

Сквозное автоматизированное проектирование электронной аппаратуры

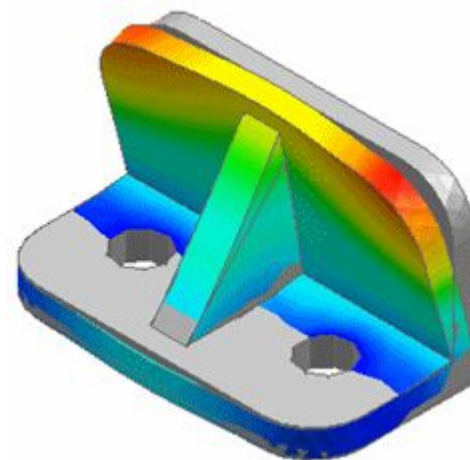
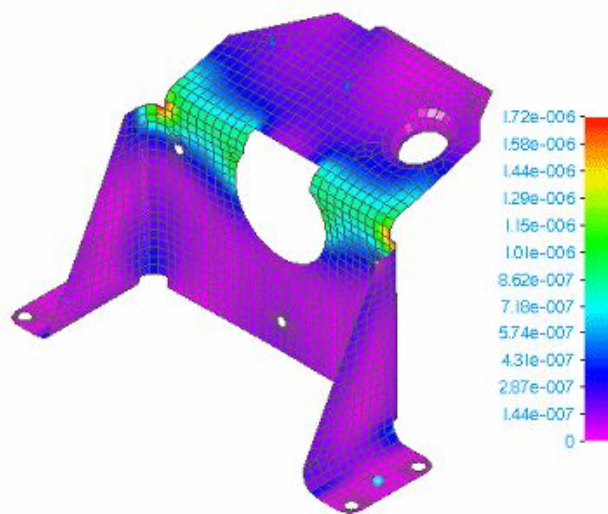
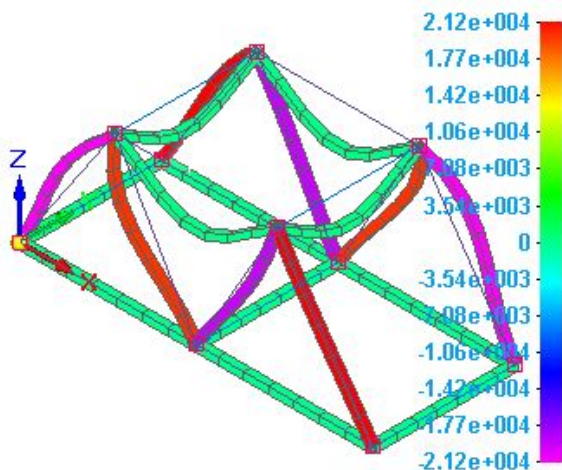
Лекция 11.

Введение в инженерный анализ методом конечных элементов. Реализация в Solid Edge Simulation/Express

Задачи инженерного анализа конструкций

Анализы на механические воздействия (структурные анализы)

- Линейный статический анализ: определение перемещений, деформаций, напряжений и сил реакций от приложенных статических нагрузок
- Динамический анализ: ... от нагрузок, зависящих от времени и порождающих инерцию или демпфирование.
- Анализ устойчивости: определение нагрузки, при которой конструкция становится неустойчивой
- Модальный анализ: вычисление собственных частот и форм колебаний



Задачи инженерного анализа конструкций

Анализ тепловых режимов

- Анализ стационарного теплообмена: расчет разницы температур для одного или нескольких элементов *при равновесии* (в стационарном состоянии).

При проектировании электрики и электроники можно:

- Рассчитать электрический нагрев разных компонентов.
- Смоделировать радиаторы охлаждения.
- Определить необходимые расстояния между критическими деталями.
- Определить области рециркуляции воздуха и места перегрева.
- Прогнозировать температуру, при которой компонент или печатная плата могут перегреваться и выходить из строя.

Дополнительные сценарии использования теплового анализа:

- Естественная или принудительная конвекция от передней и задней поверхностей.
- Проводимость от краев печатной платы до стенок корпуса.
- Проводимость через жесткие или гибкие контакты с другими печатными платами.
- Проводимость между печатной платой и монтажной рамой.
- Проводимость радиатора охлаждения.

Задачи инженерного анализа конструкций

Анализ тепловых режимов

Анализ стационарного теплообмена

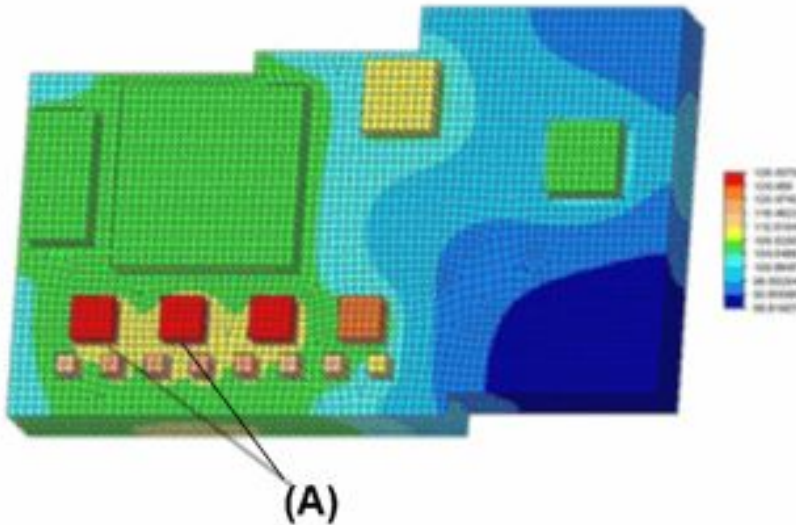


График распределения температуры на печатной плате

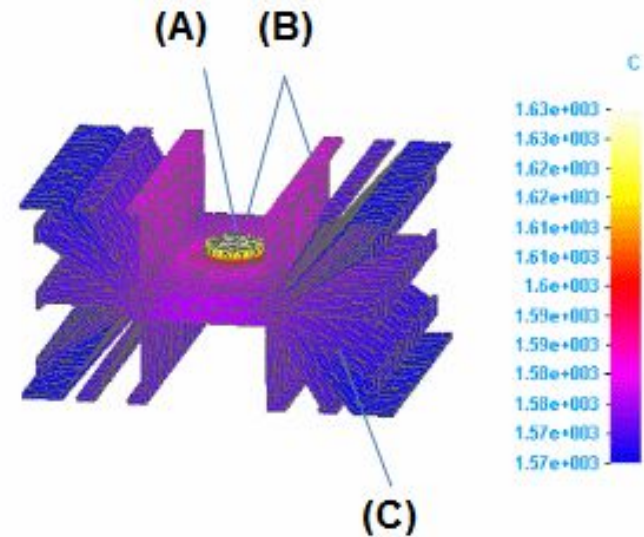


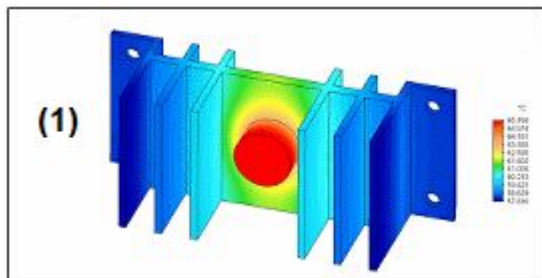
График распределения температуры радиатора и источника тепла

Задачи инженерного анализа конструкций

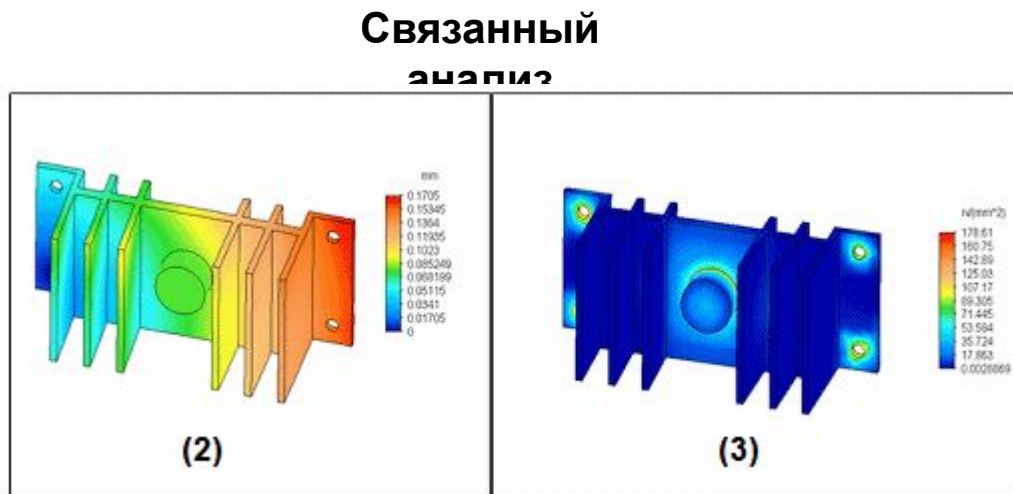
Связанный анализ

Использование результатов одного типа анализа в качестве исходных данных для другого типа анализа (например, влияние тепловых режимов на структурные напряжения и перемещения в детали).

Стационарный теплообмен + Линейная статика
Стационарный теплообмен + Линейная устойчивость



Расчет стационарного теплообмена (1)



Расчет перемещений (2) и напряжений (3), вызванных температурной нагрузкой

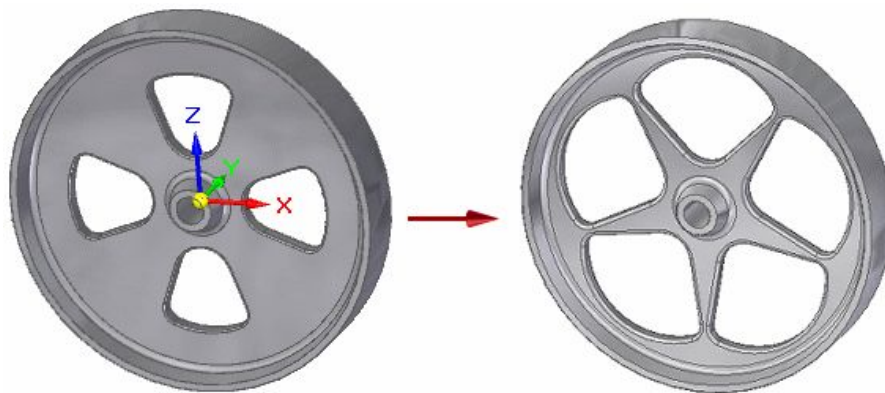
Задачи инженерного анализа конструкций

Оптимизация конструкции

Улучшение результатов структурного или теплового анализа модели детали или сборки с изменением геометрии, выбранной для анализа.

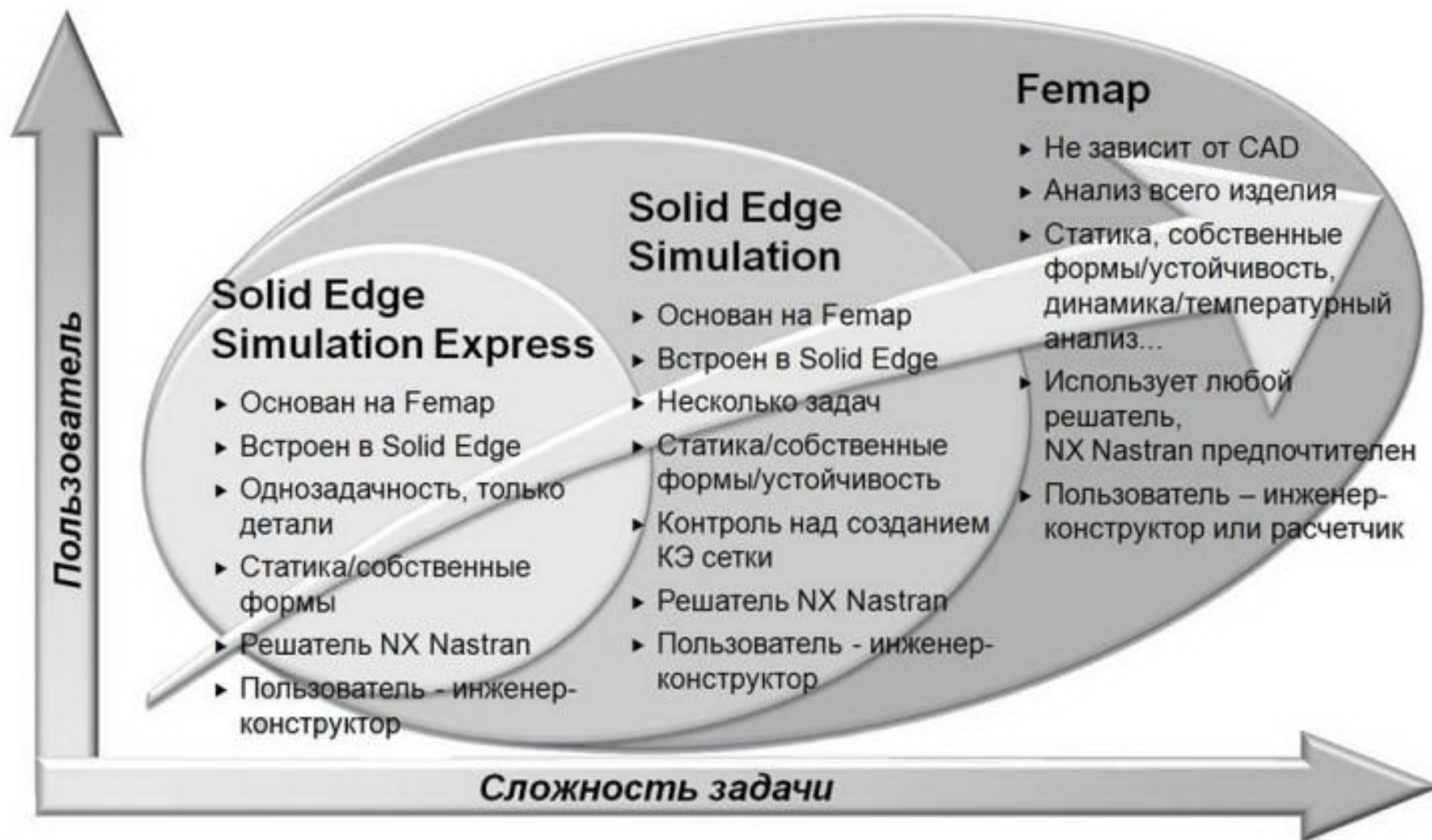
Примеры:

- Найти решение линейного статического анализа и затем использовать команду "Оптимизировать" для оптимизации напряжений, перемещений и запаса прочности для геометрии.
- Найти решение анализа стационарного теплообмена и затем оптимизировать его для минимизации теплоотдачи.
- Найти решение модального анализа и затем оптимизировать его для нахождения максимальной и минимальной резонансной частоты.



Минимизация веса детали (**целевой проектный параметр**) при обеспечении уровня напряжений меньше предела текучести (**проектное ограничение**) в условиях изменения одного или нескольких размеров (**проектные переменные**).

Средства Solid Edge для решения задач инженерного анализа



Средства Solid Edge для решения задач инженерного анализа

Дополнительные возможности Solid Edge Simulation по сравнению с Simulation Express:

- Встроенная поддержка пользователя в виде справочной системы и средств самообучения.
- Полный набор функций КЭ-анализа на специальной вкладке "Симуляция" в ленте команд Solid Edge, а не отдельная команда, чтобы "сделать все".
- Множество вариантов анализа для одной модели, а не единственный анализ.
- Полный набор структурных, тепловых нагрузок и нагрузок на тело для расчета разных типов напряжения, включая силу, давление, перемещение, силу тяжести, вращение, температуру, излучение и тепловыделение.
- Полный набор ограничений для симуляции многих граничных условий для детали, включая фиксацию, запрет перемещения и вращения, скольжение вдоль грани и цилиндр.
- Постоянная видимость нагрузок и ограничений в модели, а не только при определении анализа. Нагрузки и ограничения можно посмотреть в любое время и создать картинки и отчеты, показывающие их.
- Экспорт в Femap с помощью команды "Сохранить файл модели Femap".
- Уникальная встроенная среда "Результаты симуляции" для оценки данных, представления результатов и генерации отчетов.
 - Результаты остаются после расчета, и их можно открыть и посмотреть в среде "Результаты симуляции" в любое время.
 - Широкое множество вариантов графического представления результатов напряжений, перемещений, приложенных сил и ограничений в модели.
 - Можно использовать пробу, чтобы отобразить данные в узлах модели и координаты областей напряжений. Эта команда также автоматически добавляет координаты в таблицу пробных значений.
 - Можно выбрать отображение исходной, деформированной и недеформированной модели для анимации в приложении Разнесение-Закраска-Анимация. Выходная документация включает HTML-отчеты, картинки и фильмы.

Типовая процедура подготовки анализа

Упрощение модели

Идеализация/упрощение модели для облегчения проведения анализа.

Задание единиц измерения

Проверка/задания единиц измерения для анализа, используемых по умолчанию.

Задание материалов

Задание/выбор материалов деталей.

Создание анализа

Выбор типа анализа: структурный, тепловой, связанный.

Задание типа сетки

Задание типа сетки: тетраэдральная, поверхностная, общие тела.

Задание дополнительных параметров (опция)

Параметры выполнения анализа (процессора) и параметры обработки результатов (постпроцессора).

Выбор геометрии для анализа

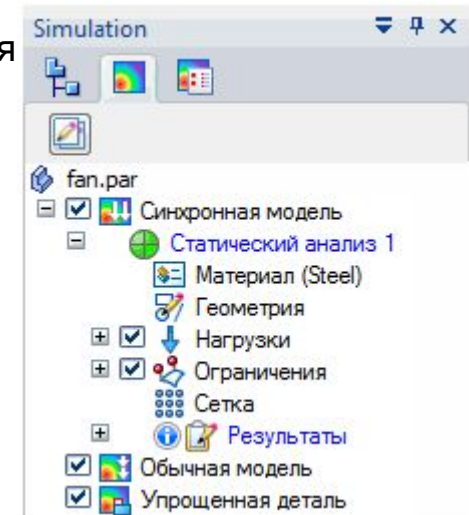
Выбор геометрии для включения анализ в зависимости от типа модели и типа сетки.

Задание нагрузок

Приложение механических (тепловых) нагрузок.

Наложение ограничений

Наложение ограничений, лишаящих детали/сборки определенных степеней свободы.

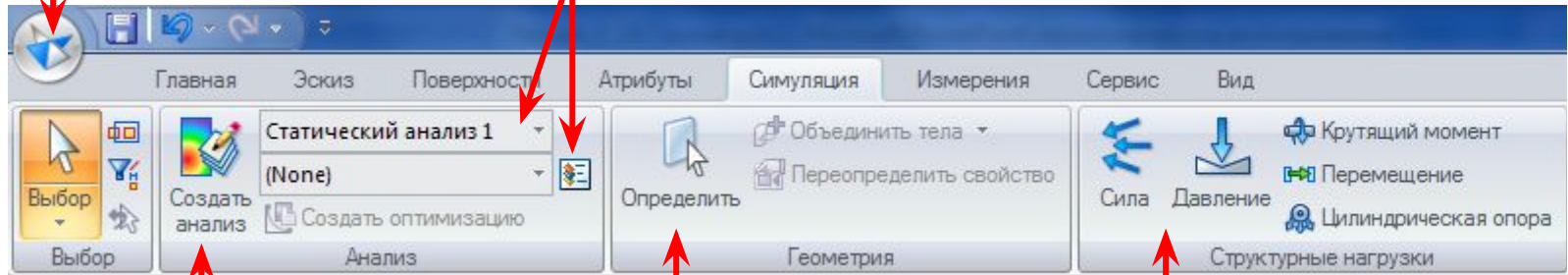


Типовая процедура подготовки анализа

Вкладка
«Симуляция»

Задание единиц измерения

Задание материалов



Создание
анализа

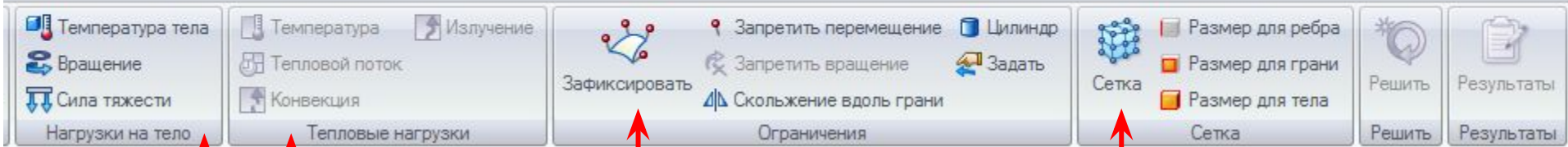
Задание
типа
сетки

Задание
дополнительных
параметров (опция)

Выбор геометрии для
анализа

Задание нагрузок

Solid Edge ST6 - Синхронная деталь - [Деталь1]



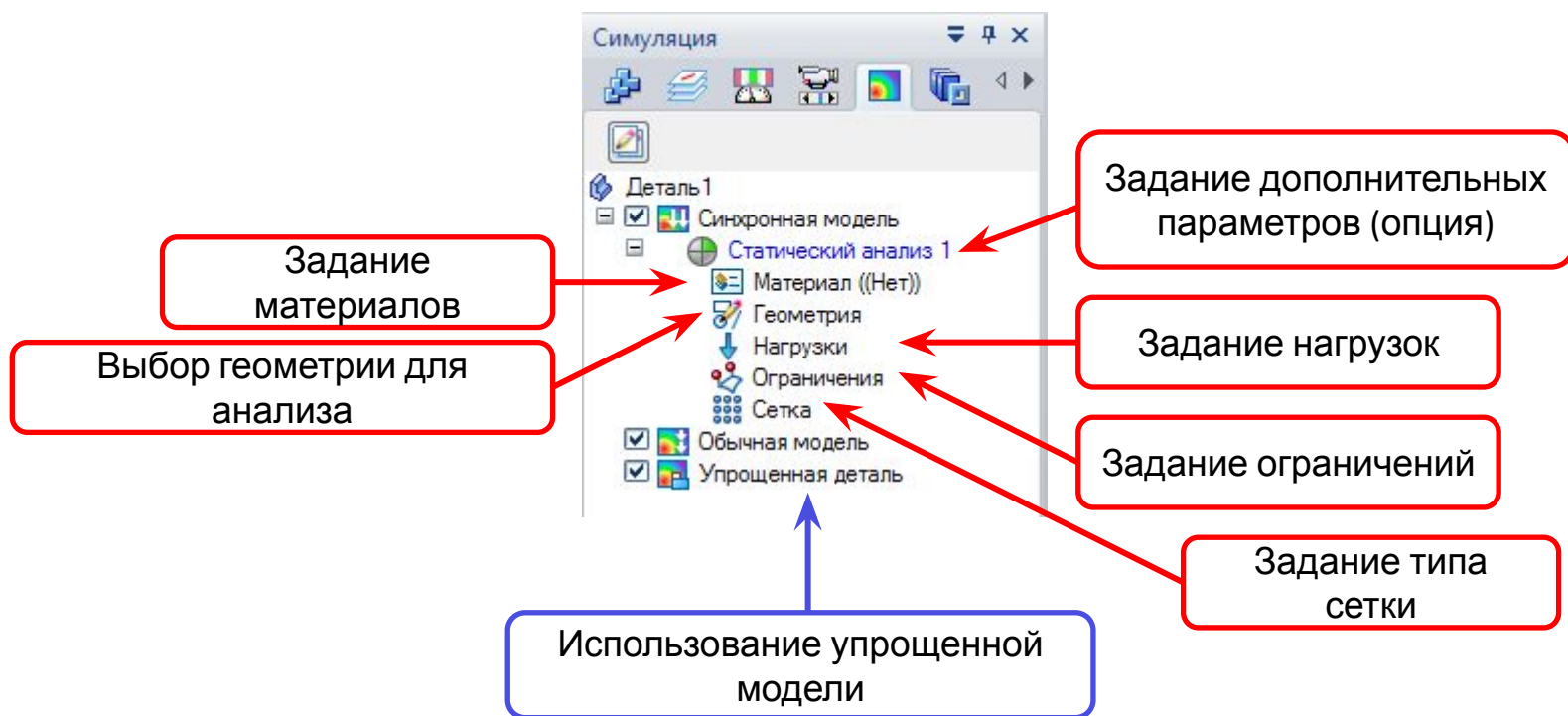
Задание нагрузок

Задание ограничений

Уточнение
параметров сетки

Типовая процедура подготовки анализа

Дерево симуляции



Подготовка анализа. Задание единиц измерения

Деталь1 Атрибуты

Предварительный просмотр | Дополнительные атрибуты

Общие | Документ | Статистика | **Единицы** | Проект | Статус документа

Единицы длины

Единицы: мм | Точность: 0.12

Угловые единицы

Единицы: ° | Точность: 0.12

Единицы площади

Единицы: мм² | Точность: 0.12

Дополнительные единицы

OK | Отмена | Справка

Дополнительные единицы

Имя:	Значение	Точность
Плотность	кг/м ³	0.123
Объем	мм ³	1
Масса	кг	0.1
Скаляр		0.12
Козф. тепл. расширен...	/С	0.1234
Теплопроводность	Вт/м·С	0.12345
Удельная теплоемко...	Дж/кг·С	0.123456
Напряжение	кПа	0.1234567
Линейная плотность	кг/м	0.12345678
..	..	0.123456789
..	..	0.1234567890
..	..	0.12345678901

OK | Отмена

Подготовка анализа. Создание анализа, задание сетки

Тип анализа

Тип сетки

Создать анализ

Тип анализа:
Линейный статический

Тип сетки:
Тетраэдральная

Дополнительные параметры

Итерационный решатель
 Расчет больших перемещений

Число мод: 4

Диапазон частот: 0,000 МГц 0,000 МГц

Проверка геометрии: Включить

Параметры командной строки NX Nastran:

Параметры тепловой нагрузки... Параметры NX Nastran...

Параметры результатов

Создать результаты только для поверхности (быстрее)
 Не обрабатывать все результаты после решения (быстрее)

По узлам	По элементам
<input checked="" type="checkbox"/> Перемещение	<input checked="" type="checkbox"/> Напряжение
<input type="checkbox"/> Приложенная нагрузка	<input type="checkbox"/> Деформация
<input type="checkbox"/> Сила реакции	<input type="checkbox"/> Сила
<input type="checkbox"/> Температура	<input type="checkbox"/> Энергия деформации
<input type="checkbox"/> Приложенная температура	<input type="checkbox"/> Тепловой поток

Линейный статический анализ

Создать анализ

Тип анализа:
Модальный

Тип сетки:
Тетраэдральная

Дополнительные параметры

Итерационный решатель
 Расчет больших перемещений

Число мод: 4

Диапазон частот: 0,000 МГц 0,000 МГц

Проверка геометрии: Включить

Параметры командной строки NX Nastran:

Параметры тепловой нагрузки... Параметры NX Nastran...

Параметры результатов

Создать результаты только для поверхности (быстрее)
 Не обрабатывать все результаты после решения (быстрее)

По узлам	По элементам
<input checked="" type="checkbox"/> Перемещение	<input type="checkbox"/> Напряжение
<input type="checkbox"/> Приложенная нагрузка	<input type="checkbox"/> Деформация
<input checked="" type="checkbox"/> Сила реакции	<input type="checkbox"/> Сила
<input type="checkbox"/> Температура	<input checked="" type="checkbox"/> Энергия деформации
<input type="checkbox"/> Приложенная температура	<input type="checkbox"/> Тепловой поток

Модальный анализ

Дополнительные параметры

Подготовка анализа. Задание материала детали



- Команда **Таблица материалов** из группы **Анализ**;
- Команда **Изменить материал** контекстного меню дерева симуляции;
- Команда **Переопределить свойство** из группы **Геометрия**.

Таблица материалов

Материал: **Aluminum, 1060**

Настройки: **Свойства материала**

Свойство	Значение
Плотность	2712,000 кг/м ³
Коеф. тепл. расширения	0,0000230 /C
Теплопроводность	221,000 Вт/м·C
Удельная теплоемкость	920,000 Дж/кг·C
Модуль упругости	68947570,000 кПа
Число Пуассона	0,330
Предел текучести	27579,028 кПа
Предел прочности	68947,570 кПа
Относительное удлинен...	0,000

Добавить в библиотеку Обновить в библиотеке Удалить из библиотеки

Описание
Определение материала = Aluminum, 1060, Стиль граней = Aluminum,
Стиль заполнения = ANSI38(Aluminum), Материал для закраски =
Polished aluminum

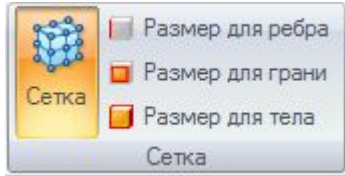
Применить к модели Отмена Справка

Симуляция

Деталь 1

- Синхронная модель
- Статический анализ 1
 - Материал (Aluminum, 1060)**
 - Геометрия
 - Нагрузки
 - Ограничения
 - Сетка
- Обычная модель
- Упрощенная деталь

Подготовка анализа. Задание сетки



Группа команд **Сетка**

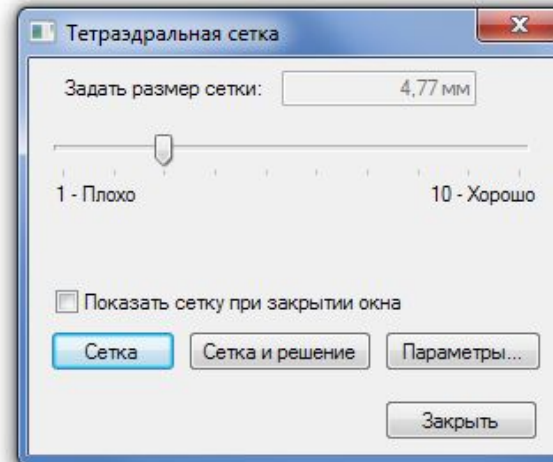
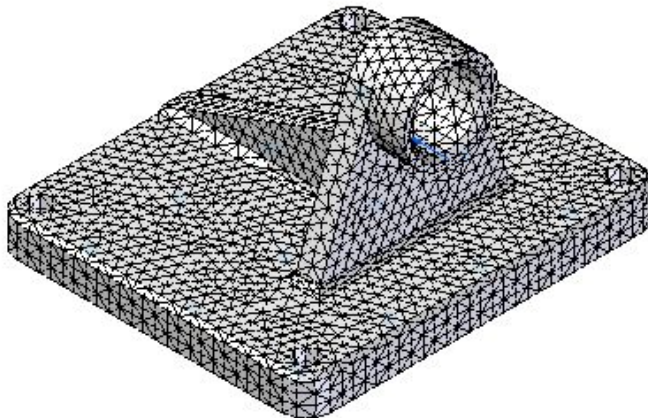
Запрос для выбора геометрии зависит от:

типа модели

сборка, деталь, листовая деталь

выбранного типа
сетки

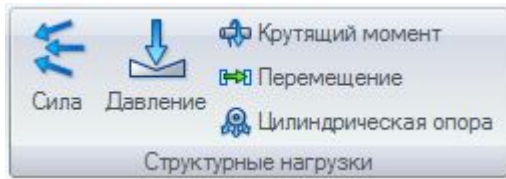
тетраэдральная, поверхностная, смешанная, объединенные
тела...



Подготовка анализа. Задание нагрузок

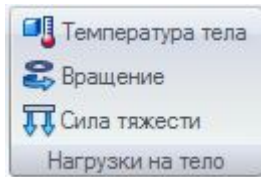
1. Выбрать тип нагрузки

В группе Структурные нагрузки



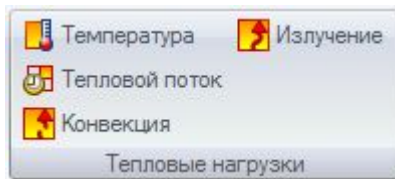
- Сила
- Давление
- Момент вращения
- Перемещение
- Цилиндрическая опора
- Момент (для сетки типа Балка)

В группе Нагрузки на тело



- Температура тела
- Вращение
- Сила тяжести

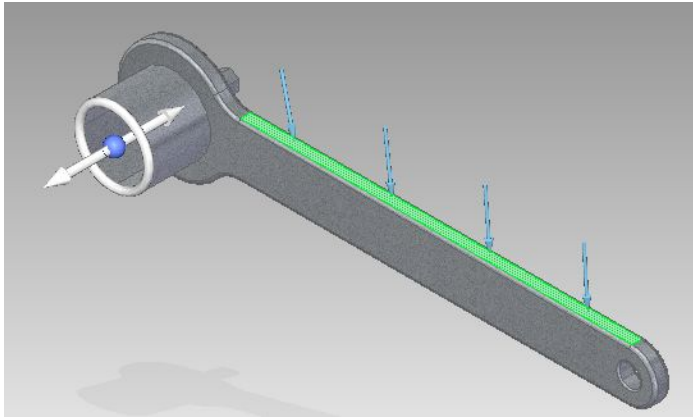
В группе Тепловые нагрузки



- Температура
- Тепловой поток
- Тепловыделение
- Конвекция
- Излучение

Подготовка анализа. Задание нагрузок

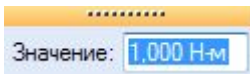
2. Выбрать объекты модели или элементы для приложения нагрузки



Можно выбрать:

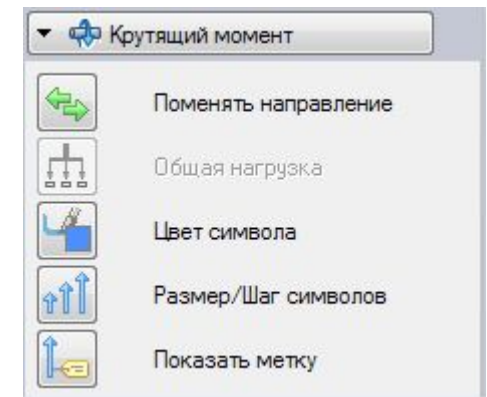
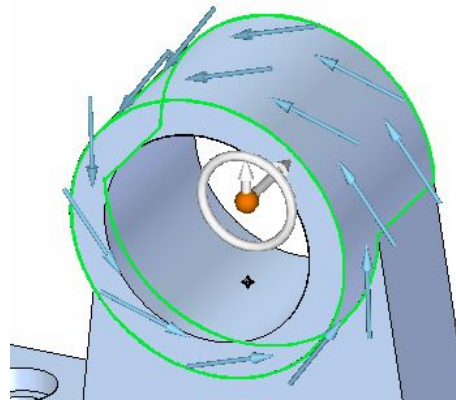
- Грани или набор граней
- Поверхности
- Ребра
- Точки
- Конструктивные элементы или рабочие тела
- Узлы (только для сетки Балка)

3. Ввести нужное значение нагрузки в динамическом поле ввода



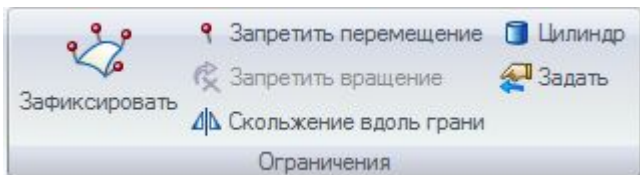
4. Задать направление нагрузки:

- с помощью колеса управления направлением нагрузки
- с помощью меню команды нагрузки



Подготовка анализа. Наложение ограничений

1. Выбрать тип ограничений в группе Ограничения



- Зафиксировать
- Запретить перемещение
- Запретить вращение
- Скольжение вдоль грани
- Цилиндр
- Другая

2. Выбрать один или несколько геометрических элементов для наложения ограничения

