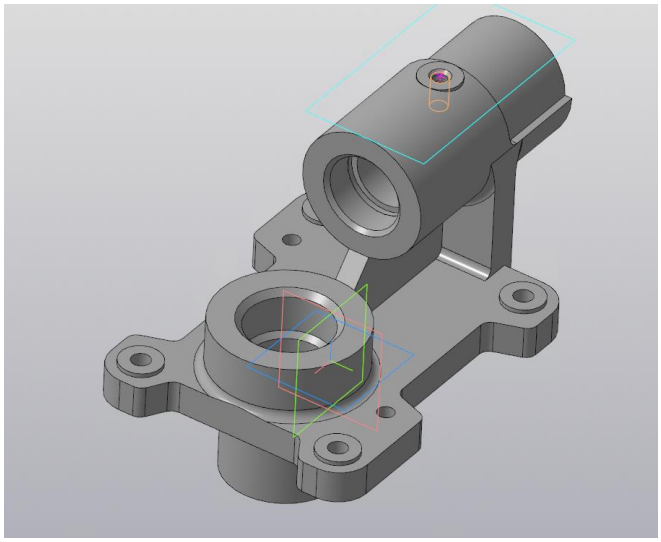

Рисунок 4 – Оптимизированная деталь «Кронштейн правый»

Список литературы:

1. Habr.com - Обзор софта для топологической оптимизации и бионического дизайна [Электронный ресурс] // URL:

https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/411999/ (дата обращения 06.11.2025).

2. Solidworks.com - SOLIDWORKS – Анализ оптимизации с использованием исследования топологии [Электронный ресурс] // URL: https://blogs.solidworks.com/teacher/2025/05/lesson-3-solidworks-optimization-analysis-using-a-topology-study.html#:~:text=Topology%20Optimization%20is%20a%20technique,Frequency%20constraints%20can%20be%20targeted. (дата обращения 08.11.2025).