

Отправьте статью сегодня! Журнал выйдет **23 мая**, печатный экземпляр отправим **27 мая**

Опубликовать статью

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

Топологическая оптимизация направляющей рельсы

🔍 Поиск по статьям

🔍 ☰

Автор

Бурау Алексей Вадимович

Научные руководители

Баранова Екатерина Дмитриевна,
Пуказов Ярослав Геннадьевич

Технология

21.08.2024 👁 82 🔗 Поделиться   

Аннотация

В статье автор описывает процесс по топологической оптимизации направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000 в программном модуле APM FEM работающем на базе Компас-3D.

Библиографическое описание

Ключевые слова: APM FEM, топологическая оптимизация, Компас-3D, задняя подвеска снегохода, направляющая рельса гусеницы, Фронтьер 1000.

Топологическая оптимизация — это метод инженерного анализа и проектирования, который позволяет оптимизировать форму и структуру объектов с использованием минимального количества материала. Суть этого метода заключается в анализе и изменении распределения материала внутри объекта с целью достижения оптимальных механических свойств при минимальной массе [1]. Топологическая оптимизация ориентирована на создание легких, прочных и жестких конструкций, что позволяет снизить затраты на материалы, улучшить производительность и эффективность объекта [2]. Важным аспектом этого метода является использование современных компьютерных технологий для проведения анализа и оптимизации формы и структуры объекта.

Целью данной работы являлось создание и топологическая оптимизация модели элемента задней подвески снегохода (направляющей рельсы гусеницы) и расчёт на прочность в программном комплексе APM FEM.

В задачи данного проекта входило исследование требований и условий эксплуатации, т. к. требования к подвеске могут существенно различаться в зависимости от конкретных условий эксплуатации снегохода. Необходимо было изучить требования к прочности, жесткости, амортизации и управляемости подвески для различных типов поверхностей, на которых будет эксплуатироваться снегоход [3]. Затем мы приступили к проектированию оптимизированной модели задней подвески снегохода Фронтьер 1000 с использованием программы Компас-3D [4]. Разработав первоначальную модель направляющей рельсы гусеницы, мы приступили к применению топологической оптимизации. Применить методику топологической оптимизации для определения оптимальной формы и распределения материала в конструкции подвески, получилось снизить массу подвески, сохраняя при этом нужные механические характеристики. Используя модуль APM FEM [5] который является расширением программы Компас-3D, удалось создать и проанализировать несколько вариантов оптимизированной модели подвески. Различные параметры и условия были изменены для определения наилучшего решения. После анализа и тестирования разработанной оптимизированной модели подвески снегохода в различных условиях, мы провели оценку ее производительности и сравнили результаты с базовыми моделями. Это позволило определить эффективность применения топологической оптимизации.

Для топологической оптимизации необходимы были следующие программы: Компас-3D и APM FEM. После получения необходимых лицензий, мы приступили к процессу топологической оптимизации направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000 (рис.1).

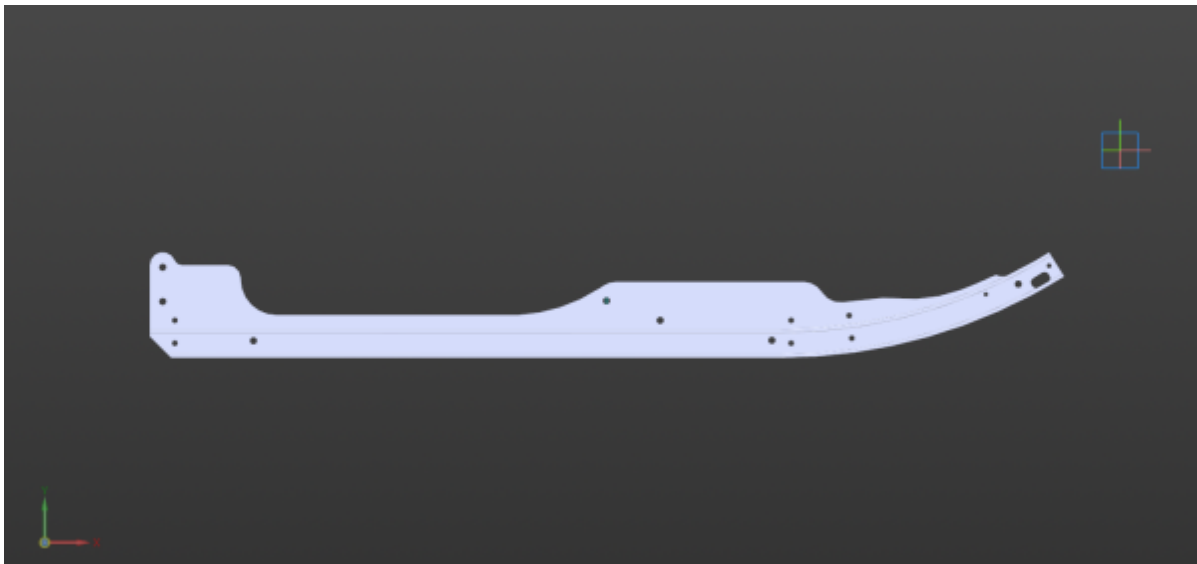


Рис. 1. Направляющая рельса гусеницы снегохода Фронтьер 1000

Направляющая рельса гусеницы — это металлическая балка или профильная труба, которая служит для удержания гусеницы снегохода в нужном положении и направлении. Она помогает предотвратить соскальзывание гусеницы с колес и обеспечивает ей оптимальное движение по поверхности. Направляющие рельсы гусеницы находятся на ведущих и поддерживающих колесах механизма, их конструкция может различаться в зависимости от типа и назначения снегохода [3].

Первый этап топологической оптимизации заключается в задании точек крепления направляющей рельсы, для этого необходимо указать координаты узлов, к которым она будет крепиться. Это обеспечит правильное фиксирование направляющей рельсы и передачу ей всех необходимых свойств для обеспечения требуемой работы. Переходим в APM FEM и выбираем “Удаленное закрепление” С помощью него мы сможем моделировать резинометаллические шарниры. Изучив принцип работы задней подвески снегохода, мы получили 6 удаленных закреплений, которые выделены красными линиями (рис. 2).

Для моделирования приложения нагрузок на направляющую рельсу гусеницы необходимо определить точки приложения сил и их амплитуду. Это позволит рассчитать напряжения и деформации в материале, направляющей рельсы и оценить ее работоспособность. Для каждого нагружения мы задали свою нагрузку. В итоге, наша деталь выглядит так (рис. 2):



Рис. 2. “Удаленное закрепление” и нагрузку на направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

В APM FEM нажимаем материал. Задаем всей детали материал — сталь. Параметры материала указаны на рис. 3.

Параметры материала

На основе существующего в модели материала:

Загрузить

Модуль упругости нормальный, [Н/мм ²]	200000
Коэффициент Пуассона, [-]	0.3
Плотность, [кг/мм ³]	7.8000011114
Температурный коэффициент линейного расширения, [1/°C]	1.2e-05
Теплопроводность, [Вт/(°C·мм)]	0.055
Удельная теплоемкость, [Дж/(кг·°C)]	462
Предел прочности при сжатии, [Н/мм ²]	410
Предел прочности (Временное сопротивление), [Н/мм ²]	410
Предел текучести, [Н/мм ²]	235
Предел выносливости при растяжении, [Н/мм ²]	209
Предел выносливости при кручении, [Н/мм ²]	139

OK Отмена

Рис. 3. Параметры материала в интерфейсе модуля APM FEM для Компас-3D

Далее идет процесс генерации конечной элементной сетки. Конечная элементная сетка — это совокупность точек (сеточных узлов), заданных в области некоторой функции. В APM FEM нажимаем генерация КЭ сетки и задаем параметры. Максимальная длина стороны элемента — 5 мм. Это хороший размер сетки для такой конструкции. Обязательно нужно выбрать 4-узловые тетраэдры. Поскольку 10-узловые тетраэдры слишком усложняют расчет топологической оптимизации и не вносят точности в оптимизации. Ставим галочку — “Для топологической оптимизации”, чтобы сетка была равномерная, для получения возможности построения равно толщиной сетки. Ставим галочку и начинается генерация (конечное элементное разбиение) (рис. 4).



деталь на расчет линейной статики. После расчета открываем карту результатов для статического расчета (рис. 5).

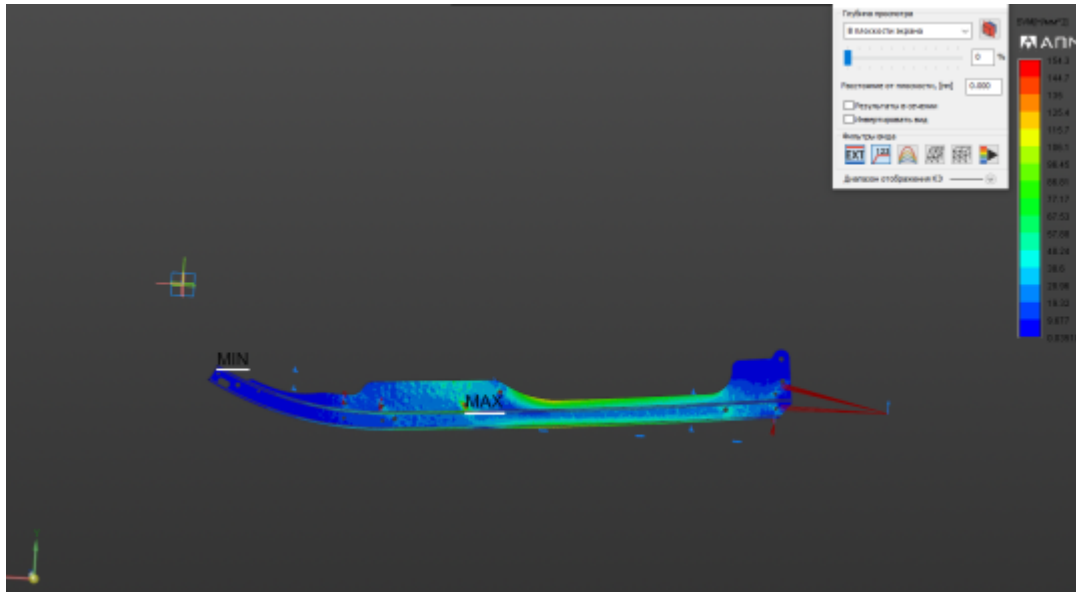


Рис. 5. Карта результатов расчета напряжений направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

Допустим смотрим перемещения для загрузки “СнегРеакцияПеред”. Перемещения составляют пару миллиметров. Одно из самых больших загрузок является загрузка “ВпередАсфальт+поворот”. Смотрим напряжение. Они составляют 143 МПа. На самом деле для такой конструкции это очень маленькое напряжение. Как правило в них возникает напряжение 150–200 МПа. Мы посмотрели, что с точки зрения статического расчета все хорошо и это значит, что деталь можно отправлять на топологическую оптимизацию.

Наша задача найти конструкцию максимальной жесткости по всем расчетным случаям. Ограничения на объем 30 процентов. В разделе “Топологическая оптимизация” выбираем оптимизированную задачу “максимизация жесткости”. Нам необходимо задать тело нашей направляющей рельсы в качестве области проектирования. Задаем объем 20 процентов. Выбираем галочку “Ограничение минимальной толщины” И задаем равной двойной конечного элемента. Мы выбрали 15 мм значит мы задаем 30, а лучше даже 40. В качестве расчетных случаев указываем каждое из загрузений, которые ввели ранее. Во вкладке “топологическая оптимизация” выбираем параметры расчета, указываем оптимизатор ОС. Количество итераций — 100. КЭ сетку нужно пересоздать чтобы обновились данные для топологической оптимизации. После этого отправляем на расчёт. После расчета мы получаем данное изображение (рис. 6):

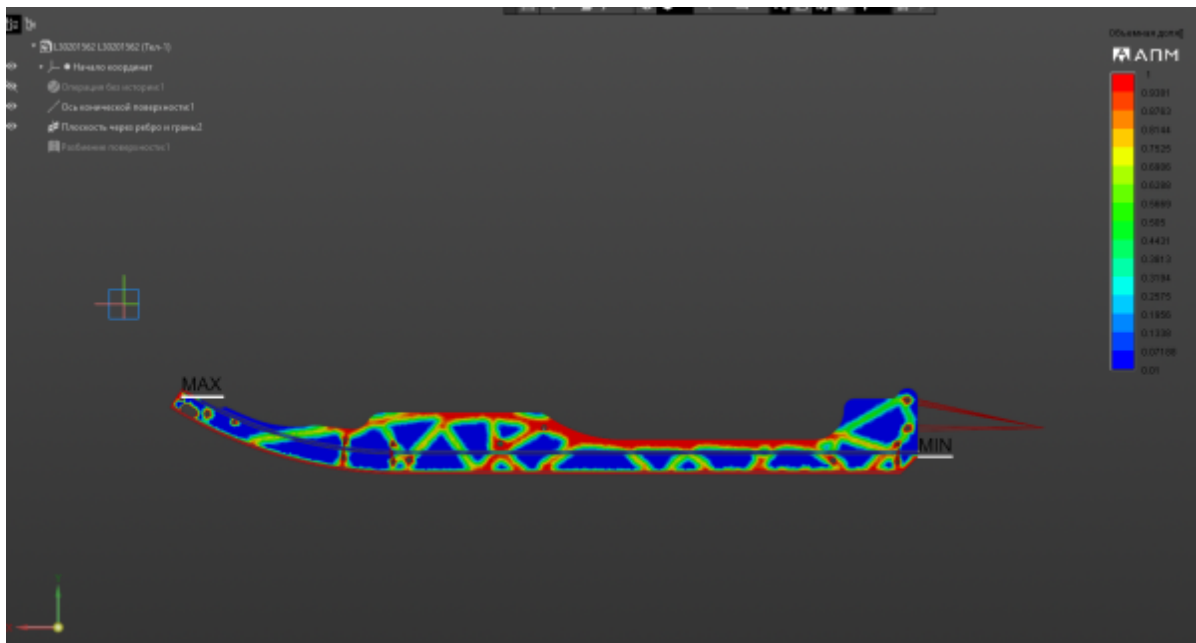


Рис. 6. Карта результатов топологической оптимизации направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

Синий окрас показывает, где мы имеем излишки металла, которые мы вырезаем с помощью функции “Название”. В итоге у нас получается конечный продукт (рис. 7):



Рис. 7. Топологически оптимизированная направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

В ходе работы над проектом нам удалось провести топологическую оптимизацию на базе программного обеспечения Компас-3D и дополнения APM FEM, а также описать данный процесс. Используя информацию и рекомендации из данного проекта, любой желающий сможет использовать предложенный метод, который может эффективно решать задачи топологической оптимизации для нескольких материалов, минимизируя энергию деформации и обеспечивая конструкции с максимальной жесткостью. Развитие и дополнение своего проекта в будущем видится в решении оптимизационной задачи “Анализ напряжений в...”

3. Дерунов Г. П., Кириндас А. М., Ксенофонтов И. В. Машинная тяга саней. История русского снегохода // Рыбинск: Медиарост. — 2021.

4. КОМПАС-3D: О программе — официальный сайт САПР КОМПАС. — Текст: электронный // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС: [сайт]. — URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения: 31.05.2024).

5. Система прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/apm-fem> (дата обращения: 31.05.2024).

Можно быстро и просто опубликовать свою научную статью в журнале «Молодой Ученый». Сразу предоставляем препринт и справку о публикации.

Опубликовать статью

Ключевые слова

APM FEM

топологическая оптимизация

Компас-3D

задняя подвеска снегохода

направляющая рельса гусеницы

Фронтьер 1000

