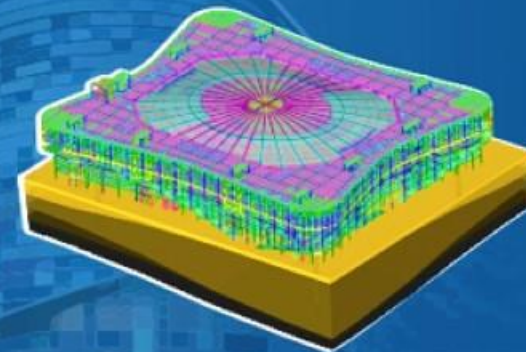




ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ для МАШИНОСТРОЕНИЯ и СТРОИТЕЛЬСТВА



Расчеты конструкций с использованием
программных продуктов НТЦ «АПМ»





НТЦ «АПМ» - российский производитель САЕ-систем

30 лет

Производим расчетное
программное обеспечение

40 задач в год

Выполняет собственный
расчетный отдел

100%

Ведем постоянную
верификацию продуктов

> 2000 клиентов

Предприятия и ВУЗы

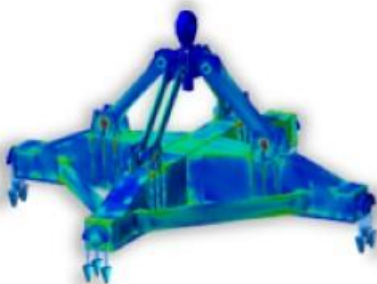


Линейка программных продуктов от НТЦ «АПМ»



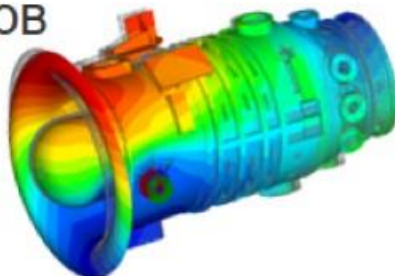
APM FEM

Система
прочностного
анализа для
КОМПАС-3D



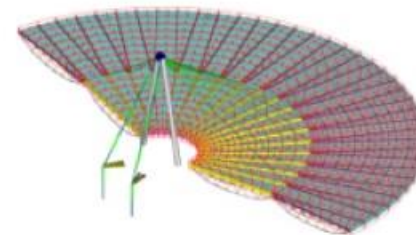
APM WinMachine

Прочностной расчет
и проектирование
конструкций,
деталей машин
и механизмов



APM Civil Engineering

Расчет и проектирование
конструкций
для промышленного
и гражданского
строительства





ПЕРЕЧЕНЬ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ

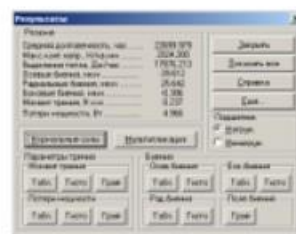
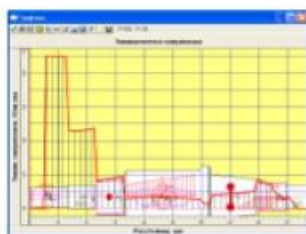
CAE

1. Расчеты деталей машин и механизмов
2. Расчеты соединений элементов конструкций
3. Подготовка 3D-моделей к КЭ-анализу
4. Генерация конечно-элементных сеток
5. Линейный статический расчет
6. Усталостный расчет (выносливость)
7. Анализ устойчивости
8. Расчет собственных частот
9. Нелинейный анализ
10. Динамический анализ
11. Тепловой анализ
12. Топологическая оптимизация
13. Расчет FSI (fluid-structure interaction)
14. Работа с изо- и анизотропными материалами

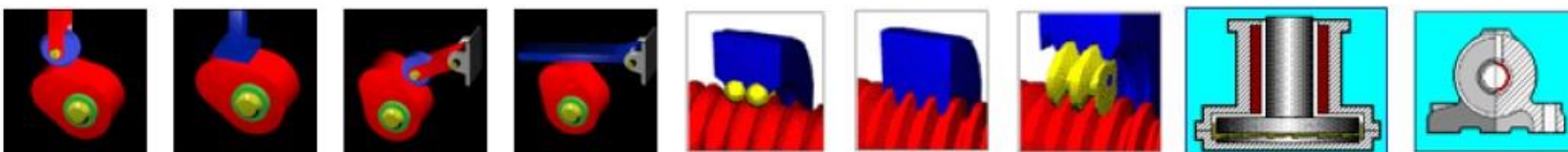
...



РАСЧЕТ и ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН и МЕХАНИЗМОВ



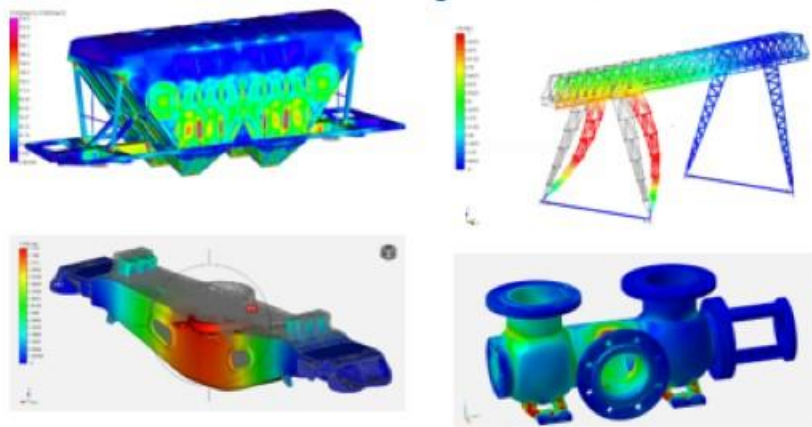
- Проектировочный расчет
- Проверочный расчет
- Проектирование «с ограничениями»
- Использование БД пользователя
- Автоматическое создание чертежей и текстового отчета



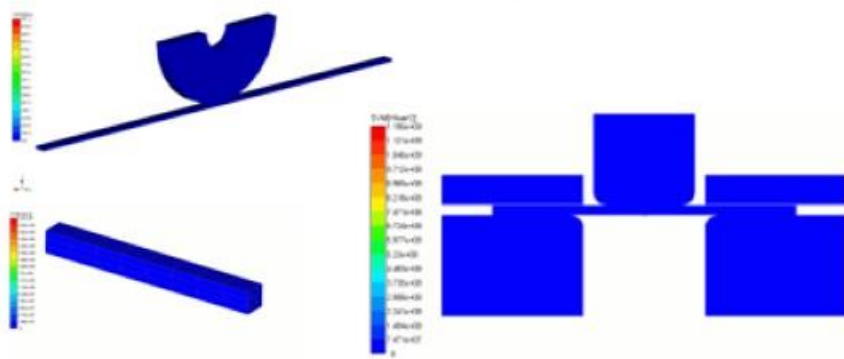


ПРИМЕРЫ ВЫВОДА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА

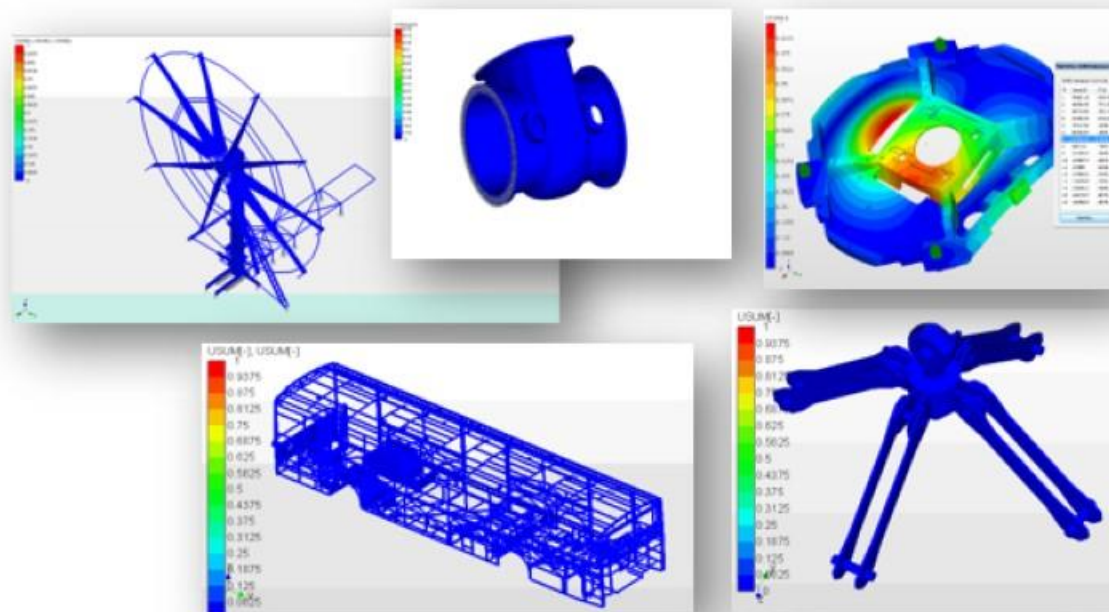
Линейные решения



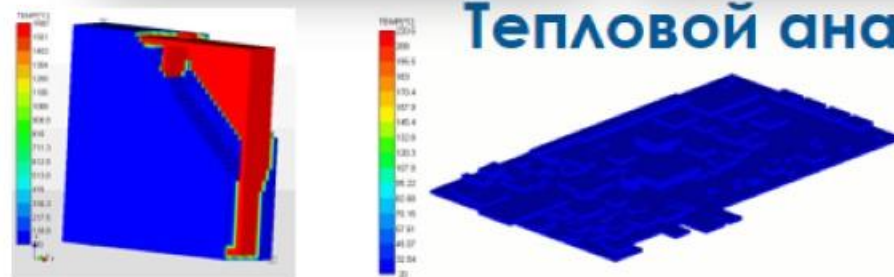
Нелинейные решения



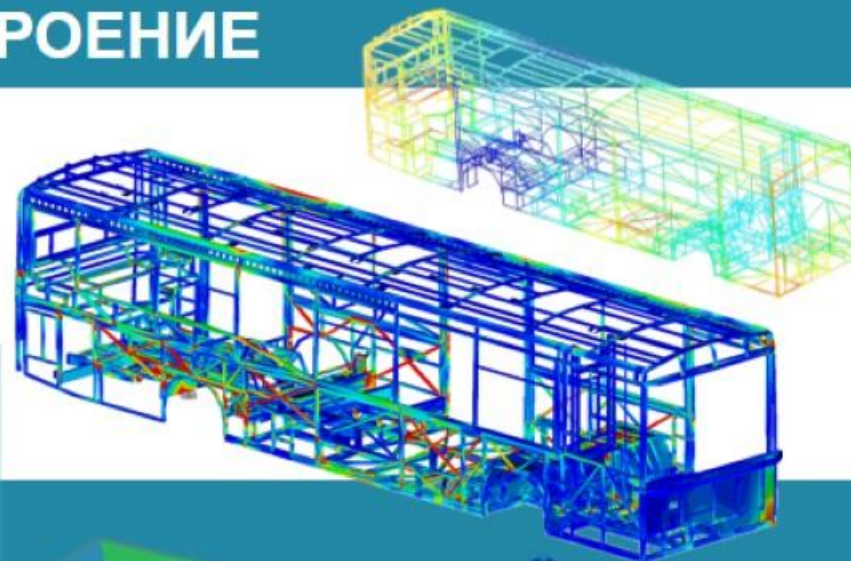
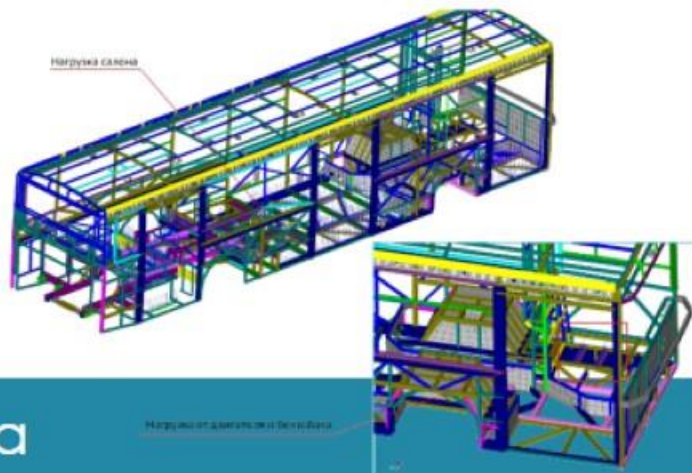
Динамический анализ



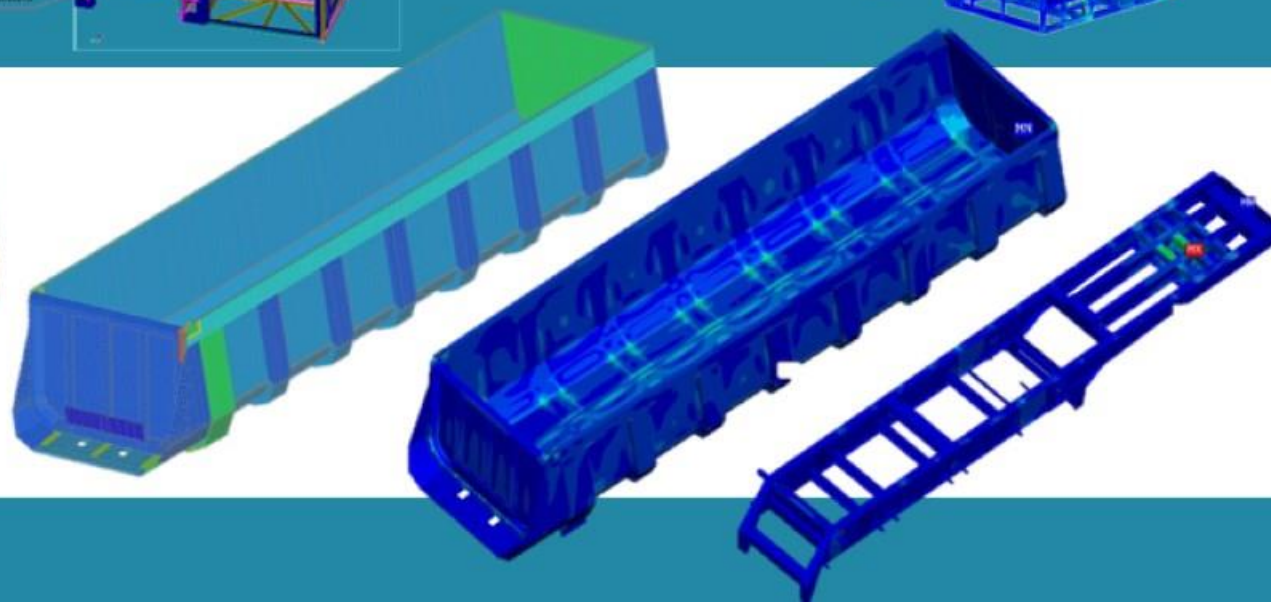
Тепловой анализ



АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ



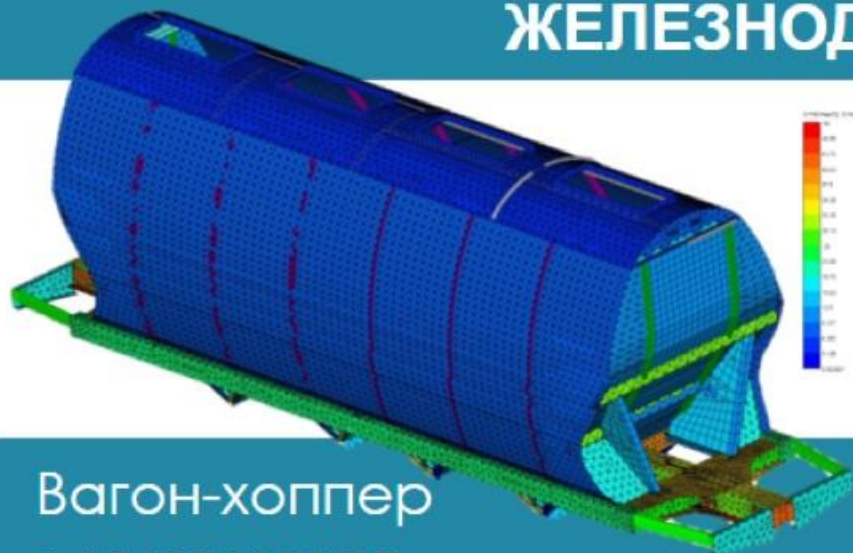
Каркас автобуса



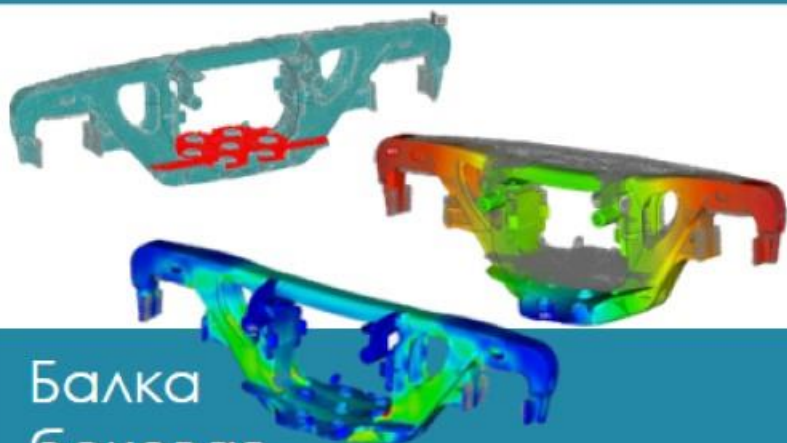
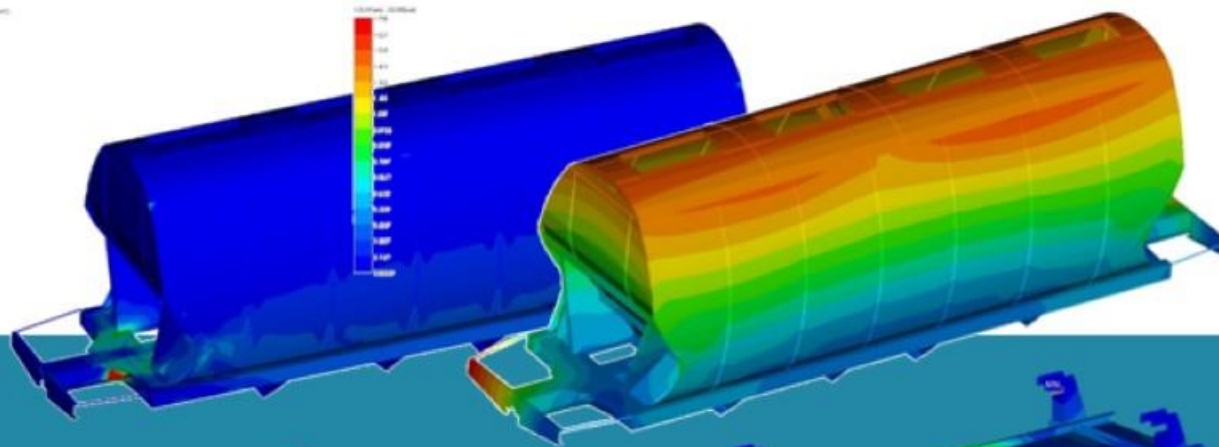
Кузов полуприцепа



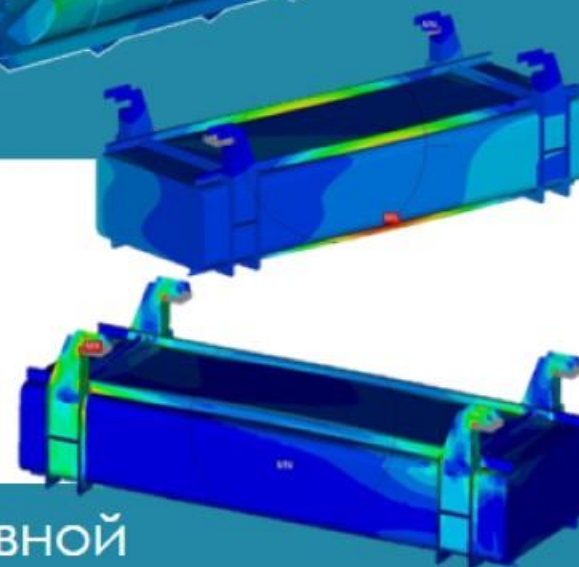
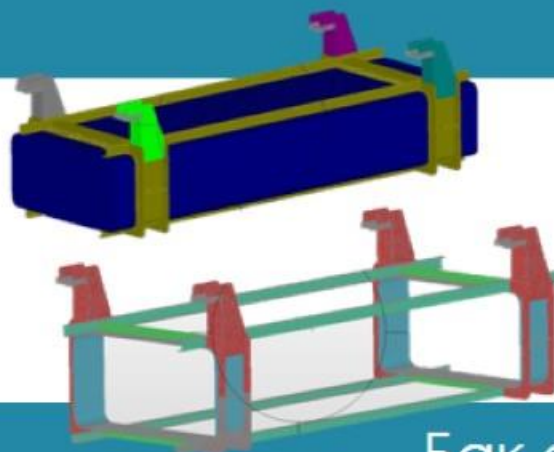
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ



Вагон-хopper
для цемента



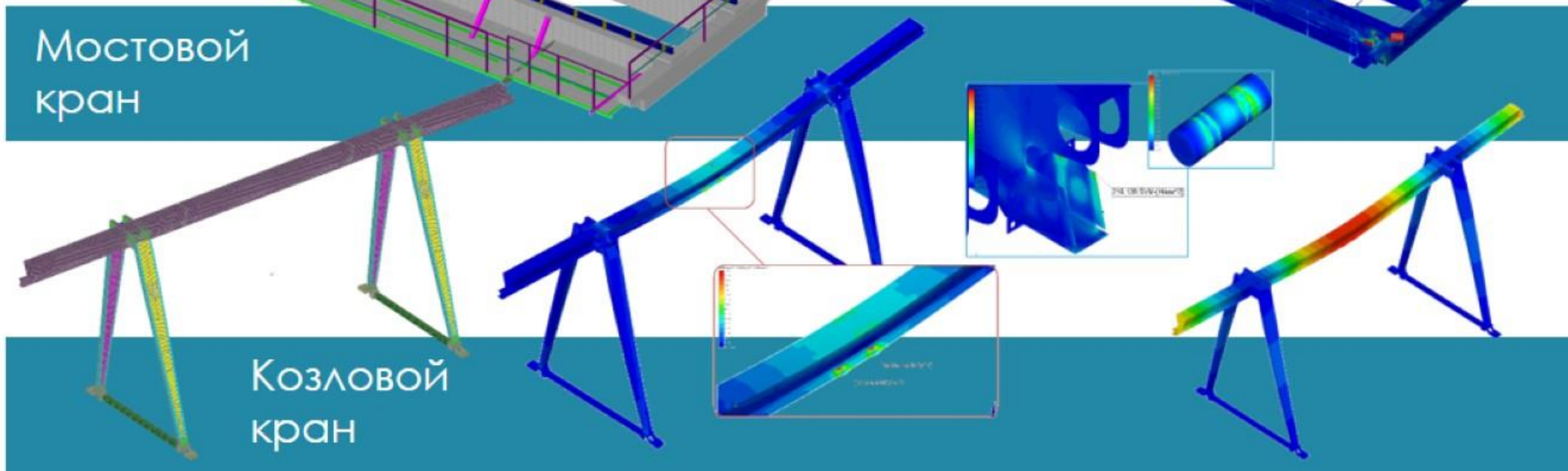
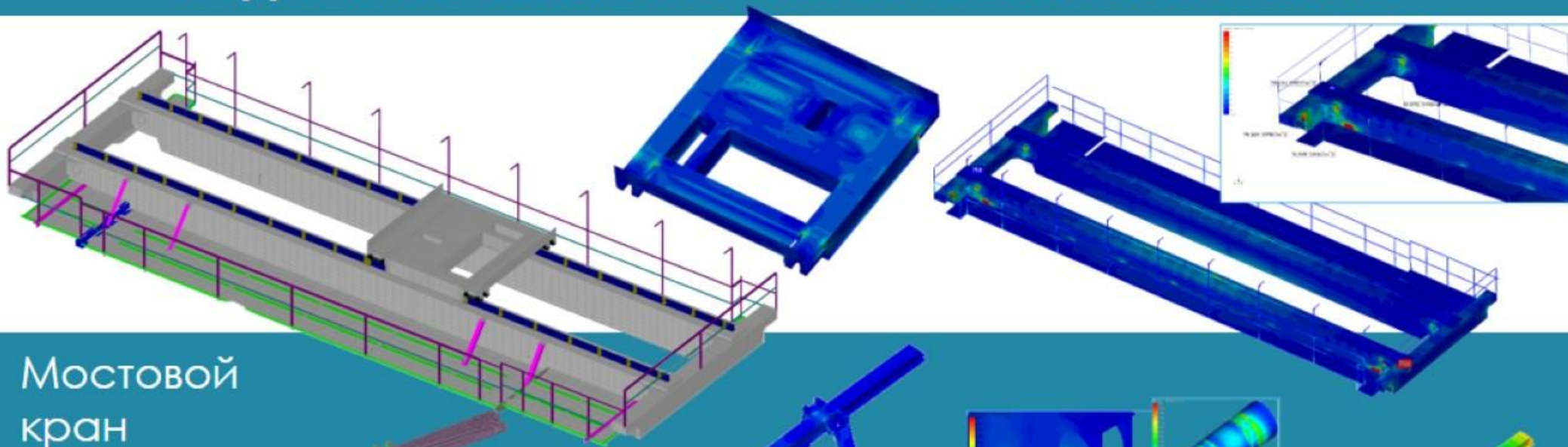
Балка
боковая



Бак сливной
для туалетного комплекса закрытого типа



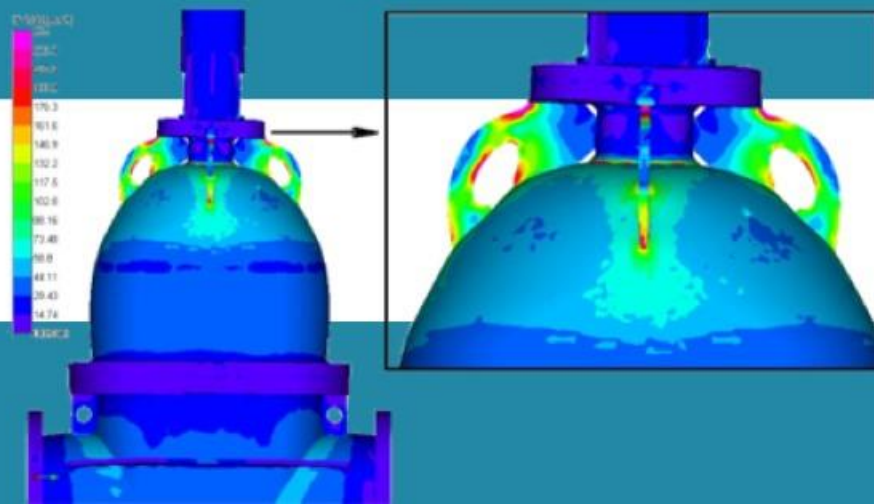
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ



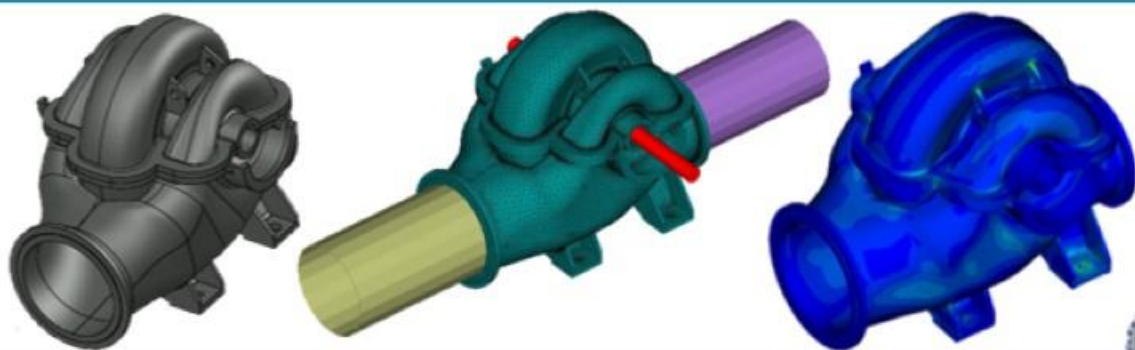
НЕФТЕГАЗОВАЯ ОТРАСЛЬ



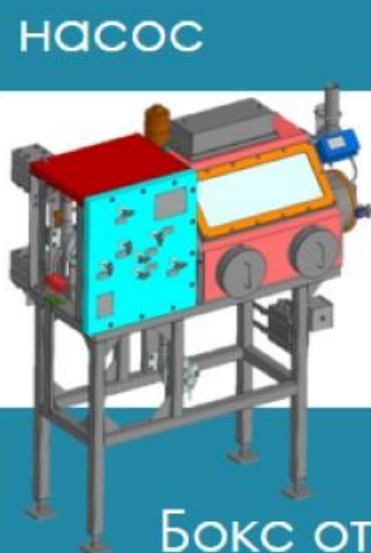
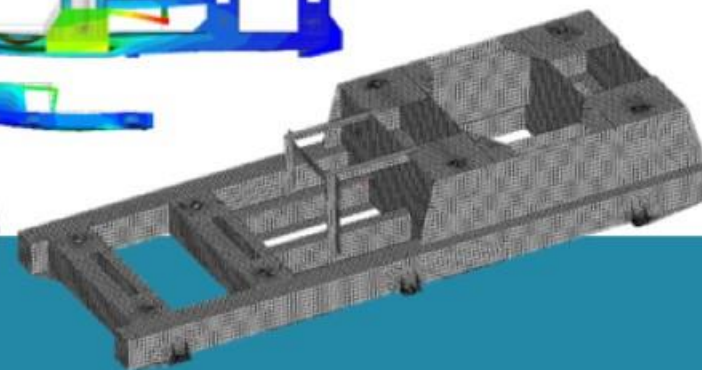
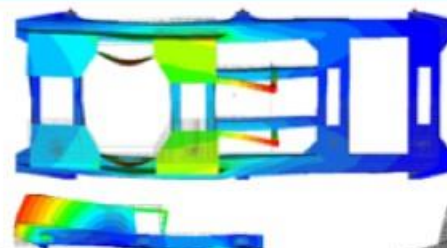
Клиновая задвижка



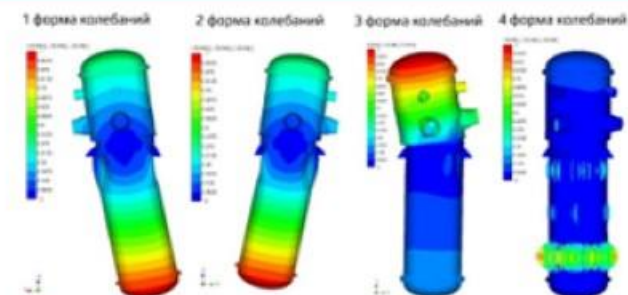
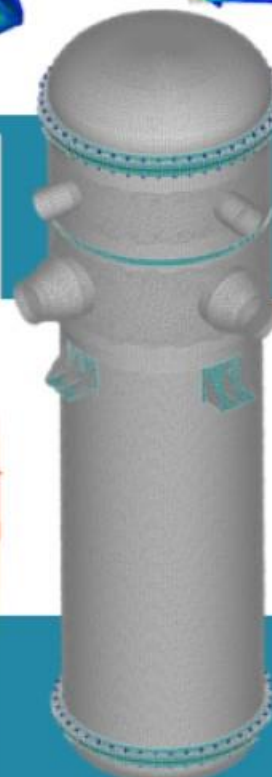
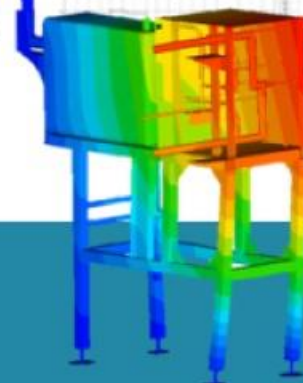
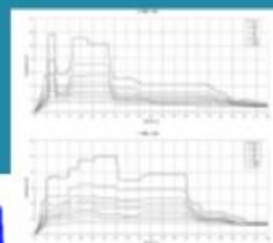
АТОМНАЯ ОТРАСЛЬ



Центробежный насос



Бокс отбора проб

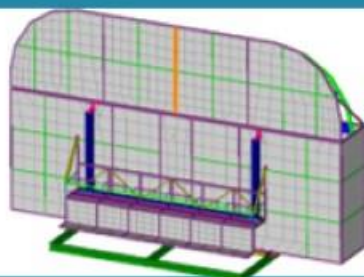
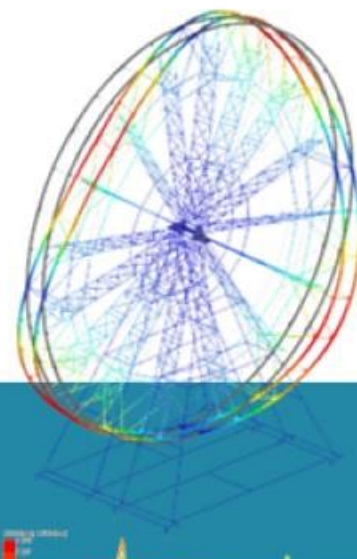
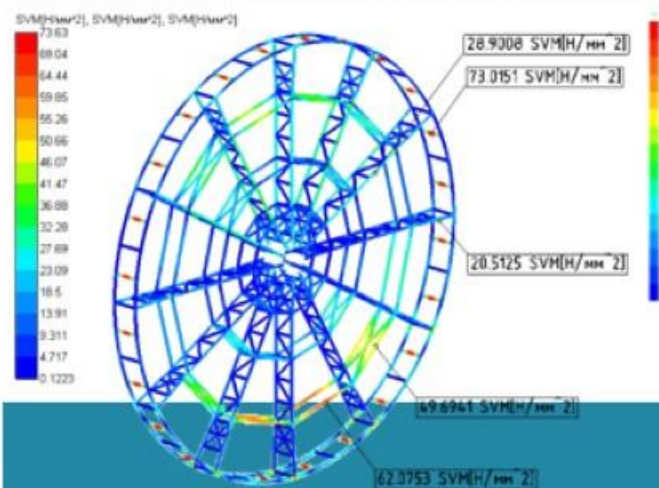
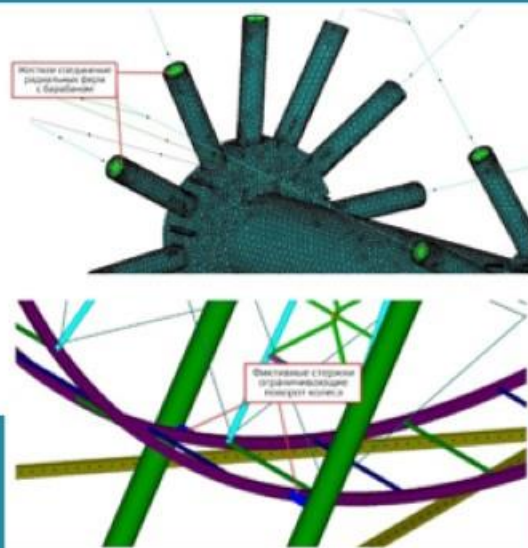


Расчет теплообменника

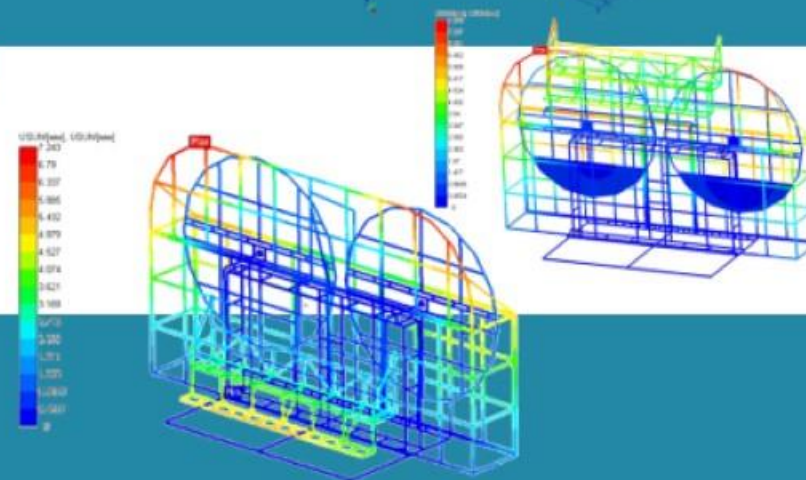
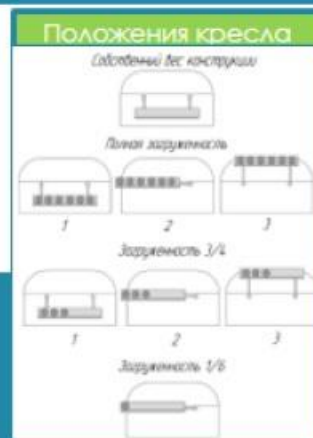
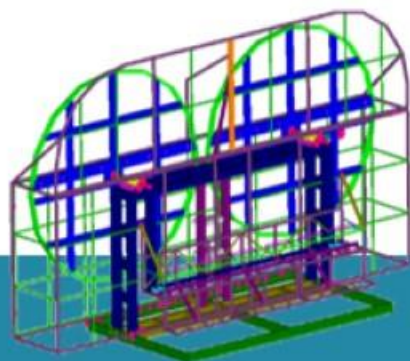
ИНДУСТРИЯ РАЗВЛЕЧЕНИЙ



Колесо
обзора



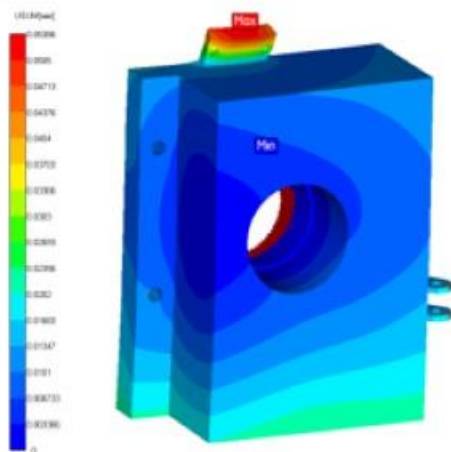
Аттракцион
«Лавица-6»



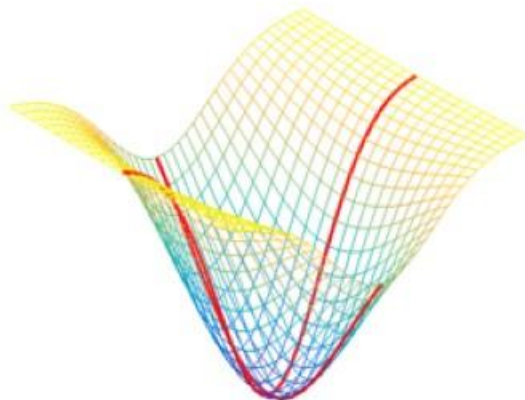


Топологическая оптимизация в APM Structure3D и APM FEM

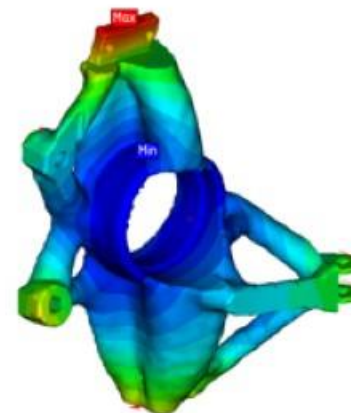
Прочностной анализ



Методы оптимизации



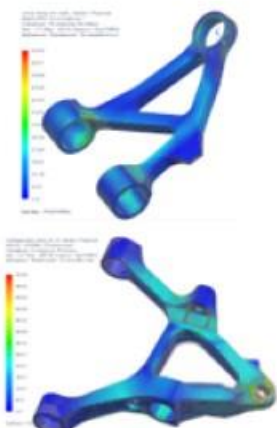
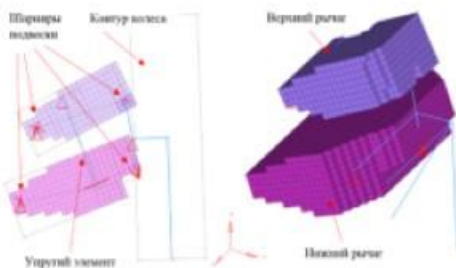
Топологическая оптимизация





Принцип работы

Проектирование новых изделий, исследование силовых схем

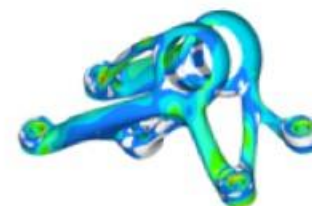


Оптимизация существующего оборудования/работающих изделий

Определение области проектирования, постановки задачи, граничных и начальных условий

МКЭ, алгоритм оптимизации, пост-обработка результатов

Интерпретация результатов, конструкторская обработка, проверочные расчёты





Повышение эксплуатационных характеристик изделий

Снижение массы



3 кг.



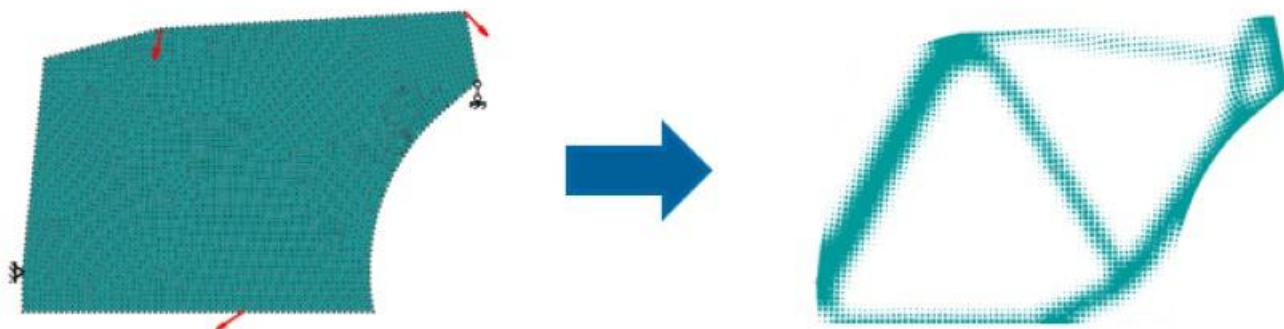
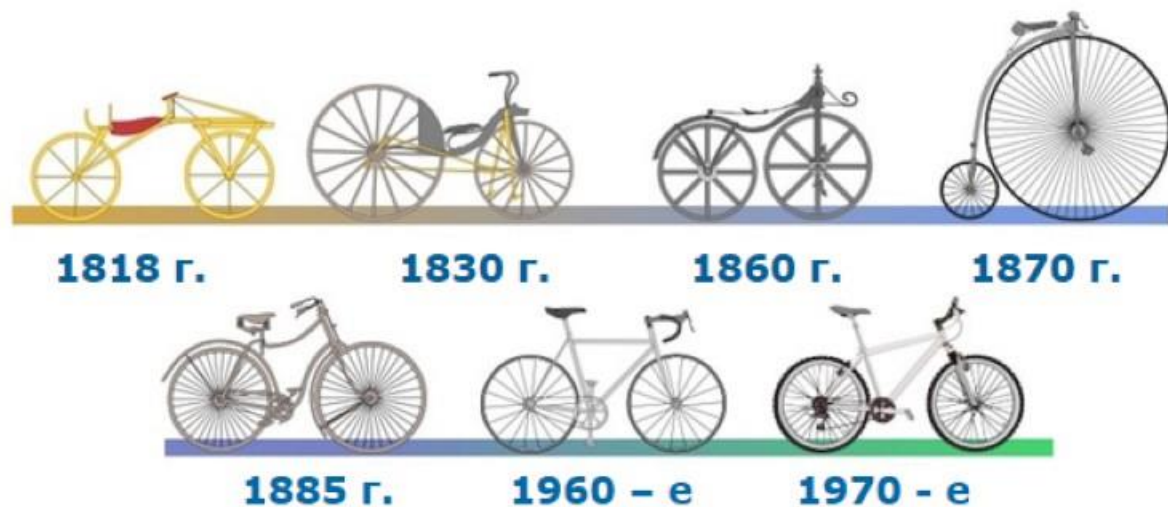
0,92 кг.

Снижение количества деталей



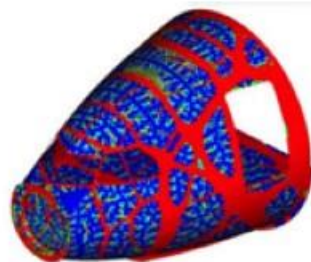


Сокращение времени разработки



Области применения

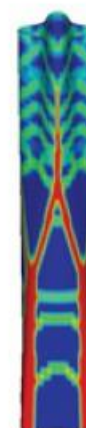
АВИАСТРОЕНИЕ



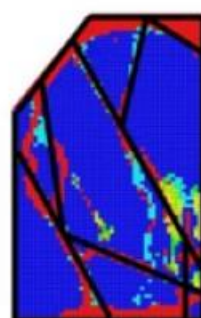
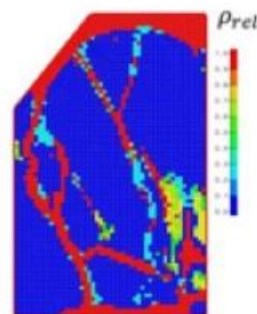
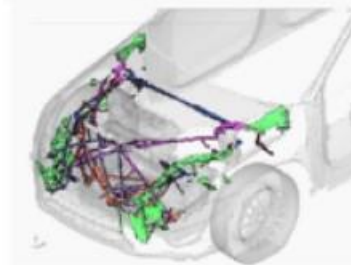
МЕДИЦИНА



АРХИТЕКТУРА

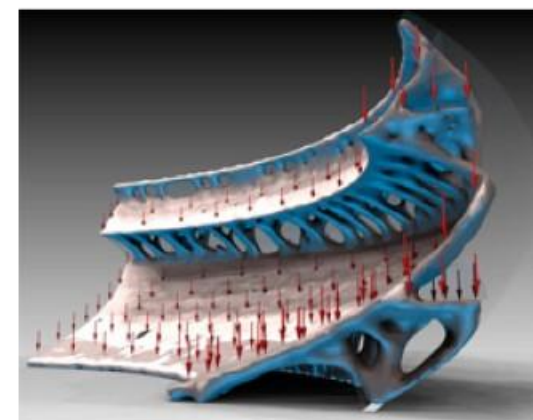
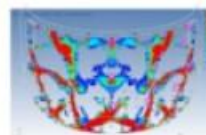


АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ



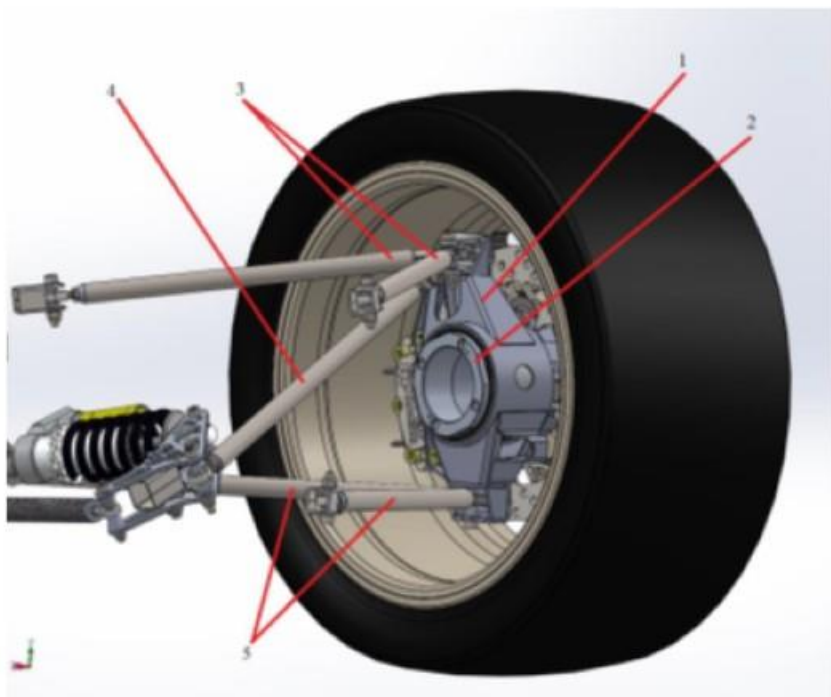
$t = 0.003s$

$t = 0.005s$



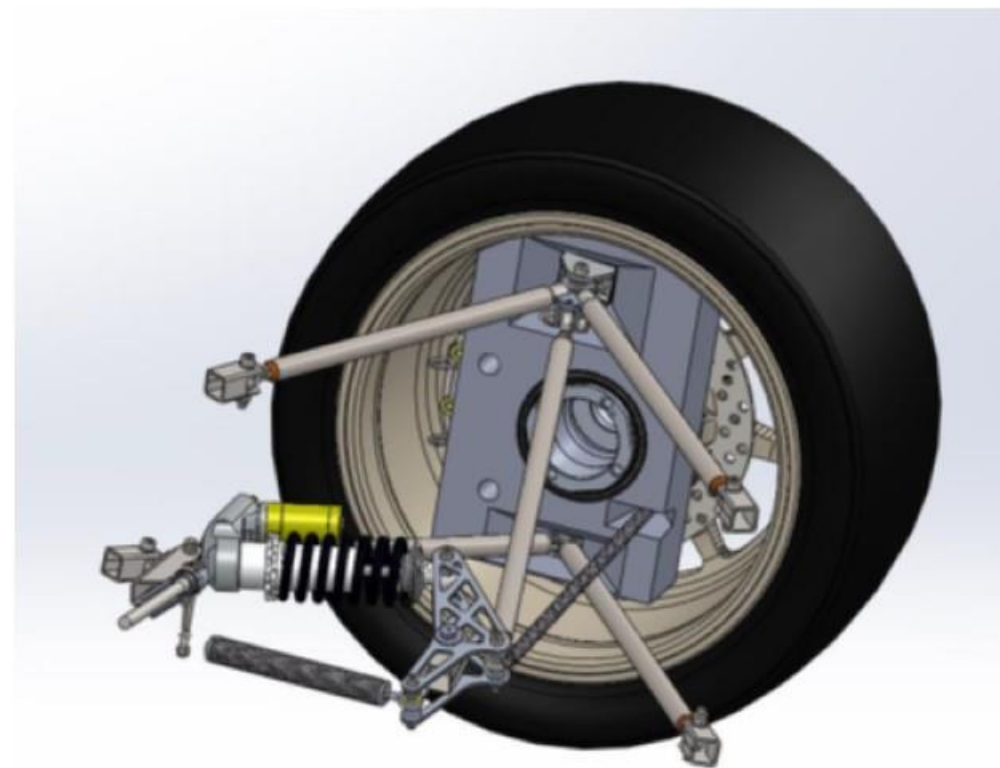


Поворотный кулак независимой подвески автомобиля класса «Формула Студент»



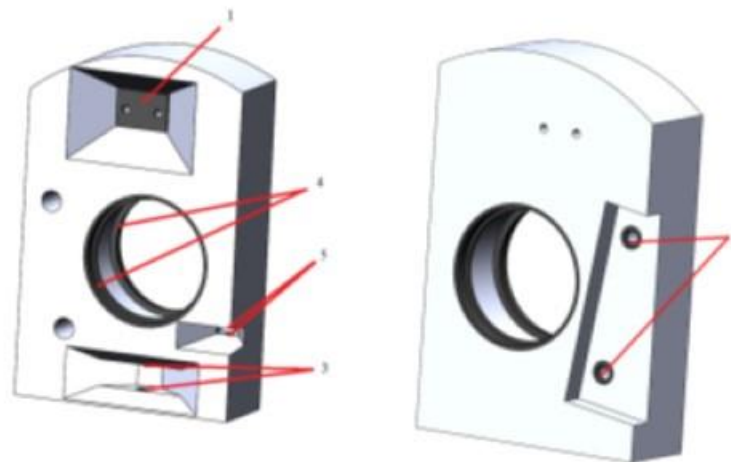
Общий вид колёсно-ступичного узла болида.

1 – поворотный кулак, 2 – ступица колеса,
3 – верхний рычаг подвески, 4 – реактивная тяга подвески
(типа «пул род»), 5 – нижний рычаг подвески



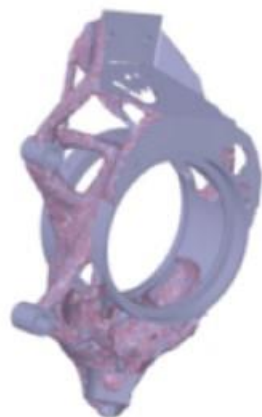


Поворотный кулак независимой подвески автомобиля класса «Формула Студент»

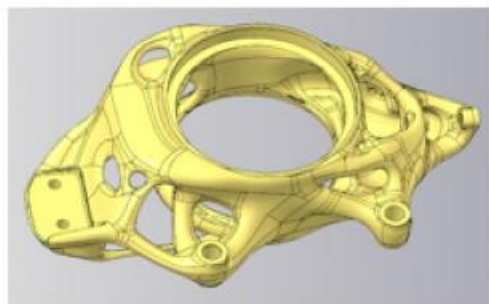


Общий вид пространства проектирования

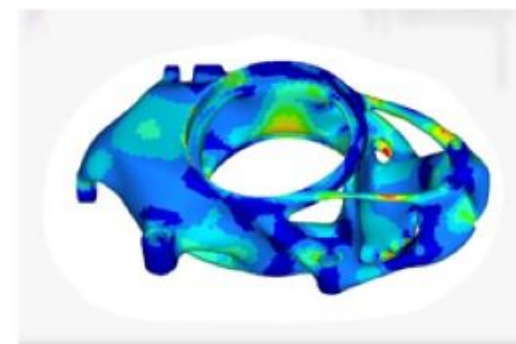
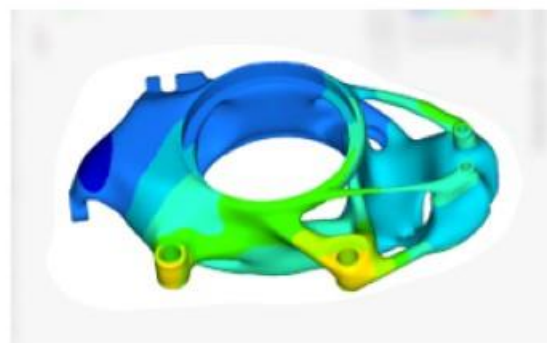
	1. Поворот			2. Торможение			3. Поворот + Торможение			4. Поворот руля		
Подшипник	Реакция вдоль оси, Н			Реакция вдоль оси, Н			Реакция вдоль оси, Н			Реакция вдоль оси, Н		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Внутренний	0	9488	0	0	910	625	0	9976	590	293	498	573
Внешний	2155	-9488	0	-366	-4144	556	2155	-12488	525	326	-543	-614
Тангенциальная сила в центре пятна контакта тормоза	0	0	0	0	4335	0	0	4092	0	0	0	0



Результат оптимизации



Результат сглаживания поверхностей



Результаты проверочного расчета



ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРОНШТЕЙНА ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ



Количество элементов: 180170
Количество узлов: 110610

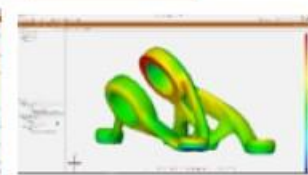
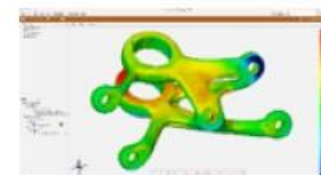
Результат оптимизации



Деталь в составе
компоновки



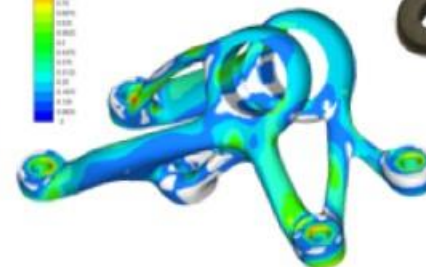
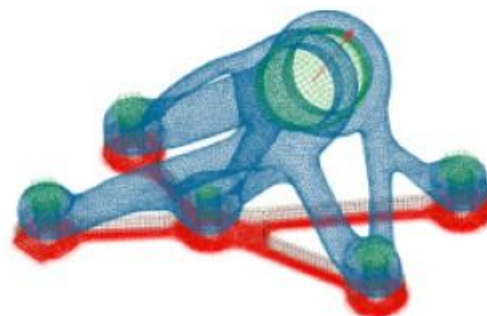
RANGEvision



В результате оптимизации:

1. Масса конструкции снижена на 69,8%
(с 3,03 кг до 0,92 кг)
2. Конструкция выдерживает максимальные нагрузки с минимальным запасом прочности $n=1,069$.
3. Нелинейный расчет при сжатии показал отсутствие потери устойчивости элементов конструкции кронштейна при сжатии.
4. Действующие напряжения порядка предела прочности титана BT-6, рекомендуется применить титан в качестве конструкционного материала, тем самым снизить массу еще в 1,4 раза без потери прочности.

Проверочный расчет

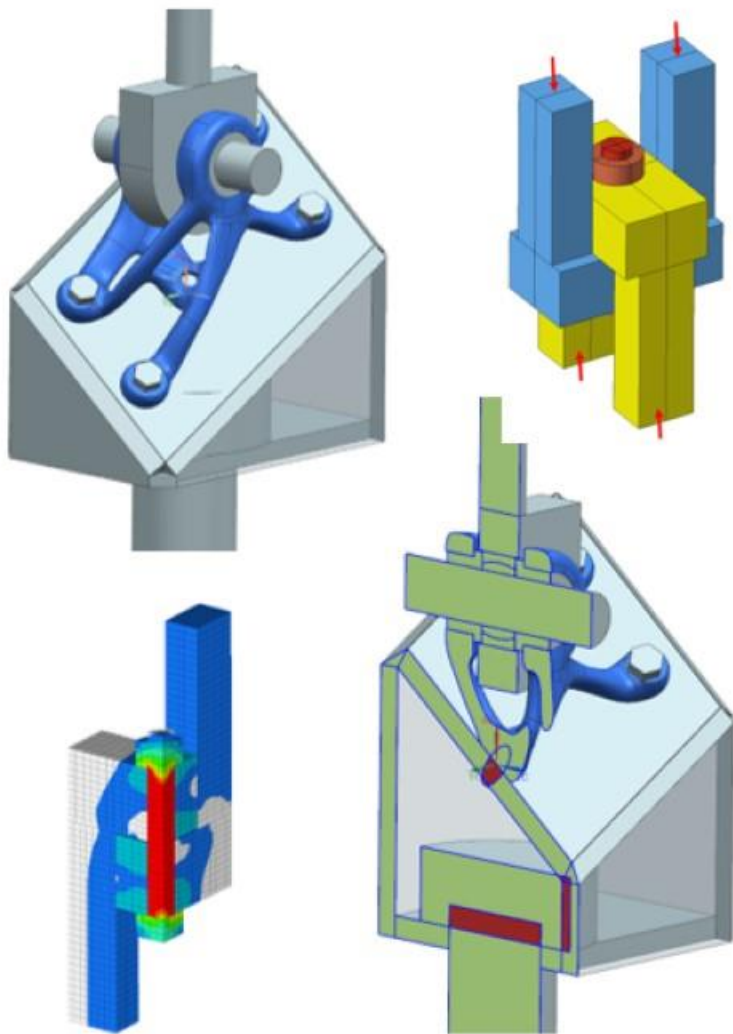




RANGEvision

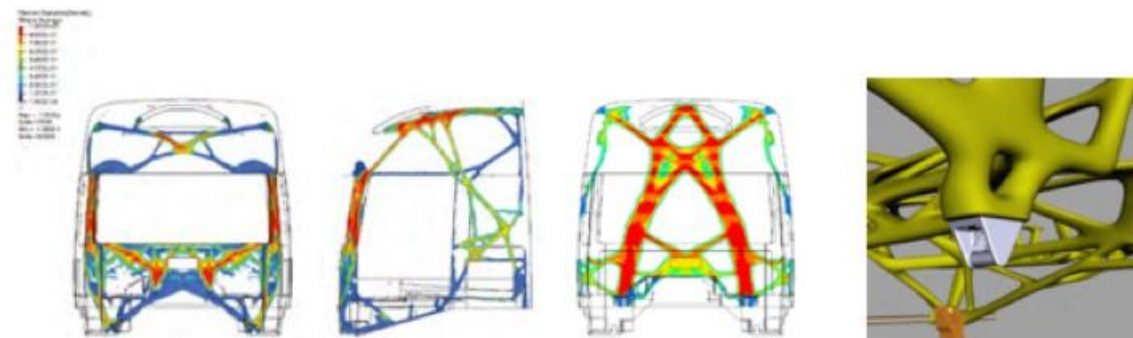


Кронштейн Х13Н5К9М4



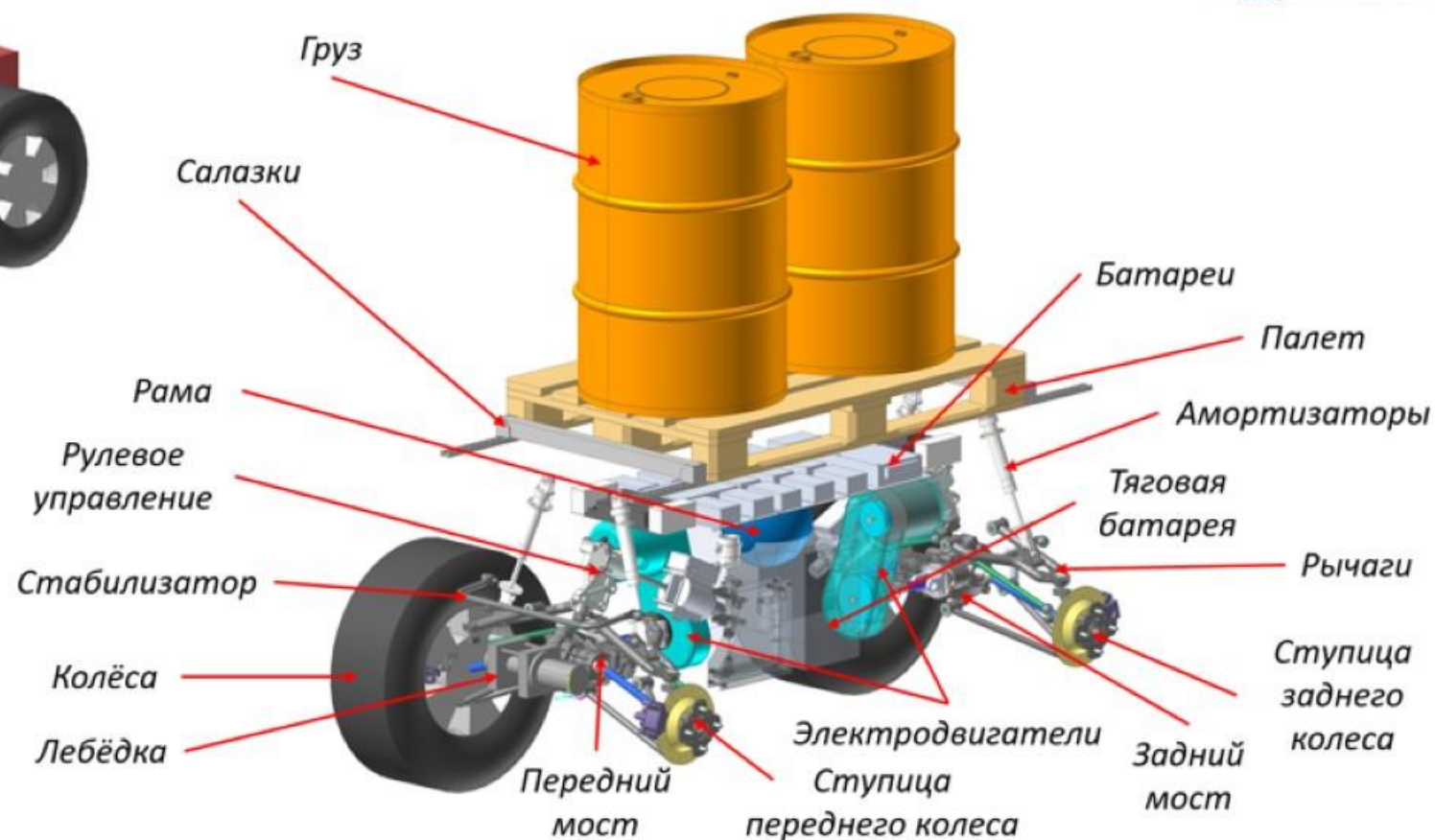
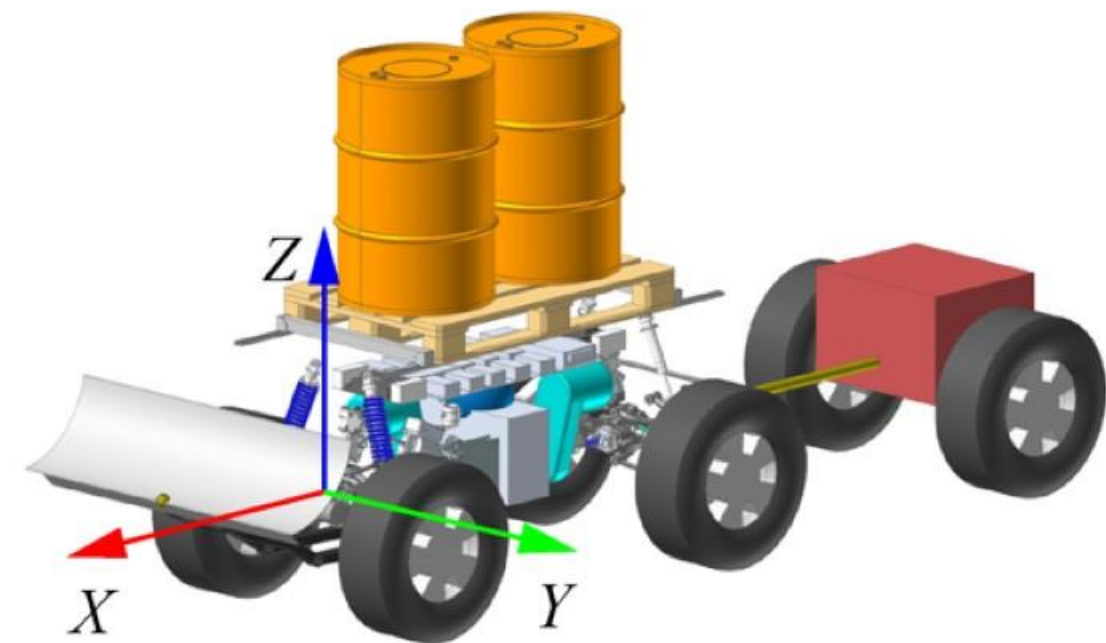


EDAG. Конструктивно-силовая схема кабины и рамы грузовика



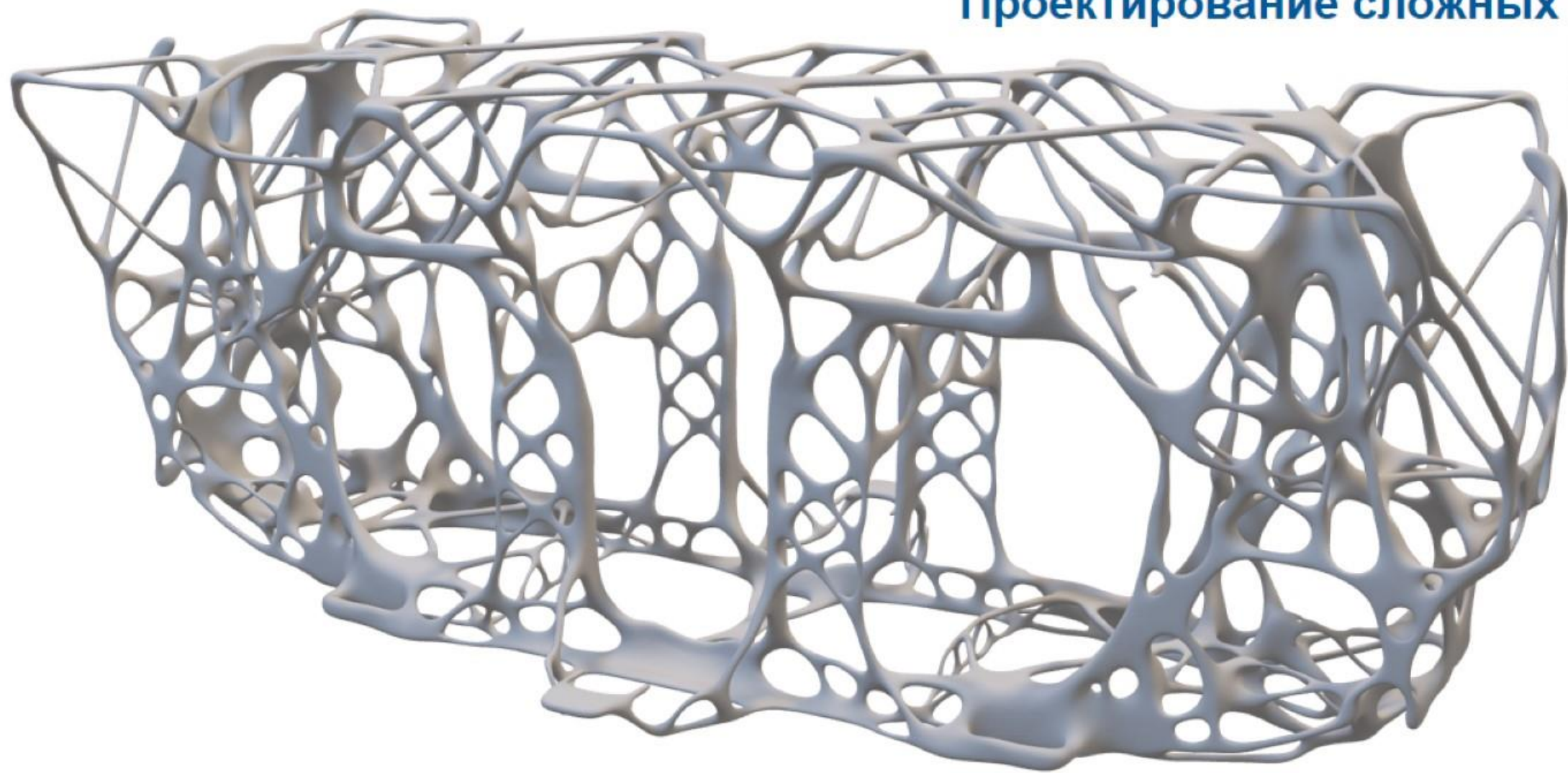


Проектирование сложных изделий



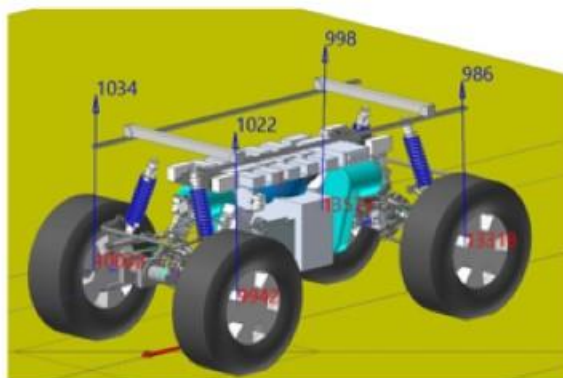


Проектирование сложных изделий

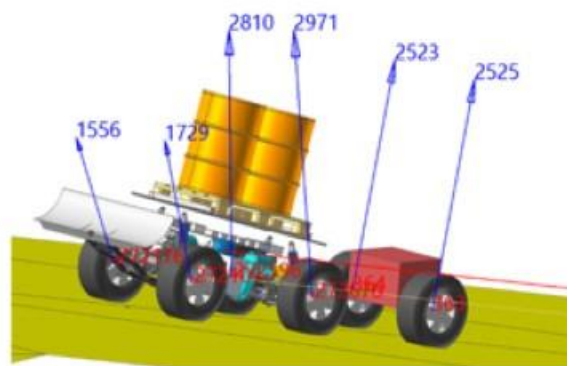




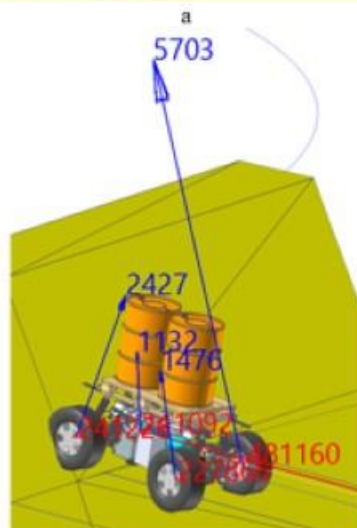
Роботизированный колёсный мул



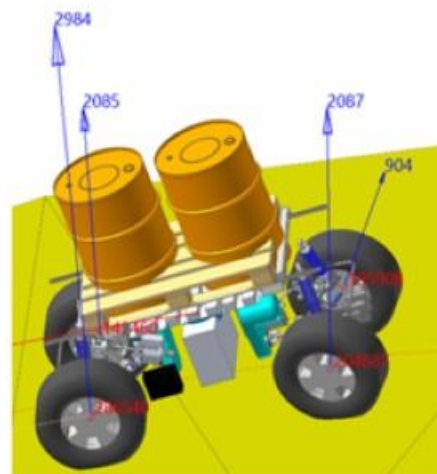
а



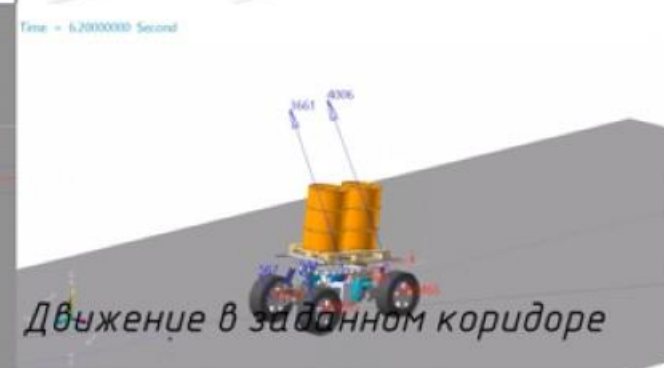
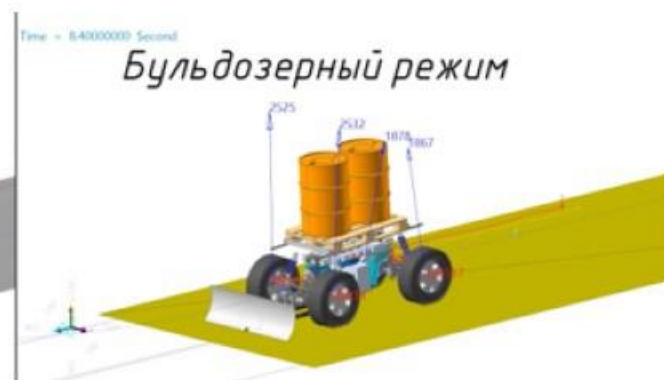
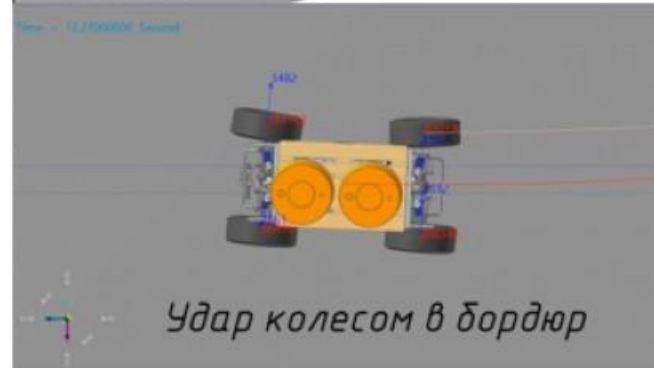
б



в

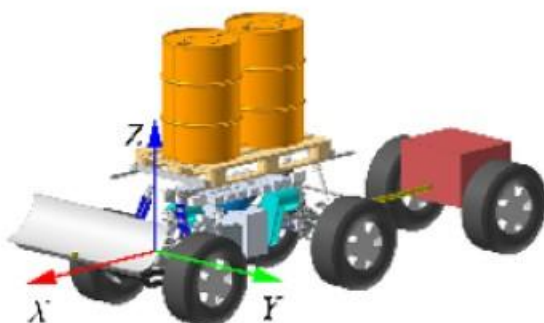


г





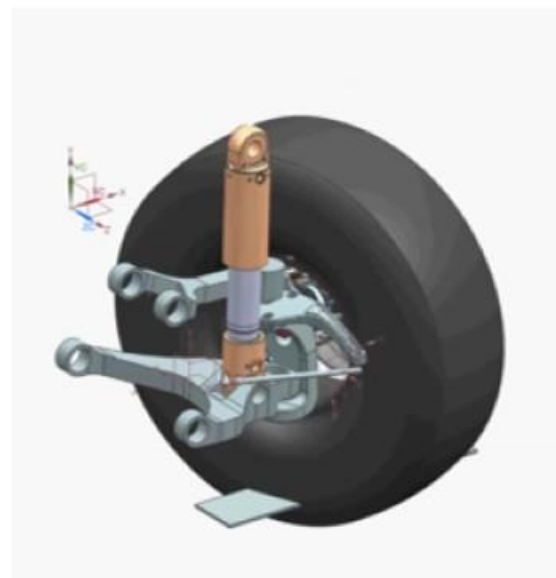
Роботизированный колёсный мул



№	Нагрузочный режим
1.	Статика на ровной горизонтальной ОП
2.	Колёсный мул разгон на ровной недеформируемой ОП
3.	Колёсный мул торможение на ровной недеформируемой ОП
4.	Колёсный мул переезд ramпы заданным углом подъема и спуска
5.	Колёсный мул переезд ramпы заданным углом подъема и спуска с прицепом
6.	Колёсный мул переезд ramпы заданным углом подъема и спуска под углом к продольной оси
7.	Колёсный мул переезд ramпы заданным углом подъема и спуска под углом к продольной оси с прицепом
8.	Движение мула по неровной ОП с случайным профилем
9.	Преодоление гармонической единичной неровности
10.	Преодоление гармонической единичной неровности под углом
11.	Колёсный мул движение на косогоре
12.	Колёсный мул криволинейное движение с минимальным радиусом вперед и заданной скоростью
13.	Колёсный мул криволинейное движение с минимальным радиусом назад и заданной скоростью
14.	Колёсный мул криволинейное движение по кругу радиусом 25 м с максимальной скоростью по отсутствию опрокидывания
15.	Колёсный мул криволинейное движение с минимальным радиусом вперед и заданной скоростью с прицепом
16.	Криволинейное движение по кругу радиусом 25 м с максимальной скоростью по отсутствию опрокидывания с прицепом
17.	Буксировка застрявшего мула назад (сила тяги приложена на фаркопе)
18.	Буксировка застрявшего мула тяга спереди
19.	Колёсный мул поворот на подъеме и спуске
20.	Колёсный мул экстренное торможение на спуске
21.	Проезд коридора (ГОСТ ISO 5010:2011)
22.	Удар в препятствие (пень, камень) отвалом
23.	Поочередное вывешивание колес передней, задней оси
24.	Вывешивание колес обеих осей
25.	Движение по неровной дороге 4 категории эксплуатации [5] с прицепом и без
26.	Преодоление бульдозерного сопротивления на горизонтальной ОП
27.	Тяга на лебёдке
28.	Тяга на лебёдке с якорением за неподвижный предмет за фаркоп
29.	Заезд на стену
30.	Прыжки с соскоками на одно и два колеса, передней и задней осей
31.	Удар боковой частью колеса о бордюр



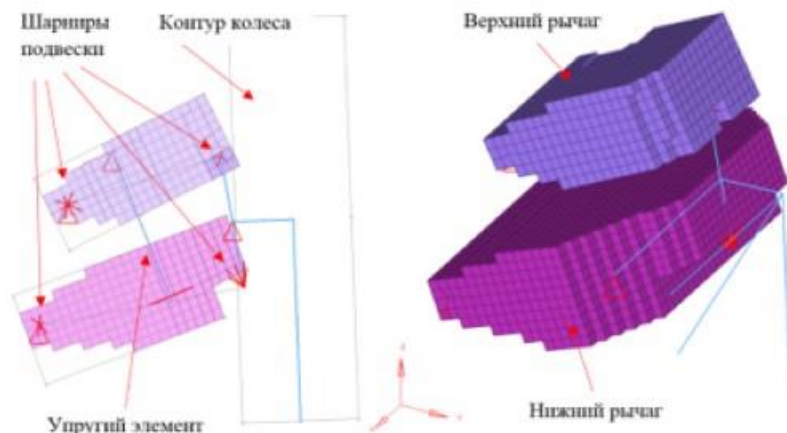
Виртуальный стенд для
определения нагрузок



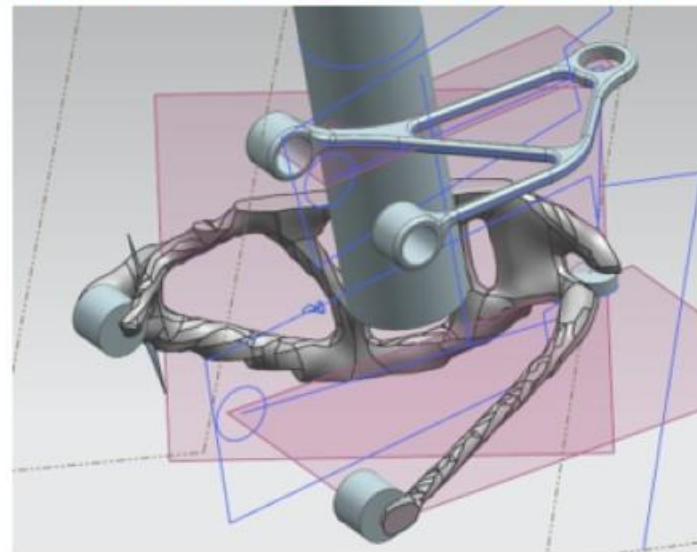
Расчетные случаи:

- пробой подвески
- торможение
- тяговое усилие
- косогор
- реактивные моменты в колесном редукторе
- и др.

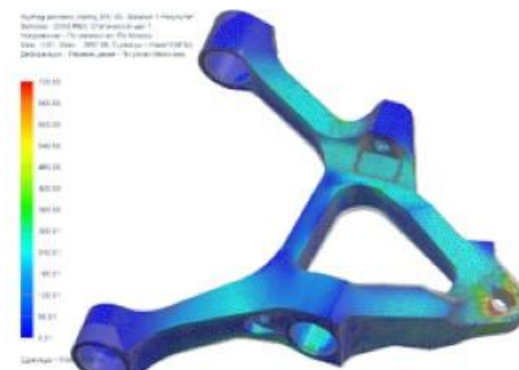
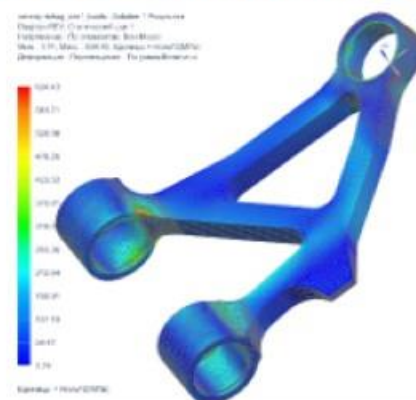
Силовые схемы верхнего и нижнего рычага подвески



Похожие изделия. Рычаги подвески



Окончательная геометрия рычагов и поверочный расчет на прочность:





Похожие изделия. Поворотный кулак.

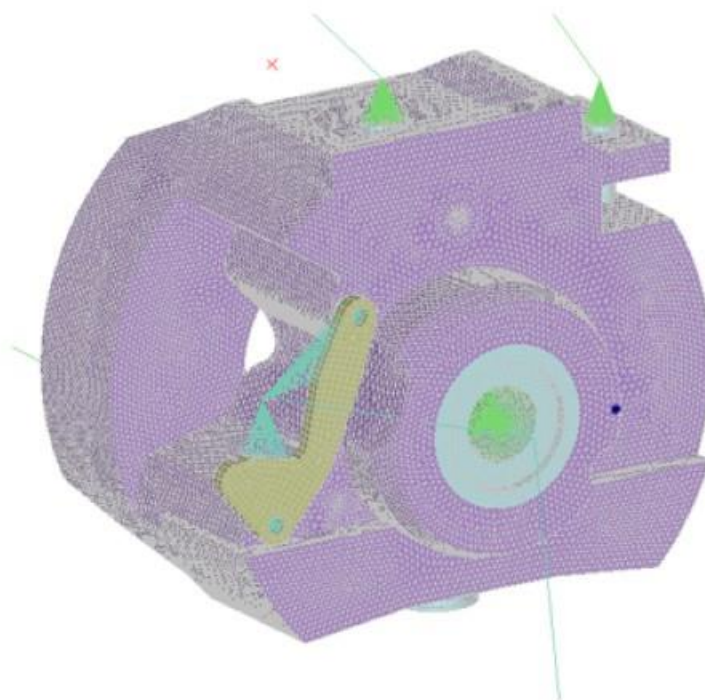
(передняя поворотная стойка независимой подвески квадроцикла)

Минимизация массы с ограничением
на механические напряжения

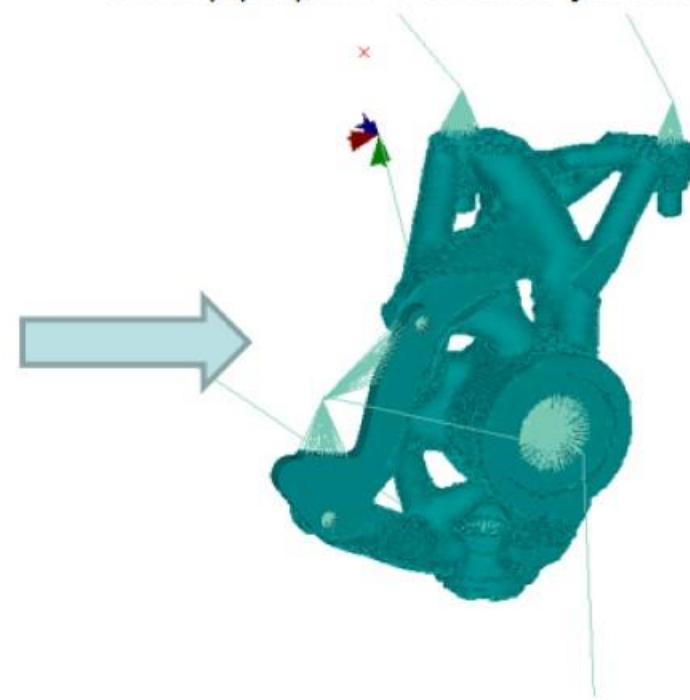


Козф. запаса по устойчивости – 0.5

Модель для оптимизации



Минимизация массы с ограничением
на механические напряжения
и коэффициент запаса по устойчивости



Козф. запаса по устойчивости – 1.2



Похожие изделия. Поворотный кулак.

(передняя поворотная стойка независимой подвески квадроцикла)



Работа выполнена специалистами МГТУ им. Н.Э. Баумана



Вопросы:

- Есть ли возможность использовать КОМПАС-3D или другие CAD-системы?
- Количество компьютеров, на которые можно их использовать и их характеристики (в частности, характеристики самой «мощной» машины).
- Компетенции в области CAD, CAE и инженерных расчётов ответственных сотрудников.
- Реализованные проекты.
- Желание и возможности реализации «постобработки» результатов топологической оптимизации (как вариант – реализация поверхностного моделирования, использование NURBS-моделирования, с помощью свободных форм).
- Сроки реализации проекта.

Вопросы по самой реализации самой детали:

- Нагрузки: основные случаи нагружения для указанной детали.
- Используемые материалы.
- Технологические ограничения – получение детали штамповкой, литьём, фрезеровкой, 3d-печатью.



Спасибо за внимание!

